

# **Dioxine und Dioxin-ähnliche Substanzen** **in den Chemiemülldeponien** **der Basler chemischen Industrie**

Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD), Polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) sowie Polychlorierte Biphenyle (PCB) als Verunreinigungen im Chemieabfall der Basler chemischen Industrie von 1955 bis 1975 und ihre Konsequenzen für die Totalsanierung der Deponie Bonfol

Im Auftrag von Greenpeace Schweiz

Verfasst von:  
Martin Forter  
Dr. phil. Geograf  
Untere Rheingasse 15  
CH-4058 Basel  
Mail: [martin.forter@freesurf.ch](mailto:martin.forter@freesurf.ch)

Basel, 28. September 2005

## 1. Zusammenfassung

Entgegen den Darstellungen der Basler Chemischen Industrie (BCI) ist davon auszugehen, dass in der Chemiemülldeponie Bonfol Dioxine, Furane und PCB in lokal relativ hohen Konzentrationen („Hot spots“) vorkommen. Dioxine, Furane und PCB gehören zur Kategorie der schwer abbaubaren organischen Schadstoffe (POPs) und bilden eine der giftigsten Stoffklassen überhaupt. Deshalb wurden sie im Rahmen der POPs-Konvention verboten bzw. stark reglementiert.

In der Chemiemülldeponie Bonfol ist mit 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin-TEQ-Int. (2,3,7,8-TCDD-TEQ.Int) im zweistelligen Kilo-Bereich zu rechnen. Davon dürfte das 2,3,7,8-TCDD („Seveso-Dioxin“) mehrere 100 g bis in den Kilogramm-Bereich ausmachen. Die Gesamtsumme der polychlorierten Dibenzodioxine und -Furane (PCDD/PCDF) dürfte sich in der Grössenordnung von 1 Tonne bewegen. Auch PCB sind im Bereich von 1 Tonne zu erwarten.

Deshalb wäre mit einer Freisetzung von Dioxinen und Dioxin-ähnlichen Substanzen zu rechnen, wenn die Chemiemülldeponie Bonfol so saniert würde, wie dies die Basler Chemische Industrie (BCI) vorgeschlagen hat. Dies könnte eine Kontamination der Umgebung mit Dioxinen und Dioxin-ähnlichen Substanzen mit schwer abschätzbaren Konsequenzen für Mensch, Tier und Umwelt zur Folge haben. Somit gehören Dioxine und Dioxin-ähnliche Substanzen zu einer jener Stoffgruppen, denen im Rahmen der Totalsanierung spezielle Beachtung zukommen sollte, insbesondere auch bezüglich Arbeitssicherheit und Entsorgung der ausgehobenen Chemieabfälle.

Die Dioxine, Furane und PCB stammen u.a. aus der Herstellung und Verarbeitung von 38 Chemikalien, die das Deutsche Umweltbundesamt 1985 als Dioxin-haltig bzw. als möglicherweise Dioxin-haltig bezeichnet hat. Diese Chemikalien waren Ausgangspunkt für die Herstellung hunderter von Produkten der Basler chemischen Industrie. Dabei fielen z.T. Dioxin-, Furan- und PCB-haltige Abfälle an, wie zum Beispiel bei der Herstellung bestimmter Zwischenprodukte, Farbstoffe, Pigmente und Insektizide.

So ist von 1964–1975 allein aus der Herstellung der 4 Produkte Trichlorphenol bei Roche, Triclosan, Mitin LA und Dioxazinen bei Geigy, Ciba sowie Ciba-Geigy 2,3,7,8-TCDD-TEQ-Int im Bereich von 1000 g bis mehrere 1000 g angefallen. Davon dürfte das 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin („Seveso-Dioxin“) geschätzte 110–200 g ausmachen. Die Gesamtsumme der Polychlorierten Dibenzodioxine und -Furane (PCDD/PCDF) allein aus diesen 4 Produktionen bewegt sich im Bereich mehrerer 100 kg. Da in der Schweiz von 1961–1975 als legale Chemiemülldeponie einzig Bonfol existierte und diese Deponie von der BCI betrieben wurde, ist davon auszugehen, dass die Basler chemische Industrie diese Dioxine und Furane mit dem Chemieabfall in Bonfol abgelagert hat.

Chlorphenol- und Chlorbenzol-Verbindungen, die die Dioxin-, Furan- und PCB-Neubildung während chemischen Prozessen z.T. begünstigen, hat die Basler chemische Industrie schon in den 1950er-Jahren verwendet, wie aus firmeninternen Stofflisten hervorgeht. Es ist deshalb auch in den z.T. illegalen Chemiemülldeponien der Region Basel, die ebenfalls u.a. von den Vorgängerfirmen der heutigen Novartis, Roche, Syngenta, Clariant und Ciba SC beliefert wurden, mit Dioxin-, Furan- und PCB-haltigem Chemieabfall zu rechnen.

## 2. Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	2
2.	Inhaltsverzeichnis	3
3.	Listen-, Tabellen- und Anhang-Verzeichnis	5
4.	Einleitung	7
5.	Dioxine, Furane und PCB	9
5.1.	Polychlorierte Dibenzodioxine und -Furane (PCDD/PCDF)	9
5.2.	Polychlorierte Biphenyle (PCB)	11
6.	Dioxine, Furane und PCB in der Deponie Bonfol: Die Position der Basler Chemischen Industrie (BCI)	12
7.	Die Dioxin-Listen des Deutschen Umweltbundesamts	14
7.1.	Dioxin-Chemikalien und die Basler chemische Industrie	18
7.1.1.	Vorgehen	18
7.1.2.	Stofflisten der Basler chemischen Industrie	19
7.1.2.1.	Die Liste Roemisloch	19
7.1.2.2.	Die Liste Sandoz	19
7.1.2.3.	Die Liste Muttenz	20
7.1.3.	Gespräche mit ehemaligen Mitarbeitern der Basler Chemie	23
7.1.4.	Analyseergebnisse aus dem Umfeld der Chemiemülldeponien	24
7.1.5.	Mit welchen Dioxin-Substanzen die Basler Chemie gearbeitet hat	26
7.1.6.	Bei den Chemiemülldeponien analytisch nachgewiesene UBA-Dioxin-Substanzen	29
7.1.7.	Fazit	31
8.	„Dioxin/Furan- & PCB-Produktionen“: Qualitative und fallbeispielhafte quantitative Betrachtungen von 7 Substanzen/Synthesen	33
8.1.	Herstellung von Dichlorphenol und Trichlorphenol	34
8.1.1.	Herstellung von Dichlorphenolen (UBA-Dioxin-Liste 1)	34
8.1.2.	Herstellung von 2,4,5-Trichlorphenol bei Roche (UBA-Dioxin-Liste 1)	35
8.2.	Verarbeitung von Dichlorphenol und Trichlorphenol	36
8.2.1.	p-Chloranil (UBA-Dioxin-Liste 1) und Dioxazine (Geigy, Ciba/Ciba-Geigy, Sandoz)	36
8.2.2.	Triclosan (Irgasan 300 DP, Geigy/Ciba-Geigy)	42
8.2.3.	Mitin LA (Trichlorphenol, Ciba-Geigy)	47
8.2.4.	Chlorphenole auf der Liste Muttenz	49
8.3.	Chlorbenzole	51
8.3.1.	Dichlorbenzol und Trichlorbenzol	51
8.3.2.	Farbstoff- und Pigmentherstellung mit Di- und Trichlorbenzol bei Geigy, Ciba, Ciba-Geigy und Sandoz	54
8.3.2.1.	Phthalocyanine (Trichlorbenzol, z.B. Sandoz)	56
8.3.2.2.	Irgazine (Geigy/Ciba-Geigy; Dichlorbenzol)	57
8.3.2.3.	Chromophtal (Ciba/Ciba-Geigy; Dichlorbenzol/Trichlorbenzol)	58
8.3.2.4.	Terasilgelb 2GW (Ciba/Ciba-Geigy; Trichlorbenzol)	59
8.3.2.5.	Cibanongelb FGN (Ciba/Ciba-Geigy; Trichlorbenzol)	60
8.3.3.	PCB in Pigmenten aus Di- und Trichlor- benzol der Basler chemischen Industrie	61

8.3.4.	Chlorbenzole auf der Liste Muttenz	62
8.3.5.	Exkurs: PCB im Zwischenprodukt 2,6-Dichlor-4-Nitroanilin von Sandoz	64
9.	Schlussfolgerungen	66
9.1.	Dioxine, Furane und PCB aus Produktionsprozessen der Basler Chemie	66
9.2.	Dioxine, Furane und PCB in den Deponien der Region Basel	68
9.3.	Dioxine, Furane und PCB in der Deponie Bonfol	69
9.4.	Die Konsequenzen der Dioxin-Vorkommen auf das Bonfol-Sanierungsprojekt der BCI	72
9.4.1.	Freisetzungsrisiken beim Ausgraben der Abfälle	72
9.4.2.	Freisetzungsrisiko beim Konditionieren (= Schreddern) der ausgegrabenen Abfälle	73
9.4.3.	Arbeitnehmerschutz	74
9.4.4.	Entsorgung der ausgehobenen, teilweise Dioxin-haltigen Abfälle	75
9.4.5.	Abschliessende Bemerkung zur Gewichtung der Dioxin-Vorkommen in Bonfol und zur Haltung der BCI	75
10.	Bibliographie und Quellennachweis	77

### 3. Listen-, Tabellen- und Anhang-Verzeichnis

#### 3.1. Listen

Liste 1:	30 Organische Chemikalien, bei deren Herstellung gemäss Deutschem Umweltbundesamt (UBA) Dioxine entstehen. ....	14
Liste 2:	55 Organische Chemikalien, bei deren Herstellung gemäss Deutschem Umweltbundesamt (UBA) Dioxine gebildet werden können. ....	17

#### 3.2. Tabellen

Tabelle 1:	Anzahl der Substanzen der UBA-Dioxin-Listen 1+2, mit denen Sandoz, Geigy, Ciba und Ciba-Geigy in den 1950-, 1960- und 1970er-Jahren gearbeitet haben. ....	27
Tabelle 2:	Bei 10 Chemiemülldeponien der Basler chemischen Industrie gefundene Substanzen, die auf den UBA-Dioxin-Listen 1+2 erwähnt sind. ....	29
Tabelle 3:	Analyse Chloranil von Höchst: Dioxin- und Furan-Gehalt hochgerechnet auf den geschätzten Verbrauch der Ciba bzw. der Ciba-Geigy von 1'700'000 kg in den Jahren 1965–1975. ....	38
Tabelle 4:	Analyse von 4 Proben Chloranil: Dioxin- und Furan-Gehalt hochgerechnet auf den geschätzten Verbrauch der Ciba bzw. der Ciba-Geigy von 1'700'000 Kilogramm in den Jahren 1965–1975. ....	39
Tabelle 5:	Analyse von 1 Probe Triclosan: Dioxin- und Furan-Gehalt hochgerechnet auf die geschätzte - Triclosan-Produktion der Geigy/Ciba-Geigy von 1'600'000 kg in den Jahren 1966–1975. ....	45
Tabelle 6:	Chlorphenol-Verbindungen, die auf der Liste Muttenz aufgeführt sind. ....	49
Tabelle 7:	Chlorbenzol-Verbindungen, die auf der Liste Muttenz aufgeführt sind. ....	62
Tabelle 8:	Grössenordnung der aus 4 Produktionen der Basler chemischen Industrie von 1964–1975 angefallenen Polychlorierten Dibenzodioxine und -Furane. ....	67

### **3.3. Anhänge:**

- Anhang 1: Auf der UBA-Dioxin-Liste 1 "Organische Chemikalien, bei deren Herstellung polyhalogenierte Dibenzodioxine gebildet werden" erwähnte Chemikalien, die die Basler Chemie in den 1950er-, 1960er- und 1970er-Jahren verwendet hat.
- Anhang 2: Auf der UBA-Liste 2 "Organische Chemikalien, bei deren Herstellung Dioxine gebildet werden können" erwähnte Substanzen, die die Basler Chemie in den 1950er-, 1960er- und 1970er-Jahren verwendet hat.

## 4. Einleitung

Dioxine und Furane sowie Polychlorierte Biphenyle (PCB) würden bei der Totalsanierung der Chemiemülldeponie im jurassischen Bonfol keine Rolle spielen, schrieb die Basler Chemische Industrie (BCI) 2003 in ihrem Sanierungsprojekt. Im Rahmen eines Mandats des Collectif Bonfol<sup>1</sup>, das Sanierungsprojekt der BCI zuhanden des Kantons Jura zu begutachten, zweifelten Jean-Louis Walther und ich an dieser Einschätzung der BCI.<sup>2</sup>

Auch der Kanton Jura erachtete die Frage der Dioxine, Furane und PCBs im Sanierungsprojekt der BCI als nicht diskutiert. Er erliess deshalb zwei Auflagen zum Thema. Er forderte die BCI auf, u.a. die Frage der Dioxine und Dioxin-ähnlichen Substanzen im Chemiemüll der Deponie Bonfol zu klären. Erst dann könne das Sanierungsprojekt bewilligt werden.

Im März 2005 erteilte mir Greenpeace Schweiz den Auftrag, die Dioxinproblematik rund um Bonfol historisch qualitativ und – soweit möglich – quantitativ abzuklären.

Enthielten die Chemieabfälle Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD) und -Furane (PCDF) sowie Polychlorierte Biphenyle (PCB), die die Basler chemische Industrie in den 1950er-Jahren in mindestens 13 Chemiemülldeponien in der Region Basel und in den 1960er- bis 1970er-Jahren im jurassischen Bonfol abgelagert hat?

Bei einer chemischen Reaktion fallen neben dem erwünschten Produkt immer auch unerwünschte Nebenprodukte an. Solche Nebenprodukte sind u.a. die erwähnten Dioxine, Furane und PCB. Im Gegensatz zu PCB wurden PCDD und PCDF nicht absichtlich hergestellt, sondern sie entstanden – wie dies auch PCB können – als ungewollte Nebenprodukte bei chemischen Synthesen. PCDD, PCDF und PCB wurden lange Zeit nicht als solche wahrgenommen. Sie waren in erster Linie unbekannte, wenig beachtete und lästige Verunreinigungen, die oft in aufwendigen Verfahren aus den erwünschten Synthese-Produkten entfernt werden mussten, bevor sie

---

<sup>1</sup> Im Collectif Bonfol sind die Gewerkschaft Unia, Greenpeace, WWF, Pro Natura sowie die französischen Grünen zusammengeschlossen.

<sup>2</sup> Forter Martin/Walther Jean-Louis: Gutachten über das Sanierungsprojekt der Basler Chemischen Industrie (BCI)/IG DIB für die Chemiemülldeponie Bonfol (DIB), verfasst im Auftrag des Collectif Bonfol, Basel/Porrentruy, 31.3.2004, S. 24, abrufbar unter:  
(deutsch): [info.greenpeace.ch/de/chemie/altlasten/hintergruende/gutachten\\_BCI](http://info.greenpeace.ch/de/chemie/altlasten/hintergruende/gutachten_BCI)  
(französisch) <http://www.wwf-ju.ch/dossiers/Bonfol/04.04.13%20ONG%20Examen%20DIB4.pdf>.

weiterverarbeitet oder verkauft werden konnten. Die abgetrennten Verunreinigungen wurden als Chemieabfall in der Regel auf Deponie entsorgt.

Dioxine rückten durch den schweren Chemieunfall von Seveso (It) ins öffentliche Bewusstsein: In einer Chemiefabrik der Icmesa explodierte 1976 ein Chemiereaktor zur Produktion von Trichlorphenol. Bei der unkontrollierten Reaktion entstanden grosse Mengen an 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-Dioxin, dem giftigsten aller Dioxine. Es wird darum auch „Seveso-Dioxin“ genannt. Tausende von Menschen und Tieren im Umfeld der Chemiefabrik wurden kontaminiert. 1985 wurden in einem Sondermüllofen der Ciba-Geigy in Basel 42 Fässer mit 600 g 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin („Seveso-Dioxin“) aus Seveso mit grossem Aufwand verbrannt.<sup>3</sup>

Seveso brachte die Dioxine in ein breites öffentliches Bewusstsein – und führte in den 1980er- und 1990er-Jahren zu einer intensiven Erforschung der Polychlorierten Dibenzodioxine (PCDD), der Polychlorierten Dibenzofurane (PCDF) sowie der Dioxin-ähnlichen Polychlorierten Biphenyle (PCB). Eine der Fragen lautete: In welchen chemischen Prozessen entstehen PCDD, PCDF und PCB als Nebenprodukte? Eine teilweise Antwort darauf gaben u.a. vier Listen, die das Deutsche Umweltbundesamt 1985 veröffentlichte. Sie nennen Namen von Chemikalien, die Dioxin enthalten bzw. möglicherweise enthalten können (vgl. Kap. 7).

Die Dioxin-Problematik rund um die Basler chemische Industrie wurde bisher – soweit bekannt – noch nie untersucht. Im Verlauf dieser Studie wurde klar, dass sie sich nicht nur auf die Chemiemülldeponien dieses Industriezweigs aus den 1950er-, 1960er- und 1970er-Jahren beschränkt, sondern weitere Dimensionen hat, wie z.B. die ab Ende der 1950er-Jahre langsam zunehmende Verbrennung von Chemiemüll in dafür nicht geeigneten Verbrennungsanlagen. Diese Thematik, die in Basel und Schweizerhalle, aber auch in Firmen-externen Öfen in den 1970er-Jahren mengenmässig relevant wurde, konnte im Rahmen dieser Studie nur gestreift werden.<sup>4</sup>

Danken möchte ich an dieser Stelle all jenen, die zu dieser Studie beigetragen haben, insbesondere den Mitarbeitern der Basler chemischen Industrie in Rente, die sich z.T. mehrfach stundenlang Zeit genommen haben, meine unzähligen Fragen zu beantworten.

---

<sup>3</sup> Verbrennung dioxinhaltiger Abfälle aus Seveso, Schlussbericht der Expertenkommission z.H. der Behörden des Bundes und des Kantons Basel-Stadt, Basel, 7.5.1986, S. 7 u. S. 69.

<sup>4</sup> Vgl. z.B. Anm. 38 unter Pentachlorphenol.



## 5. Dioxine, Furane und PCB

### 5.1. Polychlorierte Dibenzodioxine und -Furane (PCDD/PCDF)

Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD) sind eine Verbindungsklasse aromatischer Äther. Es existieren 75 verschiedene PCDD.<sup>5</sup>

Mit den PCDD auch toxikologisch eng verwandt sind die Polychlorierten Dibenzofurane (PCDF). Davon existieren 135 Stück.<sup>6</sup>

Bretthauer et al. bemerken, dass die PCDD/PCDF „einige der giftigsten Chemikalien enthalten, die die Menschheit kennt“.<sup>7</sup> Gemeint ist damit u.a. das giftigste aller Dioxine, nämlich das 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin (2,3,7,8-TCDD). Dieses Dioxin wird im allgemeinen Sprachgebrauch oft als „Seveso-Dioxin“ bezeichnet, weil dieses Dioxin 1976 im italienischen Seveso aus einer Chemiefabrik ausgetreten ist und verheerende Wirkung auf Mensch, Tier und Umwelt entfaltet hat.<sup>8</sup> PCDD und PCDF gelten als Substanzen, die sich in der natürlichen Umwelt schlecht abbauen und bioakkumulieren. Das bedeutet, dass sie sich über die Nahrungskette vor allem im Fettgewebe von Mensch und Tier anreichern.

PCDD und PCDF werden deshalb z.B. im Boden, in Pflanzen, Fischen, Eisbären, in menschlichem und tierischem Fettgewebe sowie in Muttermilch gefunden.<sup>9</sup>

PCDD und PCDF wurden nicht absichtlich hergestellt. Sie entstanden und entstehen in chemischen Prozessen mit Chlor als Nebenprodukte.<sup>10</sup>

Die folgenden chemischen Prozesse wurden in erster Linie als Quellen für die Entstehung von PCDD und PCDF identifiziert:

---

<sup>5</sup> Die Gruppe der Polychlorierten Dibenzodioxine (PCDD) umfasst 75 Chlorhomologen und Stellungsisomere (Umweltbundesamt der Bundesrepublik Deutschland: Sachstand Dioxine – Stand November 1984, Berichte 5/85, S. 1).

<sup>6</sup> Bzw. es gibt 135 verschiedene PCDF-Chlorhomologe und -Stellungsisomere.

<sup>7</sup> Bretthauer Erich W./Kraus Heinrich W./di Domenico Alessandro: Dioxin Perspectives – A pilot study on International Information Exchange on Dioxins and Related Compounds, New York 1991, S. 5.

<sup>8</sup> Vgl. z.B. Mocarrelli Paolo: Seveso: a teaching story, in: Chemosphere, Vol. 43, Issues 4–7, 5.2001, S. 391–402; Sambeth Jörg: Zwischenfall in Seveso, Zürich 2004; Lex.donx.DE: Icmesa unter <http://lexikon.donx.de/?action=details&show=Icmesa>.

<sup>9</sup> S. Anm. 7.

<sup>10</sup> United Nations Environment Programme, UNEP Chemicals Geneva: Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases, 1. Ed., 5.2003, S. 130.

- Die Herstellung von chlorierten Phenolen und ihren Derivaten
- Die Herstellung von chlorierten Aromaten und ihren Derivaten<sup>11</sup>

Dioxine und Furane entstehen in diesen chemischen Prozessen, wenn – vereinfacht gesprochen – z.B. mindestens 1 der folgenden 3 Bedingungen erfüllt ist:

- Hohe Temperatur (über 150 Grad C)
- Alkalische Synthesebedingungen
- Radikalbildung und/oder katalytische Metallverbindungen (z.B. Kupfersalze)<sup>12</sup>

Ist eine dieser Bedingungen bei einem chemischen Prozess erfüllt, so muss damit gerechnet werden, dass als Nebenprodukte der chemischen Reaktion Dioxine und Furane entstehen. Die Dioxine und Furane bleiben im chemischen Fertigprodukt enthalten und/oder werden von diesem als Abfall abgetrennt und entsorgt.

In der Regel wird die Toxizität von 16 anderen Dioxinen und Furanen in ein Verhältnis zur Toxizität des 2,3,7,8-TCDD gestellt. Dies geschieht mittels Toxizitätsäquivalenz-Faktoren (TEF).<sup>13</sup> Um Größenordnungen der von der Basler chemischen Industrie als Verunreinigungen produzierten PCDD und PCDF im Verhältnis zum 2,3,7,8-TCDD („Seveso-Dioxin“) abzuschätzen, werden in der vorliegenden Studie – soweit möglich – TEF-Int verwendet und die Summe der PCDD/PCDF angegeben.<sup>14</sup>

---

<sup>11</sup> Ebenda.

<sup>12</sup> S. Anm. 10. Genaueres zur Bildung von PCDD/PCDF vgl. z.B. Umweltbundesamt der Bundesrepublik Deutschland: Sachstand Dioxine, S. 15–17; Heindl A./Hutzinger O: Search for industrial sources of PCDD/PCDFs: IV. Phthalocyanine dyes, Chemosphere, Vol. 18, Nos. 1–6, 1989, S. 1209/1210.

<sup>13</sup> Verwendet wird ein Faktor, der die Giftigkeit von 17 2,3,7,8-chlorsubstituierten PCDD/PCDF-Kongeneren im Verhältnis zur Toxizität des 2,3,7,8-TCDD ausdrücken soll. Das Resultat wird als Summe in TEQ-Int. angegeben. Dem 2,3,7,8-TCDD wurde der Faktor 1 zugewiesen, weil es das giftigste aller Dioxine und Furane ist.

<sup>14</sup> Es existieren zwei gebräuchliche Systeme für Toxizitätsäquivalenz-Faktoren (TEF): TEF-Int und TEF-WHO. In dieser Arbeit werden die TEF-Int verwendet. „Die wissenschaftliche Basis der TEFs kann nicht als solid bezeichnet werden. Der TEF-Ansatz wurde als administratives Hilfsmittel entwickelt. [...], um Größenordnungen abschätzen zu können“, schreibt etwa die UNEP. Michael Oehme betont, dass es bei der Reduktion aller PCDD/PCDF-Konzentrationen zu einem Toxizitätsäquivalenz-Wert (TEQ-Wert) zu einem „extrem grossen Verlust an quellspezifischer Information“ kommt. TEQ-Werte dürften daher nur „zusammen mit den Originaldaten der einzelnen Kongeneren aufgeführt werden.“ Diesem Gebot kann in dieser Studie oft nicht Folge geleistet werden, weil in der Literatur, aber auch in Analyseberichten der Industrie die entsprechenden Angaben immer wieder fehlen (vgl. z.B. S. 44; United Nations Environment Programme, UNEP Chemicals Geneva: Standardized Toolkit, S. 211; Oehme Michael: Analytik und Qualitätssicherung der Dioxinbestimmung, in: Oehme Michael (Hg.): Handbuch Dioxine, Heidelberg/Berlin 1998, S. 217f.

## 5.2. Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Es gibt theoretisch 209 Polychlorierte Biphenyle (PCB). Im Gegensatz zu Dioxinen und Furanen wurden PCB aufgrund ihrer Materialeigenschaften (z.B. geringe Brennbarkeit, hohe Stabilität) bewusst in grossen Mengen produziert.<sup>15</sup>

Wie bei den PCDD und PCDF existieren einzelne PCB, die sehr toxisch sind, weshalb sie als Dioxin-ähnliche Substanzen bezeichnet werden. Deshalb hat die WHO auch Toxizitätsäquivalenz-Faktoren (TEF) für bestimmte PCB entwickelt<sup>16</sup>, womit die Toxizität dieser Substanzen in ein Verhältnis zur Toxizität des 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin (2,3,7,8-TCDD) gesetzt wird.<sup>17</sup>

PCB gelten als Substanzen, die sich in der natürlichen Umwelt schlecht abbauen und bioakkumulieren. Das bedeutet, dass sie sich über die Nahrungskette vor allem im Fettgewebe von Mensch und Tier anreichern.

PCB werden deshalb praktisch überall gefunden, insbesondere aber auch in menschlichem und tierischem Fettgewebe und in Muttermilch.<sup>18</sup>

PCB wurden nicht nur produziert, sondern fallen auch als Nebenprodukte chemischer Prozesse an. Dies gilt besonders bei der Herstellung und Verarbeitung von halogenierten Aromaten und ihren Derivaten (z.B. Chlorbenzole, Chlorphenole und Chloraniline).<sup>19</sup>

---

<sup>15</sup> Fiedler Heidelore: Polychlorinated Biphenyls (PCBs): Uses and Environmental Releases. Presented at the subregional Awarenessraising Workshop on Persistent Organic Pollutants (POPs), Bangkok, Thailand, 11.1979, einzusehen unter [http://www.chem.unep.ch/pops/POPs\\_Inc/proceedings/bangkok/FIEDLER1.html](http://www.chem.unep.ch/pops/POPs_Inc/proceedings/bangkok/FIEDLER1.html).

<sup>16</sup> Den TEF für PCB kommt in dieser Studie keine Bedeutung zu, weil in entsprechenden Quellen zur Basler chemischen Industrie in der Regel nur eine Totalsumme PCB angegeben wird.

<sup>17</sup> Fiedler Heidelore: Polychlorinated Biphenyls (PCBs): Kapitel Toxicology of PCBs.

<sup>18</sup> Zehringer Markus/Herrmann André (Kantonales Laboratorium Basel-Stadt): Analysis of polychlorinated biphenyls, pyrethroid insecticides and fragrances in human milk using a laminar cup liner in GC injector in: Euro Food Res Technol, 212, 2.5.2000, S. 248f.

<sup>19</sup> Versar Inc.: Exposure assessment for Incidentally Produced Polychlorinated Biphenyls (PCBs), Volume III, Appendix B: Organic Chemicals Possibly associated with Incidentally Produced PCBs, EPA Contract Nr. 68-01-6271, task No. 21, Springfield, Virginia 15.8.1983, S. 3f.

## 6. Dioxine, Furane und PCB in der Deponie Bonfol: Die Position der Basler Chemischen Industrie (BCI)

„Die Konzentrationen [im Sickerwasser] von Polychlorierten Biphenylen (PCB) [...] liegt im tiefen ppb-Bereich<sup>20</sup>, diejenige von Dioxinen unter 1 ng/l. Aufgrund ihrer sehr tiefen Konzentrationen sind diese Stoffe für die Beurteilung der Emissionen aus der DIB kaum relevant“, schreibt die BCI in ihrem Sanierungsprojekt für die Chemiemülldeponie Bonfol, das sie im Dezember 2003 dem Kanton Jura zur Erteilung der Sanierungsbewilligung gemäss Altlastenverordnung eingereicht hat.<sup>21</sup> Das ist alles, was die BCI in ihrem Sanierungsprojekt zu Dioxinen, Furanen und PCB<sup>22</sup> im Chemiemüll der Deponie Bonfol schreibt.<sup>23</sup> Das Amt für Umweltschutz des Kantons Jura (OEPN) meint in seiner Stellungnahme dazu: „Die Präsenz von PCB, Dioxinen und Dibenzofuranen wurde im Bericht [der BCI] nicht diskutiert.“<sup>24</sup> Dies geschah z.B. weder bezüglich der Exposition von Arbeitskräften und Emissionen in die Umwelt während der Sanierungsarbeiten noch bezüglich des Exports des Sondermülls aus der Deponie Bonfol in ausländische Verbrennungsanlagen. Darum erliess das OEPN die Auflage<sup>25</sup>, die BCI müsse diese Informationen nachliefern.<sup>26</sup>

---

<sup>20</sup> Entspricht microg/kg.

<sup>21</sup> BCI Betriebs-AG/BMG: Chemische Risikobewertung Deponie Bonfol, Stand Ende 2002, Beilagenbericht 6.1., 08.2002, S. 22.

<sup>22</sup> In einer Tabelle des Sanierungsberichts bezeichnet die BCI Dioxine als „Verbrennungsprodukt“. In der gleichen Tabelle ordnet sie PCB die Verwendung als „Transformatorenöl, Wärmetauscher“ und „Weichmacher“ zu. Dass diese Stoffe auch in chemischen Prozessen entstehen können bzw. entstanden sind, erwähnt die BCI nicht (BCI Betriebs-AG/BMG: Chemische Risikobewertung Deponie Bonfol, Anhänge zum Beilagenbericht 6.1., Anhang 5.4).

<sup>23</sup> BCI Betriebs-AG/BMG: Projet d'assainissement définitif de la DIB: Rapport principal, 27.11.2003; BCI Betriebs-AG/BMG: Géologie & Hydrogéologie, 10.2003, Rapport annexe 4.0., 8.2002; BCI Betriebs-AG/IG DIB: Abfallkonditionierung und Versandbereitstellung, Beilagenbericht; 7.6., 09.2003; BCI Betriebs-AG/IG DIB: Assainissement définitif de la décharge industrielle de Bonfol: Concept d'excavation, Rapport annexe 7.5., 10.2003; BCI Betriebs-AG/IG DIB: Rapport environnemental, Rapport annexe 7.10., 11.2003; BCI Betriebs-AG/IG DIB: Sanierungsziele, Beilagenbericht 6.2., 11.2003; BCI Betriebs-AG/IG DIB: Verfahrenstechnische Behandlung des belasteten Untergrundmaterials, Beilagenbericht 7.3., 09.2003; BCI Betriebs-AG/Sicherheitsinstitut/IG DIB: Konzept Sicherheit und Gesundheitsschutz, Beilagenbericht 7.8., 09.2003; BCI Betriebs-AG DIB: Eaux, eaux usées, effluents gazeux, Rapport annexe 7.7., 10.2003.

<sup>24</sup> Das OEPN weist zudem darauf hin, dass im Sickerwasser Dioxine und Furane in einer Konzentration von 13.4–98.7 pg/l TEQ gefunden wurden und die Weltgesundheitsorganisation (WHO) einen Grenzwert für die tägliche Aufnahme von PCDD/PCDF pro Kilogramm Körpergewicht von 1–4 pg-TEQ festgelegt hat. 1 Pico-Gramm (pg) entspricht 0.00000000001 g (Office des Eaux et de la Protection de la Nature: Décharge industrielle de Bonfol, Projet d'assainissement, prise de position, S. 21).

<sup>25</sup> Vgl. Office des Eaux et de la Protection de la Nature: Décharge industrielle de Bonfol, Projet d'assainissement, prise de position, S. 80-90).

<sup>26</sup> Eine Auflage lautet: „1.1. Identifikation und Quantifizierung der Substanzen in der DIB: Es ist eine historische Studie betreffend Identifikation und summarischer Quantifizierung kritischer

Die Basler Chemische Industrie (BCI)<sup>27</sup> hat – soweit bekannt – in den 114'000 t Chemiemüll der Chemiemülldeponie Bonfol und in deren Sickerwasser nicht nach Dioxinen, Furanen und PCB gesucht.<sup>28</sup> Bei ihrer Beurteilung der Dioxin- und PCB-Problematik in der Deponie Bonfol stützt sie sich die BCI deshalb auf 1 (!) Analysekampagne von Sickerwasser ab, die Greenpeace beim Laboratorium MPU im Jahre 2000 in Auftrag gegeben hatte.<sup>29</sup> MPU hatte in 3 Sickerwasserproben 8–38 ng/l Polychlorierte Dibenzodioxine und -Furane (PCDD/PCDF), einen 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin TEQ-Int von 0.01–0.09 ng/l und 12–540 ng/l Polychlorierte Biphenyle (PCB) gefunden.<sup>30</sup> Dioxine, Furane und PCB sind schwer wasserlöslich.<sup>31</sup> Dass trotzdem Spuren im Sickerwasser gefunden werden, spricht eigentlich dafür, dass in Bonfol Dioxine, Furane und PCB abgelagert worden sind. Deshalb ist die gegenteilige Interpretation der Analyseergebnisse durch die BCI schwer nachvollziehbar.

Doch die BCI beharrt auch im 2005 darauf, dass die Dioxine und Furane bei der Totalsanierung der Chemiemülldeponie Bonfol keine Rolle spielen. Ob diese Einschätzung der BCI den Tatsachen entspricht, soll die vorliegende Studie beantworten helfen.

---

Substanzklassen und der Abfälle zu erstellen, um [...] die Präsenz (oder Absenz) problematischer Substanzen für

- a) die Gesundheit und Sicherheit der Arbeitskräfte,
- b) den Aushub der Abfälle,
- c) die Konditionierung der Abfälle,
- d) den Export der Abfälle,
- e) die Verbrennung der Abfälle,
- f) die thermische Behandlung,
- g) die Verschmutzung der Umwelt

zu klären. Das Dokument soll eine historische Synthese pro Abfall-Lieferant und Ablagerungs-Periode umfassen, mit Quellenangaben und Unsicherheiten.“ Eine 2. Auflage zum Thema lautet: „11.1. Kritische Substanzen: Redefinition der für Arbeitssicherheit und Gesundheit der Arbeitskräfte kritischen Substanzen, Beschreibung der Auswahlkriterien und der geschätzten Expositionskonzentrationen an verschiedenen Arbeitsplätzen [...]“(Office des Eaux et de la Protection de la Nature: Décharge industrielle de Bonfol, Projet d'assainissement, prise de position, S. 22 u. 68).

<sup>27</sup> In der BCI haben sich die Chemie- und Pharmafirmen Roche, Novartis, Syngenta, Clariant, Ciba, Henkel, Rohner und SF-Chem zusammengeschlossen. Die BCI hat die Chemiemülldeponie Bonfol von 1961–1976 betrieben ([http://www.bci-info.ch/sub\\_vorstellen\\_organ.html](http://www.bci-info.ch/sub_vorstellen_organ.html)).

<sup>28</sup> Dies geht aus einer Auflistung der Analysedaten hervor, die die BCI zusammengestellt hat (BCI Betriebs-AG/BMG: Chemische Risikobewertung Deponie Bonfol, Anhänge zum Beilagenbericht 6.1., Anhang 4.1 Zusammensetzung des Sickerwassers).

<sup>29</sup> Ebenda.

<sup>30</sup> MPU: Untersuchung von Abwasserproben auf diverse Parameter, Prüfbericht Nr. 00/125, Berlin, 22.5.2000, S. 7, 8, 11 u. 12.

<sup>31</sup> Ballschmitter Karlheinz/Bacher Reiner: Dioxine, Weinheim 1996, S. 32f; Deutsche Forschungsgemeinschaft: Polychlorierte Biphenyle, Mitteilungen XIII der Senatskommission zur Prüfung von Rückständen in Lebensmitteln, Weinheim 1988.

## 7. Die Dioxin-Listen des Deutschen Umweltbundesamts

Vier Listen mit Namen von chemischen Substanzen, bei deren Produktion hochchlorierte Dioxine entstehen oder entstehen können, veröffentlichte 1985 das Deutsche Umweltbundesamt (UBA) unter Berufung auf die US-amerikanische Environmental Protection Agency (EPA). Diese Listen mit Namen von Chemikalien umfassen nicht alle Substanzen, die mit Dioxinen verunreinigt sind oder sein können. Sie verschaffen aber einen guten Überblick über die im Zusammenhang mit der Dioxin- und Furan-Entstehung wichtigsten Chemikalien.

<b>Substanz UBA-Liste 1</b>
2,3-Dichlorphenol
2,4,5-Trichlorphenol
2,4,6-Tribromphenol
2,4-Dibromphenol
2,4-Dichlorphenol
2,5-Dichlorphenol
2,6-Dibrom-4-nitrophenol
2,6-Dichlorphenol
2,6-Dijod-4-nitrophenol
2-Chlor-1,4-diethoxy-5-nitrobenzol
2-Chlor-4-fluorphenol
2-Chlor-4-phenylphenol
2-Chlorphenol = o-Chlorphenol
3,4-Dichlorphenol
3,5-Dichlorsalicylsäure
3,5-Dijodsalicylsäure
4-Brom-2,5-Dichlorphenol
4-Chlorresorcin
5-Chlor-2,4-dimethoxyanilin
Bromphenetol
Chloranil <sup>32</sup>
Chlorhydrochinon
Decabromphenoxybenzol
Naphthaline, polychlorierte
o-Bromphenol
o-Fluoranisol
o-Fluorphenol
Pentabromphenol
Tetrabrombisphenol A
Tetrachlorbisphenol A

**Liste 1: 30 Organische Chemikalien, bei deren Herstellung gemäss Deutschem Umweltbundesamt (UBA) Dioxine entstehen.**<sup>33</sup>

<sup>32</sup> Von der UBA-Liste 3 übernommen. Weshalb, s. S. 15.

<sup>33</sup> Umweltbundesamt der Bundesrepublik Deutschland: Sachstand Dioxine, Liste 1, S. 21.

Die UBA-Dioxin-Listen 1 bis 4 benennen 124 Chemikalien, die polyhalogenierte Dioxine enthalten oder enthalten können. Sie entstehen während der Produktion der Chemikalien als Verunreinigungen.

Liste 1 umfasst 29<sup>34</sup> organische Chemikalien, während deren Herstellung polyhalogenierte Dibenzodioxine entstehen (vgl. UBA-Liste 1, S. 14). Sie sind deshalb mit Dioxinen verunreinigt.

Liste 2 des Deutschen Umweltbundesamts (UBA) nennt 55 organische Chemikalien, bei deren Herstellung Dioxine als Verunreinigung der Substanzen gebildet werden können (vgl. UBA-Liste 2, S. 17).

Die 3. Liste, die das UBA 1985 veröffentlichte, nennt 18 Biozide, die polyhalogenierte Dibenzodioxine enthalten; Liste 4 bezeichnet 22 Namen von Bioziden, bei deren Herstellung polyhalogenierte Dioxine gebildet werden können.<sup>35</sup> Die auf den UBA-Listen 3 und 4 genannten Chemikalien haben für die Basler chemische Industrie nur untergeordnete Bedeutung, da in erster Linie Pestizide genannt werden, die nicht bei den Basler Firmen entwickelt wurden.<sup>36</sup> Die Basler Konzerne produzierten sie deshalb in der Regel nicht selber<sup>37</sup>, sondern kauften sie z.T. von Drittfirmen zu.<sup>38</sup> Da das

<sup>34</sup> Die Substanz Chloralin habe ich von der UBA-Liste 3 in die UBA-Liste 1 übernommen. Darum umfasst die UBA-Liste 1 in dieser Studie 30 Substanzen. Weshalb, s. S. 15.

<sup>35</sup> Ebenda, Liste 3, S. 23/24 u. Liste 4, S. 24.

<sup>36</sup> Martin Hubert/Worthing Charles: Pesticide Manual, 4. Edition, British Crop Protection Council, 11.1974, S. 43, 84, 92, 122, 151, 169, 171, 173, 211, 243, 326, 330, 379, 391, 441, 425, 470 u. 481.

<sup>37</sup> Auf der Liste 3 „Dioxinhaltige Biozide“ nennt das UBA auch Agro-Produkte, die von anderen Chemiefirmen entwickelt worden sind. Es scheint aber so, dass gewisse dieser Stoffe von der Basler Industrie trotzdem zumindest zeitweise selbst produziert worden sind. Ein Beispiel dafür ist das Herbizid 2,4-D (2,4-Dichlorphenoxyessigsäure). Die Substanz erlangte traurige Berühmtheit als Bestandteil von Agent Orange, jenem Entlaubungsmittel, das die US-Armee in grossen Mengen im Vietnamkrieg eingesetzt hat. 2,4-D scheint in den 1950er- und 1960er-Jahren auch von J.R. Geigy Schweizerhalle hergestellt worden zu sein. Ein ehemaliger Mitarbeiter: „Das war ein häufig gebrauchtes Mittel.“ Er schätzt die produzierte Menge auf 100–200 Tonnen 2,4-D pro Jahr. Auf der Liste Muttenz wird 2,4-D unter der Nr. 3496 als Zwischenprodukt aufgeführt. Gleichzeitig finden sich auf der Liste Muttenz alle chemischen Substanzen, die es für die Synthese von 2,4-D braucht: Phenol (Liste Nr. 2439), p-Chlorphenol, (Nr. 4693), 2,4-Dichlorphenol (4145) sowie Chloressigsäure (Nr. 3965). Auf dem Weg vom Phenol zum 2,4-D entstehen als Nebenprodukte bei der Synthese: o-Chlorphenol, 2,6-Dichlorphenol sowie 2,4,6-Trichlorphenol. Die meisten der zur Synthese von 2,4-D verwendeten Stoffe sowie die entstehenden Nebenprodukte gelten – wie 2,4-D – als problematisch bezüglich Verunreinigungen mit Dioxinen (vgl. UBA-Liste 1, S. 14 sowie UBA-Liste 2, S. 17) [Notizen über das Gespräch vom 14.3.05 mit Mitarbeiter A, der bei Ciba-Geigy tätig war; Interessengemeinschaft Deponiesicherheit Region Basel (IG DRB): Vertraulich – Stoffliste Deponien Muttenz, undatiert, erstellt 2003; Schweizer Hans Rudolf: Künstliche Farbstoffe und ihre Zwischenprodukte, Berlin 1964, S. 92; Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 6. Ed, Vol. 8, Weinheim 2003, S. 395–396; Fierz-David Hans Edmund/Blangey Louis, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich: Fundamental Processes of Dye Chemistry, London New York 1949, S. 145 u. 435.

<sup>38</sup> Das auf der UBA-Liste 3 aufgeführte Fungizid Pentachlorphenol (PCP) sowie Tetrachlorphenol und das auf der UBA-Liste 4 erwähnte Insektizid Hexachlorcyclohexan sind Beispiele dafür: **Hexachlorcyclohexan (HCH)**: HCH hat z.B. die J.R. Geigy mit grosser Wahrscheinlichkeit bei Maag Dielsdorf gekauft, mit der sie von 1942–1947 einen Zusammenarbeitsvertrag gehabt hatte und die

Formulieren von Pestizidpräparaten und der Verkauf von zugekauften Pestizid-Handelsprodukten in der Regel keine Abfälle hinterlässt<sup>39</sup>, sind die UBA-Listen 3 und 4 für diese Studie bis auf eine Substanz nicht relevant. Die Ausnahme stellt Chloranil dar, das auf der UBA-Liste 3 „Dioxinhaltige Biozide“ erwähnt ist. Chloranil aber wurde nicht nur als Biozid eingesetzt, sondern als Baustein für Dioxazin-Farbstoffe und -Pigmente verwendet, die auch die Basler chemische Industrie in grossen Mengen hergestellt hat und noch immer produziert (vgl. Kapitel 8.2.1.). Da Chloranil auch ein organisches Farbstoff-Zwischenprodukt ist, übertrage ich sie für diese Studie von der

---

später zum Ciba-Geigy-Konzern und heute zur Syngenta gehört (Ciba-Geigy AG, Werkarchiv: Schriftliche Mitteilung an den Autor vom 18.07.1994).

**Pentachlorphenol (PCP):** Sandoz und Ciba-Geigy haben das PCP bei Dynamit Nobel Rheinfelden (D, heute Degussa) gekauft. Das PCP und das PCP-Na von Dynamit Nobel war mit einer sehr grossen Menge an hochchlorierten Dioxinen belastet, insbesondere auch mit 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-Dioxin (Seveso-Dioxin). Hutziger/Fiedler nennen eine Summe Polychloriertendibenzodioxinen (PCDD) von 916.99 mg/kg und eine Summe von Polychloriertendibenzofuranen (PCDF) von 6.53 bis 790.9 mg/kg (Hutzinger, O./Fiedler, H.: Formation of dioxins and related compounds in industrial process, in: Bretthauer Erich W./Kraus Heinrich W./di Domenico Alessandro: Dioxin Perspectives, S. 438).

U.a. die PCP-Produktion von Dynamit Nobel hatte zur Folge, dass in Rheinfelden (D) eine der grössten Dioxin-Sanierungen Europas durchgeführt werden musste. Das Fabrikgelände und umliegende Böden sowie Deponien waren ausserordentlich stark mit Dioxinen belastet. Sandoz, Geigy, Ciba bzw. Ciba-Geigy verkauften PCP u.a. als Fungizid. Sandoz gab PCP-Na u.a. als Fungizid in Pigmentpräparationen bei. Es ist davon auszugehen, dass Ciba, Geigy bzw. Ciba-Geigy PCP-Na ähnlich eingesetzt haben. Als Sandoz 1977 den PCP-Gebrauch stoppte, liess die Firma 500–600 kg PCP zur Verbrennung abtransportieren. Wird PCP nicht in Sondermüllöfen, sondern in Normalanlagen mit tieferen Temperaturen verbrannt, so entstehen bei der Verbrennung neue Dioxine. Sandoz selbst verfügte 1977 über keinen Hochtemperaturofen, sondern über einen Kehrichtverbrennungsanlage-ähnlichen Rostofen in Schweizerhalle. Ob Sandoz das PCP 1977 in Schweizerhalle verbrannt hat, dort schon in früheren Jahren solches tat oder PCP – z.B. mit Fehlchargen von Pigmentpräparationen – in Chemiemülldeponien in der Region Basel und in Bonfol geliefert hat, ist unklar. In Bonfol wurde auf jeden Fall PCP im Sickerwasser der Chemiemülldeponie gefunden. Es wurde ebenso im Wasser eines Sodbrunnens in der Nähe der Chemiemülldeponie Le Letten (Neuwiller/F) sowie im Umfeld der Feldrenggrube (Muttenz, BL) nachgewiesen (Koch Reiner: Umweltchemikalien, VCH, Weinheim, 1989, S. 171; Notizen über das Gespräch vom 14.3.05 mit Mitarbeiter A, der bei Ciba-Geigy tätig war; Kerner Imre/Maissen Toya: Die kalkulierte Verantwortungslosigkeit, der Basler PCB-Skandal, Reinbek 1980, S. 31/32; Forter Martin/Knaup Horand: Sandoz-Ofen pustet ungestört Dioxine in die Luft, in: Badische Zeitung, Nr. 250, 28./29.10.1989; Forter Martin/Walther Jean-Louis: Gutachten über das Sanierungsprojekt der Basler Chemischen Industrie (BCI), Anhang S. 40; Gemeindeverwaltung Allschwil; Tiefbau/Umwelt; Umweltkommission/Naturschutzkommission: Protokoll Chemiemülldeponien Elsass, 2. Sonderbesprechung vom 12.5.2005, S. 5; Einwohnergemeinde Muttenz: Beilagenband C, Chemische Analysen Labor RWB, Muttenz 1.05).

**Tetrachlorphenol:** Ciba-Geigy hat nicht nur PCP, sondern auch Tetrachlorphenol bei Dynamit Nobel gekauft. Analysen von Tetrachlorphenol haben ergeben, dass es in der Regel mit Polychlorierten Dibenzodioxinen (PCDD) und -Furanen (PCDF) belastet ist: Hutziger/Fiedler erwähnen 1991 die sehr hohen Konzentrationen von einer Summe PCDD von 9.37 bis 34.37 mg/kg und von einer Summe PCDF von 160.5 mg/kg (Hutzinger, O./Fiedler, H.: Formation of dioxins and related compounds in industrial process, in: Bretthauer Erich W./Kraus Heinrich W./di Domenico Alessandro: Dioxin Perspectives, S. 438; Forter Martin/Walther Jean-Louis: Gutachten über das Sanierungsprojekt der Basler Chemischen Industrie (BCI), Anhang S. 40).

<sup>39</sup> Über den Abfall von Fehlchargen oder überschüssigen Fertigprodukten z.B. nach einem staatlichen Verbot von einer Substanz können auch selbst fabrizierte sowie zugekaufte Pestizide auf Deponien gelangen. Beispiel eines selbst hergestellten Pestizids: 1973 liess Ciba-Geigy Spraydosen in der Chemiemülldeponie Bonfol entsorgen, die sie nicht mehr verkaufen durfte, weil sie die Insektizide DDT und Lindan enthielten. Beispiel für ein zugekauftes Pestizid: Pentachlorphenol (PCP, siehe Anm. 38) [Ciba-Geigy AG, Bretscher H.: Protokoll No. 3 der Oe-TE Leitungsbesprechung vom 22.01.1973, Ciba-Geigy-interner Bericht vom 23.1.1973, S. 2].



<b>Substanz UBA-Liste 2</b>	
1,2,4,5-Tetrachlorbenzol	Diphenylether
1,2,4-Trichlorbenzol	Fumarsäure
1,2-Dichlor-4-nitrobenzol	Hexabrombenzol
1,2-Dichlorbenzol	Hexachlorbenzol
1,2-Dihydroxybenzol-3,5-dinatriumdisulfonat	Hexafluorbenzol
1-Phenol-2-sulfonsäure, Kondensat mit Formaldehyd)	Maleinsäure
2,4,6-Trinitroresorcin	Maleinsäureanhydrid
2,4-Dibromfluorbenzol	Natriumpikrat
2,4-Dinitrophenol	o-Anisidin
2,4-Dinitrophenoxyethanol	o-Bromfluorbenzol
2,5-Dihydroxybenzolkaliumsulfonat	o-Chlorfluorbenzol
2,5-Dihydroxybenzolsulfonsäure	o-Difluorbenzol
2-Amino-4-Chlor-6-nitrophenol	o-Nitroanisol
2-Nitro-p-kresol = 4-methyl-2-nitrophenol	o-Nitrophenol
3,4-Dichloranilin	o-Phenetidin
3,4-Dichlorbenzaldehyd	Pentabromchlorcyclohexan
3,4-Dichlorbenzotrithlorid	Pentabrommethylbenzol
3,4-Dichlorbenzotrifluorid	Pentabromtoluol
3,4-Dichlorphenylisocyanat	Pentachloranilin
3,4-Difluoranilin	Pentafluoranilin
3,5-Dinitrosalicylsäure	Phenol (aus Chlorbenzol)
3-Amino-5-chlor-2-hydroxybenzolsulfonsäure	Phthalsäureanhydrid
3-Chlor-4-fluornitrobenzol	Pikrinsäure = 2,4,6-Trinitrophenol
3-Chlor-4-fluorphenol	Tetrabromphthalsäureanhydrid
4-Chlor-2-Nitrophenol	Tetrachlorphthalsäureanhydrid
Benzaldehyd	Tetrafluor-m-phenylendiamin
Brombenzol	Tribrombenzol
Chlorpentafluorbenzol	

**Liste 2: 55 Organische Chemikalien, bei deren Herstellung gemäss Deutschem Umweltbundesamt (UBA) Dioxine gebildet werden können.**<sup>40</sup>

UBA-Liste 3 „dioxinhaltige Biozide“ in die UBA-Liste 1 „dioxinhaltige organische Verbindungen“ (vgl. ergänzte UBA-Liste 1, S. 14).<sup>41</sup>

Die UBA-Dioxin-Listen von 1985 sind nicht vollständig. Gewisse Chemikalien wurden damals „übersehen“, bei anderen wurde die Dioxin-Belastung erst später erkannt. So fehlen auf den Listen zum Beispiel 2,4,6-Trichlorphenol und Triclosan, zwei Stoffe, die ebenfalls mit Dioxinen belastet sind und von der Basler chemischen Industrie

<sup>40</sup> Ebenda, Liste 2, S. 22/23.

<sup>41</sup> Dass die UBA-Listen 3 + 4 für die Basler chemische Industrie von untergeordneter Bedeutung sind, zeigt sich auch darin, dass Sandoz 1987 nur die UBA-Listen 1 und 2 als Anhang einer internen Mitteilung verteilen liess, das Chloranil von der UBA-Liste 3 aber in der Mitteilung explizit erwähnte (s. unter Liste Sandoz, S. 20).

verwendet bzw. selber hergestellt worden sind (vgl. zu 2,4,6-Trichlorphenol Kap. 7.1.5 und zu Triclosan Kap. 8.2.2).

Die Basler chemische Industrie hat viele der Substanzen selber produziert oder verarbeitet, die das UBA 1985 mit dem Hinweis auf Dioxinverunreinigungen aufgelistet hat, wie das folgende Kapitel zeigt.

## **7.1. Dioxin-Chemikalien und die Basler chemische Industrie**

### **7.1.1. Vorgehen**

Welche Dioxin-haltigen und potentiell Dioxin-haltigen Stoffe haben die J.R. Geigy AG, die Ciba, die Ciba-Geigy, die Durand & Huguenin und die Sandoz (als Vorgängerfirmen von Novartis, Ciba SC, Clariant und Syngenta) sowie Roche in den 1950er-, 1960er- und 1970er-Jahren verwendet bzw. hergestellt? Um einen teilweisen Einblick in die von der Basler chemischen Industrie verwendeten Substanzen, Zwischenprodukte und Chemikalien zu erhalten, wurden die UBA-Listen von 1985

- mit drei Listen von chemischen Substanzen abgeglichen, die 1960, 1987 und 2003 innerhalb der Basler Chemie- und Pharmafirmen zusammengestellt worden sind (vgl. Kap. 7.1.2).
- mit anderen firmeninternen Dokumenten sowie Mitarbeiterzeitschriften und weiteren Publikationen von und über die Basler chemische Industrie verglichen.
- in 38 Gesprächen mit 21 Chemikern, Chemieingenieuren und Laboranten von Sandoz, Geigy, Ciba sowie Ciba-Geigy thematisiert (vgl. Kapitel 7.1.3).

Um abzuklären, ob Dioxin-haltige Chemikalien oder Substanzen, die Dioxine enthalten können, in den Chemiemülldeponien der Basler chemischen Industrie abgelagert worden sind, wurden zudem die UBA-Dioxin-Listen von 1985 den mir zugänglichen Analyseresultaten aus dem Umfeld der Chemiemülldeponien und Werkgelände der Basler chemischen Industrie gegenübergestellt (vgl. Kap. 7.1.4).

## 7.1.2. Stofflisten der Basler chemischen Industrie

### 7.1.2.1. Die Liste Roemisloch

Um ihre wilde Deponie Roemisloch in der Elsässer Grenzgemeinde Neuwiller im Nachhinein zu legalisieren, stellte die J.R. Geigy AG eine Liste von 59 Produkten zusammen und reichte sie im Rahmen eines Bewilligungsverfahrens 1960 bei den französischen Behörden ein.<sup>42</sup> Es ist davon auszugehen, dass die Abfälle der genannten Geigy-Produkte sowie die aufgelisteten Fabrikations- und Destillationsrückstände von 1957–1960 im Roemisloch abgelagert worden sind.<sup>43</sup> Da das Roemisloch Nachfolgedeponie der Feldrebengrube in Muttenz war und Geigy parallel zum Roemisloch auch die wilde Deponie Le Letten<sup>44</sup> beliefert hat, ist die Liste Roemisloch auch für die beiden Chemiemülldeponien Feldrebengrube und Le Letten von Bedeutung.

### 7.1.2.2. Die Liste Sandoz

Die Abteilung „Prozess-Entwicklung Chemikalien“ der Sandoz AG verfasste 1986 eine interne Mitteilung „an die Abteilungs- und Betriebsleiter der Produktion Chemikalien“. Das dreiseitige Papier hat die „Struktur und Bildung von polychlorierten Dibenzop-dioxinen (PCDD) und Dibenzofuranen (PCDF)“ zum Inhalt. Im Anhang zu dieser internen Mitteilung verteilte Sandoz Fotokopien der Liste 1 (vgl. S. 14) und der Liste 2 (vgl. S. 17), die das UBA 1985 über Dioxin-Chemikalien veröffentlicht hatte. Hinter 29 von 85 Namen von Chemikalien, die sich auf den UBA-Dioxin-Listen befinden,<sup>45</sup> fügte Sandoz die entsprechenden firmenintern üblichen Abkürzungen hinzu.<sup>46</sup> Wenn Sandoz bestimmte Substanzen auf den UBA-Listen 1 und 2 mit firmenintern gebräuchlichen

<sup>42</sup> Forter Martin: Farbenspiel, S. 205–209; Aselmeyer M.: Commune de Neuwiller Haut-Rhin, Installation d'un dépôt de déchets industriels, mémoire explicatif, Colmar, 31.5.1960, S. 3–6.

<sup>43</sup> Die J.R. Geigy AG belieferte die Deponie Roemisloch mit 900–1500 Tonnen Chemiemüll (Forter Martin: Farbenspiel, 2000, S. S. 253).

<sup>44</sup> Die wilde Deponie Le Letten (Hagental-le-Bas, F) wurde von 1957–1960 von den Firmen Ciba, Geigy und Durand & Hugenin mit mindestens 3200 Tonnen Chemiemüll beliefert (Forter Martin: Farbenspiel, S. 194–205, S. 248 u. S. 253).

<sup>45</sup> Riedel P, Abt. Prozess-Entwicklung Chemikalien, Bau 16/304 an die Abteilungs- und Betriebsleiter der Produktion Chemikalien: Struktur und Bildung von polychlorierten Dibenzop-dioxinen (PCDD) und Dibenzofuranen (PCDF), Sandoz-interne Mitteilung vom 2.12.1986.

<sup>46</sup> Sandoz AG: RM Namen, 263-seitiges, Sandoz-interne Abkürzungsverzeichnis für die im Stammhaus verwendeten Abkürzungen der Rohmaterialien und Zwischenprodukte sowie Anhang Bruttoformelindex, Ausgabe 1988.

Abkürzungen versieht, kann davon ausgegangen werden, dass diese Chemikalien noch 1987 oder vorher von Sandoz in ihren Produktionen eingesetzt worden sind.<sup>47</sup>

Die UBA-Listen 3 und 4 liess Sandoz intern nicht verteilen, weil sie Chemikalien enthalten, die grösstenteils von Sandoz bzw. der Basler chemischen Industrie in den 1970er- und 1980er-Jahren nicht hergestellt worden sind. Eine mit Dioxinen belastete Substanz, die auf der UBA-Liste 3 aufgeführt ist, erwähnt Sandoz in der internen Mitteilung explizit: Chloranil. Chloranil hat und hatte bei der Basler chemischen Industrie als Grundbaustein für die Herstellung von Oxazin- und Dioxazin-Farbstoffen sowie -Pigmenten eine wichtige Stellung (vgl. Kapitel 8.2.1).<sup>48</sup>

### 7.1.2.3. Die Liste Muttenz

Die „Stoffliste Deponien Muttenz“ umfasst 75 Seiten und nennt 4889<sup>49</sup> Namen von Ausgangsprodukten, Zwischenprodukten und Verkaufsprodukten.<sup>50</sup> Sie wurde 2003 im Kontext der Untersuchungen der Chemiemülldeponien Feldreben, Margelacker und Rothausstrasse von Novartis, Clariant, Ciba SC und Syngenta<sup>51</sup> erstellt und erlaubt einen qualitativen Einblick in das Produktionsprogramm von Geigy, Ciba und Sandoz von etwa Mitte der 1950er- bis Mitte der 1960er-Jahre.<sup>52</sup> Damit ist die Liste Muttenz nicht nur für die Muttenzer Chemiemülldeponien Feldrebengrube, Margelacker und Rothausstrasse von Bedeutung, sondern auch für die Chemiemülllagerstätten Letten, Roemisloch, Gravière Nord<sup>53</sup> und Bonfol<sup>54</sup>, die gleichzeitig oder nach den Muttenzer

---

<sup>47</sup> Ebenda.

<sup>48</sup> Riedel P, Abt. Prozess-Entwicklung Chemikalien, S. 3.

<sup>49</sup> Es besteht noch eine weitere Liste: Sie umfasst 2939 Substanzen, die von Geigy, Ciba bzw. Ciba-Geigy von 1961-1976 hergestellt wurden. Die Liste wurde von Ciba SC erstellt. Da ich keinen Zugang zu dieser Liste habe, ist sie in dieser Studie auch nicht ausgewertet worden (BCI/IG DIB: Projet d'assainissement définitif de la DIB: Projet d'assainissement selon l'Osites, Rapport principale, 27.11.2003, S. 29).

<sup>50</sup> IG DRB: Vertraulich – Stoffliste Deponien Muttenz.

<sup>51</sup> Novartis, Syngenta, Clariant, Ciba SC u.a. haben sich in der „Interessengemeinschaft Deponiesicherheit Region Basel (IG DRB)“ zusammengeschlossen.

<sup>52</sup> Die u.a. von Novartis, Ciba SC, Clariant und Syngenta zusammengestellte Stoffliste Muttenz nennt zwar – relativ unsystematisch – eine grosse Zahl von Ausgangsprodukten, Zwischenprodukten und von Produktennamen. Da sie aber keine Angaben zu den Mengen der verwendeten oder hergestellten Produkte enthält, lassen sich die wichtigsten Substanzen nicht herauskristallisieren. Dieser Umstand macht die Stoffliste Muttenz ausserordentlich unübersichtlich (s. Anm. 50).

<sup>53</sup> Die Deponie Gravière Nord in St. Louis-Bourgfelden wurde von Sandoz von Beginn der 1950er-Jahre bis anfangs der 1960er-Jahre mit rund 8500 Tonnen Chemiemüll beliefert (Forster Martin: Farbenspiel, S. 210–214 u. S. 253).

<sup>54</sup> Die Deponie im jurassischen Bonfol wurde von Geigy, Ciba resp. Ciba-Geigy, Durand & Hugenin resp. Sandoz, Roche, der Säurefabrik Schweizerhalle, der Schweizerischen Teerindustrie (Stia), Henkel und Rohner von 1961–1976 mit 114'000 Tonnen Chemiemüll beliefert (Forster Martin: Farbenspiel, S. 237–243).

Deponien mit Produktionsrückständen von Geigy, Ciba und Sandoz beliefert worden sind.

Auf der Liste Muttenz folgt hinter bestimmten Substanz-Namen z.T. der Zusatz „roh“, wie z.B. bei der Nr. 4145, wo es heisst „Dichlorphenol 2,4 roh“.<sup>55</sup> Daraus lässt sich schliessen, dass Sandoz, Ciba und/oder Geigy 2,4-Dichlorphenol in den 1950er- und 1960er-Jahren selbst hergestellt haben. Allgemein ist davon auszugehen, dass Geigy, Ciba und Sandoz in den 1950er-Jahren eine relativ starke Rückwärtsintegration der Produktion angestrebt, also viele Basis- und Zwischenprodukte selber hergestellt haben. In den 1960er-Jahren begannen sie langsam, immer mehr Basis- und Zwischenprodukte bei Drittfirmen zuzukaufen. Trotzdem bezeichnen ehemalige Mitarbeiter die vertikale Integration vor allem bei Ciba und Sandoz als stark<sup>56</sup>. Der Trend des Fremdeinkaufs von Zwischenprodukten verstärkte sich in den 1970er- und 1980er-Jahren. Oder mit den Worten eines ehemals bei Geigy bzw. Ciba-Geigy tätigen Chemikers: „Was wir in den 1950er- und 1960er-Jahren noch selbst gemacht haben, wurde in den 1970er-Jahren zugekauft. Dies gilt für alle Firmen.“<sup>57</sup> Dies zeigen auch die folgenden zwei Beispiele:

- *1,2-Dichlorbenzol (ortho-Dichlorbenzol, UBA-Dioxin-Liste 2):* Ciba hatte 1908 die „Elektrochemische Fabrik Monthey“ gekauft, „um damit eine eigene Chlorfabrik zu besitzen“.<sup>58</sup> Im Werk Monthey produzierte Ciba 1946 das Lösungsmittel „Ortho-[...] Dichlorbenzol“<sup>59</sup> sowie höhere Chlorbenzole“, um sie in der Ciba-Basel weiterzuverarbeiten.<sup>60</sup> In den 1960er- und 1970er-Jahren aber kauft Ciba bzw. Ciba-Geigy 1,2-Dichlorbenzol von der deutschen Chemiefirma Bayer zu.<sup>61</sup>

---

<sup>55</sup> IG DRB: Vertraulich – Stoffliste Deponien Muttenz, S. 64.

<sup>56</sup> Notizen über das Gespräch mit Mitarbeiter B vom 11.7.2005, der bei Ciba-Geigy tätig war; Notizen über das Gespräch vom 10.5.2005 mit Mitarbeiter C, der bei Sandoz tätig war; Notizen über das Telefongespräch vom 11.8.2005 mit Mitarbeiter D, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>57</sup> Notizen über das Telefongespräch vom 23.6.2005 mit Mitarbeiter E, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>58</sup> Ciba hat in Monthey zur Chlorproduktion zuerst eine Monthey-Zelle betrieben, die mit in Asbest eingeschlossenen Graphitanoden funktionierte. 1942/43 folgten Quecksilberzellen, die ebenfalls mit Graphitanoden betrieben wurden. Bei diesem Verfahren fällt ein Schlamm an, der u.a. vor Ort abgelagert wurde. In solchem Schlamm haben Rappe et al. in Schweden „hohe Konzentrationen an Polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) gefunden“. (Vom Chlor, in: Ciba-Blätter Nr. 34/35, S. 757; Die Chloralkali-Elektrolysen in Monthey, in: Ciba-Blätter Nr. 33, 3. Jahrgang, Hauszeitschrift der Ciba Aktiengesellschaft, Basel, 6.1946, S. 732–734; Rappe et al.: Levels of PCDDs and PCDFs in products and effluent from the Swedish pulp and paper industry and chloralkali process, in: Chemosphere, Volume 20, Issues 10–12, 1990, S. 1701–1706.

<sup>59</sup> 1,2-Dichlorbenzol.

<sup>60</sup> (Vom Chlor, in: Ciba-Blätter, S. 757). In Analysen von Rückständen aus der 1,2-Dichlorbenzol-Produktion wurden Dioxin- und Furan-Verunreinigungen gefunden (Lia Wenbin et al.: Formation of PCDD/Fs and PCBs in the process of production of 1,4-Dichlorobenzene, Chemosphere 57, 2004, S. 1318f).

<sup>61</sup> Notizen über das Telefongespräch vom 4.10.2004 mit Mitarbeiter A, der bei Ciba-Geigy tätig war.

- *3,4-Dichloranilin (UBA-Dioxin-Liste 2)*: Um 1960 haben die Basler Firmen u.a. das Farbstoff-Zwischenprodukt 3,4-Dichloranilin selber hergestellt. Denn auf der von der Industrie zusammengestellten Stoffliste Muttenz wird 3,4-Dichloranilin als „Dichloranilin 3,4 roh, Dichloranilin 3,4 dest(illiert)“<sup>62</sup> und “Dichloranilin 3,4” ausgewiesen.<sup>63</sup> 3,4-Dichloranilin wurde auch für die Synthese von 3,4-Dichlorphenylisocyanat<sup>64</sup> eingesetzt, das wiederum zur Synthese von Mitin FF dient.<sup>65</sup> Mitin FF ist ein Mottenmittel für Wollstoffe von Geigy. Es wurde Ende der 1930er-Jahre auf den Markt gebracht und gilt als wichtiges Produkt von Geigy, das in grossen Mengen hergestellt wurde.<sup>66</sup> Deshalb könnte es Geigy gewesen sein, die 3,4-Dichloranilin in den 1950er- und 1960er-Jahren selber hergestellt hat. 1988 dagegen hat Sandoz 3,4-Dichloranilin bei einer Drittfirma eingekauft.<sup>67</sup>

Der Trend, immer mehr Grundstoffe extern einzukaufen, hat bezüglich Dioxinen folgende Bedeutung:

- In den 1950er-Jahren fielen auch bei der Produktion von Grundsubstanzen Abfälle an, die mit grosser Wahrscheinlichkeit Dioxine enthalten haben oder enthalten haben können. Diese Grundstoffe werden z.T. weiterverarbeitet, wobei wiederum Abfälle entstehen, die Dioxine und andere Verunreinigungen enthielten oder enthalten konnten.
- In den 1960er- und 1970er-Jahren geht der Anteil an Abfall aus den Grundstoffproduktionen zurück, weil die Grundstoffe immer mehr bei Drittfirmen eingekauft werden. Deshalb fallen in Basel und Schweizerhalle im erwähnten

<sup>62</sup> Bei dieser Destillation fallen Destillationsabfälle an. Der grösste Teil der im rohen 3,4-Dichloranilin allfällig vorhandenen Verunreinigungen wie Dioxine und Furane finden sich in diesen Destillationsabfällen, die in einer Deponie entsorgt wurden. 3,4-Dichloranilin roh wird auf der Liste Muttenz aber auch als Fertigprodukt ausgewiesen. Das heisst, es wurde mit Verunreinigungen verkauft bzw. weiterverarbeitet.

<sup>63</sup> IG DRB: Vertraulich – Stoffliste Deponien Muttenz, S. 63.

<sup>64</sup> 3,4-Dichloranilin und 3,4-Dichlorphenylisocyanat enthalten Polychlorierte Bibenyle (PCB) als Verunreinigungen. Dichlorphenylisocyanat ist auf der Liste Roemisloch (vgl. Kap. 7.1.2.1) erwähnt: Aus dieser Produktion fällt monatlich 500 kg Abfall an, der im Roemisloch abgelagert worden ist. Es ist anzunehmen, dass dieser Abfall PCB enthalten hat. Wie viel ist nicht bekannt (Versar Inc.: List of Chemicals Contaminated or Precursor to Contamination with Incidentally Generated Polychlorinated and Polybrominated Dibenzodioxins and Dibenzofurans, EPA Contract No. 68-02-3968, Task No. 48, Springfield, Virginia 30–10.1985, Appendix A: Unsorted List of Chemicals Investigated, S. 137; Aselmeyer M.: Commune de Neuwiller Haut-Rhin, S. 4).

<sup>65</sup> Fierz-David Hans Edmund, S. 425; Schweizer Hans Rudolf: Künstliche organische Farbstoffe, S. 254f; Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Volume 39, S. 543.

<sup>66</sup> J.R. Geigy AG: Geigy, Basel 1965; J.R. Geigy AG: Geigy heute, Jubiläumsschrift zum 200jährigen bestehen des Geigy-Unternehmens, Basel 1958, S.156f.

<sup>67</sup> Betriebliches Rechnungswesen Sandoz: Standardpreise 1988: Zugekaufte Rohmaterialien Chemikalien/Agro/Pharma/TGE; Brennmaterial; Selbstfabrizierte Zwischenprodukte Chemikalien/MZP-PH, Sandoz-interne Preisliste, Basel, 1.1.1988, S. 69; Sandoz AG: RM Namen, S. 187.

Zeitraum immer mehr nur noch Abfälle an, die aus der Veredelung der immer mehr zugekauften Grundsubstanzen stammen. Diese Abfallmenge nimmt aber zu, weil immer mehr veredelte Produkte hergestellt werden.<sup>68</sup>

### **7.1.3. Gespräche mit ehemaligen Mitarbeitern der Basler Chemie**

Die meisten der 21 ehemaligen Mitarbeiter, mit denen ich zum Teil mehrmals mehrstündige Gespräche geführt habe, arbeiteten um die 30 Jahre in derselben Firma. Ihre Identifikation mit „ihrer“ Firma ist noch heute, z.T. 20–25 Jahre nach ihrer Pensionierung hoch. Da sie z.T. befürchten, in ihrem Freundeskreis, der teilweise in denselben Unternehmen gearbeitet hat, als Nestbeschmutzer hingestellt zu werden, wenn sie über die Schattenseite „ihrer“ Chemiefabrik berichten, forderten die meisten als Bedingung für ein Gespräch, dass ihre Namen in dieser Studie nicht genannt werden.

Einige meiner Gesprächspartner haben sich beruflich oder privat intensiv mit der Produktionspalette ihres Unternehmens beschäftigt und/oder haben jahrelang dieselben Produktionsanlagen betreut. Dadurch haben sie eine gute Erinnerung, mit welchen Substanzen „ihre“ Firma gearbeitet hat. Dies zeigt sich auch daran, dass die Verwendung der meisten Substanzen, die die UBA-Listen 1+2 enthalten und die gemäss den Angaben der ehemaligen Mitarbeiter in „ihrer“ Firma eingesetzt worden sind, auch über andere Quellen bestätigt werden konnten (vgl. dazu Anhang 1 und Anhang 2).

---

<sup>68</sup> Vgl. dazu z.B. die Jahresberichte der Ciba, der Geigy, der Ciba-Geigy und der Sandoz aus den 1950er-, 1960er- und 1970er-Jahren.

#### 7.1.4. Analyseergebnisse aus dem Umfeld der Chemiemülldeponien

Zwar wurde auch schon in den 1950er-, 1960er- und der ersten Hälfte der 1970er-Jahre eine kleine Menge des gesamten anfallenden Chemiemülls unter ungeeigneten Bedingungen verbrannt.<sup>69</sup> Die verbrannte Menge nahm zudem in diesem Zeitraum zu. Zu einem kleinen Teil wurden auch Destillationsabfälle „als viskose Flüssigkeit“ verfeuert.<sup>70</sup> Aber: „In den 1950er-, den 1960er- und selbst noch in der ersten Hälfte der 1970er-Jahre war die Verbrennung von Chemiemüll bei Ciba, Geigy und Ciba-Geigy in Basel und Schweizerhalle unwichtig“,<sup>71</sup> bestätigt ein ehemaliger Mitarbeiter der Ciba-Geigy.<sup>72</sup> Die meisten Produktionsabfälle lagerte die Basler Chemie in z.T. wilden und z.T. legalen Chemiemülldeponien ab.<sup>73</sup>

Unter dem Druck der Öffentlichkeit wurden in den letzten Jahren im Umfeld der Chemiemülldeponien der Basler chemischen Industrie vermehrt Proben aus dem Grundwasser, aus Bächen und Brunnen sowie von Deponiesickerwasser auf Chemikalien untersucht. Finden sich in diesen Proben Dioxin-Substanzen gemäss UBA-Listen 1+2?<sup>74</sup>

Um diese Frage zu klären, habe ich die Substanzen der UBA-Dioxin-Listen 1+2 mit sämtlichen mir zugänglichen Analyseergebnissen verglichen. Es handelt sich dabei um

---

<sup>69</sup> Diese Chemiemüllverbrennungen bei relativ tiefen Temperaturen und inhomogenen Verbrennungsbedingungen wurden u.a. in den Brennkammern folgender Anlagen durchgeführt:

- in den Kesselhäusern
- in verschiedenen Versuchsöfen der Basler Konzerne
- in der Basler Kehrichtverbrennungsanlage (KVA)
- im Basler Gaswerk
- ab 1968 im KVA-ähnlichen Ofen der Sandoz in Schweizerhalle (heute Clariant)

Die Verbrennung von chlorierten Abfällen in diesen Anlagen war nicht beliebt, weil sie zu starker Korrosion führte. Sie dürfte zu relativ grossen Dioxin-Emissionen geführt haben. Erst 1974 nahm die Ciba-Geigy in Basel die erste eigentliche Sondermüllverbrennungsanlage in Betrieb. Doch auch die Kapazität dieser Anlage war klein im Vergleich zum anfallenden Chemiemüll (vgl. dazu Forter Martin: Farbenspiel, S. 227–233, S. 359–367 u. S. 410f; vgl. zur ersten eigentlichen Sondermüllverbrennungsanlage: Ciba-Geigy AG: Sonderabfall-Verbrennungsanlage der Ciba-Geigy AG Werk Basel SMVA – K-224, Basel, 01.1989.).

<sup>70</sup> Notizen über das Telefongespräch vom 4.10.2004 mit Mitarbeiter A, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>71</sup> Das Gleiche gilt in den 1950er- und 1960er-Jahren für Sandoz. 1968 aber nimmt Sandoz in Schweizerhalle einen Ofen in Betrieb, der einer Kehrichtverbrennungsanlage ähnlich ist. Was für fester Chemiemüll in dieser Anlage in welchen Mengen verbrannt wurde und welche Menge Dioxin und Furane dabei ausgestossen worden sind, ist nicht bekannt (vgl. Anm. 69).

<sup>72</sup> Notizen über das Gespräch vom 14.6.2005 mit Mitarbeiter A, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>73</sup> Zu Beginn der 1970er-Jahre wurden geringe Mengen auch im Meer versenkt und in weit entfernte, ausländische Chemiemülllagerstätten exportiert (vgl. zu den Chemiemülldeponien in der Nähe der Fabriken, zur Versenkung im Meer und zu den Exporten in weit entfernte Deponien: Forter Martin: Farbenspiel, S. 161–268).

<sup>74</sup> UBA-Liste 1: s. S. 14; UBA-Liste 2 s. S. 17.



Analyseergebnisse aus der Umgebung folgender Deponien/Werkgelände der Basler chemischen Industrie:

- Deponie Bonfol (DIB) (114000 Tonnen Chemiemüll)
- Deponie Feldreben/Muttentz, BL (mind. 13000 Tonnen Chemiemüll)
- Deponie Margelacker/Muttentz, BL (mind. 1000 Tonnen Chemiemüll)
- Deponie Rothausstrasse/Muttentz, BL (Menge Chemiemüll unklar)
- Deponie Le Letten/Hagenthal-le-Bas, F (mind. 3200 Tonnen Chemiemüll)
- Unverpackter Chemiemüll unter freiem Himmel, der bis 2005 bei der Deponie Le Letten im Wald lag
- Deponie Roemisloch/Neuwiller, F (1000–1600 Tonnen Chemiemüll)
- Deponie Gravière Nord/St. Louis, F. (mind. 8000 Tonnen Chemiemüll)
- Deponie Maienbühl/Riehen, BS (Menge unklar)
- Werkgelände/Deponien Monthey<sup>75</sup>

Nach den Dioxin-Substanzen der UBA-Listen 1+2 wurde im Umfeld der Chemiemülldeponien/Werkgelände nie systematisch gesucht.

Die chemische Industrie stellte bis vor kurzem ihre Analyseprogramme oft nach relativ willkürlichen und schwer nachvollziehbaren Kriterien zusammen. Deshalb ist es Zufall, wenn in den Analyseprogrammen Dioxin-Stoffe der UBA-Listen 1+2 aufgenommen wurden.

Finden sich aber trotzdem Substanzen der UBA-Dioxin-Listen 1+2 im Sickerwasser der Deponien, im Grundwasser und im Wasser von Bächen in ihrem Umfeld oder in Proben von offen herumliegendem Chemiemüll, so bestätigt dies, dass:

- die betreffenden Firmen mit dem bei der Deponie gefundenen Stoff von der UBA-Liste 1+2 gearbeitet haben.
- auf der entsprechenden Deponie Chemieabfall abgelagert worden ist, der die gefundene Dioxin-Substanz gemäss UBA-Listen 1+2 enthält.

---

<sup>75</sup> Im direkten Umfeld des Werkgeländes Monthey (früher Ciba/Ciba-Geigy, heute Ciba SC und Syngenta sowie Huntsman) befinden sich verschiedene Chemiemülldeponien. Gleichzeitig existieren auf dem Gelände auch Verschmutzungen, die durch die Produktion entstanden sind. Deshalb ist es manchmal nicht klar, ob ein Schadstoff im Grundwasser aus einer Deponie oder aus dem Untergrund eines Fabrikationsgebäudes stammt (zu den Deponien: Cimo: Site Industriel de Monthey: Emplacement des décharges et des terres souillées, No. Dessin 68.98.3.0005, Monthey 6.4.1998).

### 7.1.5. Mit welchen Dioxin-Substanzen die Basler Chemie gearbeitet hat

Vergleicht man die Namen der Substanzen auf den UBA-Dioxin-Listen 1+2 mit den Chemikalien auf den Stofflisten der Basler chemischen Industrie (Roemisloch-Liste,<sup>76</sup> Sandoz-Liste,<sup>77</sup> Muttenz-Liste),<sup>78</sup> den von Mitarbeitern in Rente erwähnten Stoffen,<sup>79</sup> den Chemikalien aus der Literatur zur Basler chemischen Industrie sowie den Analyseresultaten aus dem Umfeld von Fabrikgeländen und Chemiemülldeponien,<sup>80</sup> so ergibt sich folgendes Bild:

---

<sup>76</sup> Vgl. Kap. 7.1.2.1.

<sup>77</sup> Vgl. Kap. 7.1.2.2.

<sup>78</sup> Vgl. Kap. 7.1.2.3.

<sup>79</sup> vgl. Kap. 7.1.3.

<sup>80</sup> Die Stoffe auf den UBA-Listen 1+2 wurden mit den Angaben aus folgenden Berichten abgeglichen: Colombi Schmutz Dorthe SA (CSD): Bericht über die Grundwasser-Beeinträchtigung im Bereich der chemischen Fabrik in Monthey, 22.8.1986; Ciba-Geigy AG: K2: Cigy Oek-Tech W. Schmid/TK 2.2, Bericht vom 7.1.1988/vs: Spezialuntersuchung Deponie Bonfol: Drainagegraben, org. Verunreinigungen in der Luft, 21.12.1987, Ciba-Geigy-interner Bericht vom 07.01.1988; Colombi Schmutz Dorthe SA (CSD): Surveillance hydrogéologique dans le secteur compris entre l'usine Ciba-Geigy et le puits de pompage communal du Boeufferrant, Rapport Hydrogéologique, im Auftrag der Ciba-Geigy Monthey, Sion, 3.1989; Département de l'intérieur et de la santé publique, Laboratoire Cantonal: Analyse chimiques, Ollon – Station des pompage des Grandes Isles d'Amont – Robinet de service, Epalinges, 14.5.1990; Département de l'intérieur et de la santé publique, Laboratoire Cantonal: Analyse chimiques, Ollon – Station des pompage des Grandes Isles d'Amont – Robinet de service, Epalinges, 28.5.1990; MPU GmbH, Abt. Prüflaboratorium: Prüfbericht Nr. 01/186, GC/MS-Screening-Untersuchung von Wasserproben, im Auftrag von Greenpeace Schweiz, Berlin, 11.7.2001; Novartis/Syngenta/Ciba SC/Antea: Etude-diagnostic des anciennes décharges du Letten, de Galgenrain à Hagenthal-le-Bas (68) et de Roemisloch, Hitzmatten à Neuwiller (68) dans le cadre de l'évaluation de risqué, A 24219, 9.2001; Novartis/Syngenta/Ciba SC/Antea: Etude-diagnostic des anciennes décharges du Letten, de Galgenrain à Hagenthal-le-Bas (68) et de Roemisloch, Hitzmatten à Neuwiller (68) dans le cadre de l'évaluation de risqué, A 24219, 9.2001, Annexes au rapport d'étude; Amt für Umweltschutz des Kantons Basel-Stadt: Altlastenmonitoring St. Louis, Zollplattform St. Louis, Basel 17.9.2001; MPU GmbH, Abt. Prüflaboratorium: Prüfbericht Nr. 01/329a, Untersuchung von Wasserproben (Target Analytik und GC/MS-Screening), Berlin, 12.11.2001; MPU GmbH, Abt. Prüflaboratorium: Prüfbericht Nr. 01/329b, Untersuchung von Wasserproben (Target Analytik und GC/MS-Screening), Berlin, 12.11.2001; Projektteam Deponien mit Chemieabfällen in der Gemeinde Muttenz: Deponien Feldreben, Margelacker und Rothausstrasse in Muttenz: Historische Untersuchung und Ist-Zustandsaufnahme des Grundwassers; Zusammenfassender Bericht auf Basis des Berichtes des Geotechnischen Instituts vom 25.01.2002, Muttenz, 29.1.2002; Laboratoire RWB SA: Rapport d'essais d'échantillon Nr. 1819, Ref. 00L29, im Auftrag von Greenpeace Schweiz, Porrentruy, 17.12.2002; Labo RWB SA: Echantillons: 1833, Source (point 2); 1818, drainage; 1819 Roemisloch, im Auftrag von Greenpeace Schweiz, Porrentruy, 11.6.2002; Antea IGDRB: Evaluation des impacts de l'ancienne décharge du Hitzmatten à Neuwiller (68) sur la qualité des eaux souterraines et superficielles – Rapport de synthèse (Januar 2000 bis Mai 2002), IG DRB/Antea, 8.4.2003; BMG: Risikobewertung Mühlbach (nur die Anhänge): Gemessene Mittelwerte in den Jahren 2000–2002, Zürich 1.5.2003; Wüthrich Matthias, Greenpeace Schweiz: Unveröffentlichte Zusammenstellung der Analyseresultate Roemisloch, Zürich, 2004; Forter Martin/Walther Jean-Louis: Gutachten über das Sanierungsprojekt der Basler Chemischen Industrie (BCI), Anhang: Sickerwasseranalyse Bonfol, S. 40; Forter Martin: Notiz über die Sitzung vom 4.11.2004 mit Vertretern des AUE Basel-Landschaft in Liestal zum AUE-Bericht „Gewässerüberwachung in den Gemeinden Allschwil und Schönenbuch“ des Amtes für Umweltschutz des Kantons Basel-Landschaft vom 21. Juni 2004, Basel, 18.11.2004; RWB SA: Investigations sur des déchets trouvés en forêt sur le site de la décharge chimique du Letten à Hagenthal, Alsace France, Notice Technique, im Auftrag von Greenpeace Schweiz, Porrentruy 17.2.2005; Einwohnergemeinde Muttenz: Beilagenband C,

	Total Dioxin-Stoffe UBA-Listen Total	Von Basler Chemie verwendete Dioxin-Stoffe		davon über Analysen bei Deponien bestätigt		davon ausschl. über Analyse bei Deponie bestätigt	
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
<b>UBA-Liste 1</b>	30	<b>10</b>	33%	<b>3</b>	10%	<b>1</b>	3%
<b>UBA-Liste 2</b>	55	<b>28</b>	51%	<b>8</b>	15%	<b>1</b>	2%
<b>UBA-Listen 1+2</b>	85	<b>38</b>	45%	<b>11</b>	13%	<b>2</b>	2%

**Tabelle 1: Anzahl der Substanzen der UBA-Dioxin-Listen 1+2, mit denen Sandoz, Geigy, Ciba und Ciba-Geigy in den 1950er-, 1960er- und 1970er-Jahren gearbeitet haben. (Detaillierte Auflistung der einzelnen Substanzen siehe betreffend UBA-Liste 1 Anhang 1 und bezüglich UBA-Liste 2 Anhang 2).**

Sandoz, Geigy, Ciba und Ciba-Geigy haben also in den 1950er-, 1960er- und 1970er-Jahren:

- mindestens 10 Stoffe (= 33%) der UBA-Liste 1 verarbeitet, die mit Dioxinen verunreinigt sind.
- mindestens 28 Substanzen (= 51%) der UBA-Liste 2 verbraucht, die mit Dioxinen verunreinigt gewesen sein können.
- somit mindestens 38 Chemikalien der UBA-Dioxin-Listen 1+2 eingesetzt.

In den 1950er- und in der 1. Hälfte der 1960er-Jahre haben einer oder mehrere der erwähnten Chemiekonzerne neun dieser UBA-Dioxin-Stoffe selber hergestellt.<sup>81</sup> In der 2. Hälfte der 1960er- und in den 1970er-Jahren kauften sie diese Dioxin-Chemikalien immer mehr von Drittfirmen zu. Doch selbst in den 1980er-Jahren stellt Sandoz noch

---

Chemische Analysen Labor RWB, Muttenz 1.05.; Gemeindeverwaltung Allschwil; Tiefbau/Umwelt; Umweltkommission, S. 5.

<sup>81</sup> Es handelt sich um:  
 Von der UBA-Liste 1:

- 2,4-Dichlorphenol
- 3,4-Dichlorphenol
- Chloranil (= G 25804)

Von der UBA-Liste 2:

- Nitro-p-Kresol
- 3,4-Dichloranilin

Vgl. dazu Anhang 1 u. 2 unter Liste Muttenz, alle Bezeichnungen mit „roh“ bzw. unter „Sonstige Quellen“. Bei den erwähnten mindestens neun UBA-Dioxin-Substanzen, die die Basler Chemie in den 1950er- und 1960er-Jahren selber hergestellt hat, gehe ich davon aus, dass Sandoz die vier UBA-Dioxin-Substanzen auch schon damals produziert hat, die sie noch in den 1980er-Jahren synthetisiert (vgl. Anm. 82).

zumindest vier Substanzen her, die auf der UBA-Liste 1+2 erwähnt sind, wie aus einer firmeninternen Preisevaluation Eigenherstellung/Fremdeinkauf von 90 Zwischenprodukten aus dem Jahre 1988 hervorgeht.<sup>82</sup>

Auf den UBA-Listen 1+2 sind nicht alle Dioxin-Substanzen erwähnt, die es gibt.<sup>83</sup> So fehlt z.B. 2,4,6-Trichlorphenol, das gemäss Hutziger/Fiedler in Analysen eine Summe Polychlorierter Dibenzodioxine (PCDD) von 142 mg/kg und eine Summe Polychlorierter Dibenzofurane (PCDF) von 9.32 bis 59.82 mg/kg enthielt. Das Buwal nennt eine auf die Toxizität von 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin umgerechnete Belastung von 2,4,6-Trichlorphenol von 680 Mikrog/kg TEQ-Int.<sup>84</sup> Sandoz, Geigy, Ciba und Ciba-Geigy haben in den 1950er-, 1960er- und 1970er-Jahren mit 2,4,6-Trichlorphenol gearbeitet: Die Substanz ist auf der Liste Muttenz aufgeführt.<sup>85</sup>

Welche Menge hochchlorierte Dioxine über die (teilweise) Herstellung und Verarbeitung der 38 UBA-Dioxin-Substanzen sowie weiterer bekannter Dioxin-Substanzen bei der Basler chemischen Industrie angefallen bzw. neu entstanden sind, lässt sich im Rahmen dieser Studie und mit den mir zugänglichen Unterlagen nur ansatzweise quantifizieren. Deshalb ist nur bei einigen wenigen Substanzen der UBA-Dioxin-Listen 1+2 eine grobe Quantifizierung der Dioxin-Mengen möglich. Dabei wird allerdings klar, dass relativ grosse Mengen an Dioxinen und Dioxin-ähnlichen Chemikalien angefallen sein müssen, die wohl zum grössten Teil in Deponien abgelagert worden sind (vgl. Kap. 8.2 u. 8.3).

---

<sup>82</sup> Es handelt sich um:  
 Substanzen von der UBA-Dioxin-Liste 1:  
 • Brompheneton (Sandoz-interne Abkürzung: ABEB), von Sandoz budgetierte Produktion 1988: 10 Tonnen im Bau 74 (Werk Basel)  
 Substanzen von der UBA-Dioxin-Liste 2:  
 • 3-Amino-5-Chlor-2-hydroxybenzolsulfonsäure (Sandoz-interne Abkürzung: CAPS), von Sandoz budgetierte Produktion 1988: 10 Tonnen im Bau 34 (Werk Basel)  
 • 3,5-Dinitrosalicylsäure (Sandoz-interne Abkürzung: DNSS), von Sandoz budgetierte Produktion 1988: 5 Tonnen im Bau 44 (Werk Basel)  
 • 2-Amino-4-Chlor-6-nitrophenol  
 (Sandoz AG: RM Namen, S. 4, 56 u. 96; Sandoz AG: F90-Sortiment A / ZP, Sandoz-interne Dokument vom 25.8.1988, S. 1 u. 4).

<sup>83</sup> Vgl. S. 17.

<sup>84</sup> Hutzinger, O./Fiedler, H.: Formation of dioxins and related compounds, S. 438; Dettwiler Johannes/Karlaganis Georg/Studer Christoph: Dioxine und Furane, Standortbestimmung, Beurteilungsgrundlagen Massnahmen, Schriftenreihe Umwelt Nr. 290, Bern, 1997, S. 76.

<sup>85</sup> Liste Muttenz "Nr. 3318: Trichlorphenol 2:4:6". Auch Trichlorphenol Natrium ist unter der Nr. 4882 auf der Liste Muttenz zu finden (IG DRB: Vertraulich – Stoffliste Deponien Muttenz).

### 7.1.6. Bei den Chemiemülldeponien analytisch nachgewiesene UBA-Dioxin-Substanzen

Bei der Herstellung und Verarbeitung der mindestens 38 von insgesamt 85 Dioxin-Substanzen der UBA-Listen 1+2 sind Dioxin-verunreinigte Abfälle angefallen. Dass diese auch in den Chemiemülldeponien abgelagert worden sind, zeigt der Vergleich der UBA-Listen mit den Analyseergebnissen im Umfeld der Deponien:

Chemiemülldeponie	Gefundene Stoffe UBA-Liste 1	Gefundene Stoffe UBA-Liste 2	Total gefundene Stoffe UBA-Listen 1+2	Stoffe UBA-Listen 1+2 nur über Analytik
DIB (Bonfol/JU)	3	7	10	1
Feldrebengrube (MuttENZ/BL)		2*	2*	
Rothausstr. (MuttENZ/BL)	1*	3	4*	1*
Margelacker (MuttENZ/BL)		2*	2*	
Letten (Hagenthal-le-Bas/F)		5	5	1
Lörxbach (bei Letten)		1	1	
Roemisloch (Neuwiller/F)		3	3	
Mühlbach (bei Roemisloch)		2	2	
Gravière Nord (St. Louis/F)		2	2	
Monthey (Werkgelände/Deponien)		3	3	
<b>Alle Chemiemülldeponien</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	

\*1 Substanz an der Quantifizierungsgrenze

**Tabelle 2: Bei 10 Chemiemülldeponien der Basler chemischen Industrie gefundene Substanzen, die auf den UBA-Dioxin-Listen 1+2 erwähnt sind (Detaillierte Auflistung der einzelnen Substanzen und Deponien siehe betreffend UBA-Liste 1 Anhang 1 sowie bezüglich UBA-Liste 2 Anhang 2).**

Obwohl nie systematisch nach den UBA-Dioxin-Substanzen der Listen 1+2 gesucht worden ist, finden die Analytiker heute bei den Chemiemülldeponien 11 der Total 85 Substanzen der UBA-Dioxin-Listen 1+2 (= 13%) im Sicker- und Grundwasser, in Bächen sowie in Chemiemüll-Proben.

Bei den Deponien werden heute also 29% der mindestens 38 Substanzen der UBA-Listen 1+2 gefunden, die die Basler Chemie nachweislich verwendet hat (vgl. Kap. 7.1.5.). Es handelt sich um:

- 3 Dioxin-verunreinigte Substanzen der UBA-Liste 1<sup>86</sup>
- 8 Chemikalien von der UBA-Liste 2, die mit Dioxinen verunreinigt sein können<sup>87</sup>

Dies bedeutet, dass der Chemieabfall in den Deponien z.T. aus Substanzen besteht, die mit Dioxinen verunreinigt sind oder sein können. Damit ist klar, dass auch Dioxine auf den Deponien abgelagert worden sind.

Dass im Grund- und Sickerwasser der Chemiemülldeponie Bonfol 10 von 11 UBA-Dioxin-Stoffen gefunden wurden, bei der Deponie Feldrebengrube aber nur deren 2 (vgl. Tabelle 2), liegt wohl auch in der Ablagerungszeit begründet: Die Deponien in der Region Basel wurden bis ca. 1960 mit Chemiemüll beliefert, die Deponie Bonfol aber von 1961–1976. Damit Dioxine und dioxin-ähnliche Substanzen entstehen können, braucht es Chlor und Chlorchemie.<sup>88</sup> Zwar nahm der Verbrauch an Chlor nach dem Zweiten Weltkrieg stark zu, im Verlaufe der 1960er-Jahre aber explodierte er geradezu.

---

<sup>86</sup> Es handelt sich um:

- 2,4-Dichlorphenol
- 2,5-Dichlorphenol
- 2-Chlorphenol

In Analysen von 2-Chlorphenol wurde z.B. eine Summe Polychlorierter Dibenzodioxine (PCDD) von 0.037 mg/kg gefunden (Hutzinger, O./Fiedler, H.: Formation of dioxins and related compounds, S. 438).

<sup>87</sup> Es handelt sich um:

- **1,2,4,5-Tetrachlorbenzol:** In Analysen wurden z.B. eine Summe Polychlorierter Dibenzodioxine (PCDD) von 1.9 mikrog/kg und eine Summe Polychlorierter Dibenzofurane (PCDF) von 4.63 mikrog/kg gefunden (Hutzinger, O./Fiedler, H.: Formation of dioxins and related compounds, S. 448).
- **1,2,4-Trichlorbenzol:** In Analysen wurden z.B. 12 mg/kg Tetrachlordibenzodioxine und 7.6 mg/kg Octachlordibenzodioxine gefunden. Das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Buwal) gibt für Trichlorbenzol einen Wert von 0.023 mikrog/kg TEQ-Int an (Fiedler Heidele/Hutzinger Otto: Literaturstudie: Polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane (PCDD/PCDF), Organohalogen Compounds Volume 5, 9.1991, S. 6; Dettwiler Johannes/Karlaganis Georg/Studer Christoph: Dioxine und Furane, Standortbestimmung, S. 76).
- **1,2-Dichlorbenzol:** In Analysen wurden z.B. eine Summe Polychlorierter Dibenzodioxine (PCDD) von 0.3 mikrog/kg und eine Summe Polychlorierter Dibenzofurane (PCDF) von 0.5 mikrog/kg gefunden. In neueren Analysen war das Dichlorbenzol nicht belastet, dafür die Rückstände aus seiner Produktion (Hutzinger, O./Fiedler, H.: Formation of dioxins and related compounds, S. 448; Lia Wenbin et al.: Formation of PCDD/Fs and PCBs in the process of production of 1,4-Dichlorobenzene, Chemosphere 57, 2004, S. 1318f).
- **3,4-Dichloranilin**
- **Brombenzol**
- **Hexachlorbenzol:** In Analysen wurden z.B. eine Summe Polychlorierter Dibenzodioxine (PCDD) von 7170 mikrog/kg und eine Summe Polychlorierter Dibenzofurane (PCDF) von 3285 mikrog/kg gefunden (Hutzinger, O./Fiedler, H.: Formation of dioxins and related compounds, S. 448).
- **Phenol**
- **Tribrombenzol**

<sup>88</sup> Und/oder Brom und Bromchemie, die die Basler chemische Industrie ebenfalls betrieb. Dabei können bromierte Dioxine und brom-chlor-Dioxine entstehen. Im Rahmen dieser Studie konnten diese Dioxine nicht berücksichtigt werden (vgl. z.B. Buser, H.R.: Brominated and brominated/chlorinated dibenzodioxins and furans: potential environmental contaminants, in: Chemosphere, Vol. 16, 1987, S. 713–732; Teuf C. et al.: Synthesewege für bromierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane, in: Dioxin – eine technische, analytische, ökologische und toxikologische Herausforderung, Kolloquium Mannheim, 5.–7.5.1987, VDI-Komm. Reinhaltung d. Luft, Düsseldorf 1987, S. 243–256 u. 257–264).

Dieser allgemeine Trend gilt auch für die Basler chemische Industrie.<sup>89</sup> Bonfol wurde also in der Hochblüte der Chlorchemie mit Chemieabfall beliefert.<sup>90</sup> Deshalb ist es nicht erstaunlich, dass in Bonfol mehr Dioxin-Stoffe gemäss UBA Listen 1+2 zu finden sind, als bei den Deponien in der Region Basel.

Die Unterschiede lassen sich aber noch anders erklären:

- Bei den Chemiemülldeponien in der Region Basel wird in der Regel Grund-, Brunnen- und Bachwasser untersucht.<sup>91</sup> In Bonfol aber sind es auch Proben von Sickerwasser, die untersucht werden.
- In der Region Basel wird seit 1–5 Jahren, in Bonfol seit ca. 20 Jahren analysiert.
- Im Elsass (Chemiemülldeponien Le Letten, Roemisloch und Gravière Nord) haben Novartis, Syngenta, Ciba SC und Clariant seit 2001 keine Analyseergebnisse mehr veröffentlicht.

### 7.1.7. Fazit

**Die Basler chemische Industrie hat spätestens ab Mitte der 1950er- bis in die 1970er-Jahre mindestens 38 von 85 Substanzen verarbeitet (= 45%), die gemäss UBA-Listen 1+2 Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD) enthalten haben oder enthalten haben können. Bei der Verarbeitung dieser Dioxin enthaltenden Substanzen blieben mit grosser Wahrscheinlichkeit Dioxin-haltige, feste Abfälle zurück, die grösstenteils auf Chemiemülldeponien abgelagert worden sind: 11 der 85 UBA-Dioxinstoffe (= 13%) sind in Proben von Sicker- und Grundwasser sowie von Feststoffen im Umfeld der Chemiemülldeponien gefunden worden, obwohl nie systematisch nach ihnen gesucht worden ist. Welche Mengen Dioxine und Dioxin-ähnlicher Substanzen bei der Verarbeitung der 38 UBA-**

---

<sup>89</sup> Gleichzeitig sind die Umsätze und Produktionsvolumen der Basler Chemiefirmen stark gewachsen. Die Basler chemische Industrie weitete zudem ihr Produktionssortiment z.B. in den Bereichen Farbstoffe und Chemikalien, Agro und Pharma massiv aus (vgl. Jahresberichte der Sandoz, der Geigy, der Ciba/Ciba-Geigy und der Roche von 1960–1975; Notizen über das Gespräch vom 23.8.2005 mit Mitarbeiter F, der bei Sandoz tätig war).

<sup>90</sup> Zur Entwicklung der Chlorchemie vgl. Henseling Karl-Otto: Chlorchemie. Struktur und historische Entwicklung, Berlin 1990; zur Entwicklung des Chlorverbrauchs in den USA siehe: Alloway B.J./Ayers D.C.: Schadstoffe in der Umwelt. Chemische Grundlagen zur Beurteilung von Luft-, Wasser- und Bodenverschmutzungen, Heidelberg/Berlin/Oxford 1996, S. 235.

<sup>91</sup> Eine der Ausnahmen ist z.B. unverpackter Chemiemüll, der im Wald bei der Deponie Le Letten herumlag: Davon hat das Laboratorium RWB, Porrentruy im Auftrag von Greenpeace Schweiz im Dezember 2004 Proben genommen und analysiert. Dabei wurde die Substanz Tribrombenzol gefunden, die das UBA auf seiner Dioxin-Substanzliste 2 erwähnt (vgl. Liste 2, S. 17).

**sowie anderer Dioxin-Substanzen angefallen bzw. neu entstanden sind, lässt sich im Rahmen dieser Studie nicht quantifizieren.**



## 8. „Dioxin/Furan- & PCB-Produktionen“: Qualitative und fallbeispielhafte quantitative Betrachtungen von 7 Substanzen/Synthesen

Die Basler chemischen Industrie, so zeigte u.a. der Abgleich mit Industrie-Stofflisten, hat mindestens 45% der Substanzen auf den UBA-Dioxin-Listen 1+2 verarbeitet und z.T. selber hergestellt, die als Verunreinigungen Dioxin und Dioxin-ähnliche Substanzen enthalten haben oder enthalten haben können (vgl. Kap. 7.1.5). Hinzu kommen weitere Dioxin-Stoffe, die auf den UBA-Listen von 1985 nicht erwähnt sind, die von der Basler Chemie verarbeitet worden sind.<sup>92</sup> Deshalb sind bei der Verarbeitung dieser Dioxin-Substanzen Dioxin-haltige Abfälle entstanden, die grösstenteils auf Chemiemülldeponien abgelagert worden sind (vgl. Kap. 7.1.6). Im Folgenden geht diese Studie auf 7 Substanzen näher ein, die mit Dioxinen und Dioxin-ähnlichen Stoffen verunreinigt waren bzw. bei deren Herstellung/Verarbeitung in chemischen Prozessen neue Dioxine und Dioxin-ähnliche Substanzen entstanden sind bzw. entstanden sein müssen. Es handelt sich um:

- a) Chlorphenole (Di- und Trichlorphenole, UBA-Liste 1)<sup>93</sup>
- b) Chloranil (UBA-Liste 1, basiert auf Di- bzw. Trichlorphenol)
- c) Triclosan (auf den UBA-Listen nicht erwähnt, basiert auf Dichlorphenol)
- d) Mitin LA (auf den UBA-Listen nicht erwähnt, basiert auf Trichlorphenol)
- e) Trichlorbenzol (UBA-Liste 2, PCB)<sup>94</sup>
- f) Dichlorbenzol (UBA-Liste 2, PCB)
- g) 2,6-Dichlor-4-Nitroanilin (PCB)

---

<sup>92</sup> Vgl. S. 17.

<sup>93</sup> UBA-Liste 1 s. S. 14.

<sup>94</sup> UBA-Liste 2 s. S. 17.

## 8.1. Herstellung von Dichlorphenol und Trichlorphenol

Die Herstellung und Verarbeitung von Chlorphenolen gilt als besonders förderlich für die Neubildung von Dioxinen und Furanen (vgl. Kap. 5). Die Basler chemische Industrie hat Chlorphenole z.T. selber hergestellt und weiterverarbeitet. Dabei fielen Dioxine und Furane an, die meist mit den festen Abfällen auf Deponie entsorgt worden sind, wie die folgenden Beispiele zeigen:

### 8.1.1. Herstellung von Dichlorphenolen (UBA-Dioxin-Liste 1)

Zumindest eine der drei Chemiefirmen Geigy, Ciba und Sandoz hat in den 1950er- und 1960er-Jahren Dichlorphenole hergestellt. Dies geht aus der Liste Muttenz hervor, die Novartis, Ciba SC, Clariant und Syngenta 2003 erstellt haben: Unter der Nr. 4145 ist „Dichlorphenol 2,4 roh“ aufgeführt und unter der Nr. 4146 „Dichlorphenol 3,4 roh“<sup>95</sup> Das „roh“ steht für Rohware<sup>96</sup>. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass diese Dichlorphenole, die auf der UBA-Liste 1 für Dioxin-haltige Substanzen erwähnt sind<sup>97</sup>, in Basel bzw. Schweizerhalle hergestellt worden sind.

Vieles spricht dafür, dass es u.a. Geigy war, die diese Chlorphenole hergestellt hat:

- Geigy hat Chloranil hergestellt, das auf 2,4-Dichlorphenol bzw. 2,4,6-Trichlorphenol aufbaut (vgl. Kap. 8.2.1).
- Geigy hat Triclosan entwickelt, das auf 2,4-Dichlorphenol basiert (vgl. Kap. 8.2.2).

---

<sup>95</sup> IG DRB: Vertraulich – Stoffliste Deponien Muttenz, S. 64.

<sup>96</sup> Deshalb werden sie auf der Liste Muttenz als Zwischenprodukt und nicht als Ausgangsprodukt bezeichnet (ebenda).

<sup>97</sup> Vgl. UBA-Liste 1, S. 14.

### 8.1.2. Herstellung von 2,4,5-Trichlorphenol bei Roche (UBA-Dioxin-Liste 1)

Ausgangspunkt für den schweren Chemieunfall im italienischen Seveso und den Austritt von hochgiftigem Dioxin bei Icmesa<sup>98</sup> 1976 war eine 2,4,5-Trichlorphenol-Produktion bei Roche in Basel, der die Icmesa gehört hatte. Jörg Sambeth, ehemaliger technischer Direktor bei Givaudan<sup>99</sup>, stellt die Frage, warum das damalige technische Management von Roche trotz „fehlender Erfahrung“ mit der Herstellung von Phenolen und Chlorphenolen „während der Entwicklungsphase des chemischen Prozesses“ der Trichlorphenol-Herstellung „keine Forschung“ und keine Literaturrecherche betrieben hatte, die „diese Namen verdient“ hätten.<sup>100</sup>

Während dieser Entwicklungsphase habe Roche in den späteren 1960er-Jahren in Basel eine 2,4,5-Trichlorphenol-Versuchsproduktion betrieben. Dabei seien etwa 40 Tonnen Trichlorphenol hergestellt worden. Auf Basis des später in Seveso durchgeführten Herstellungsprozesses hochgerechnet, seien während dieser Versuchsproduktion in Basel grob geschätzt 100 g 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin („Seveso-Dioxin“) als Nebenprodukt entstanden, die als Abfall entsorgt worden seien.<sup>101</sup> Sambeth fragt: „Wo ging er hin?“<sup>102</sup> Als in Basel bei Roche die Trichlorphenol-Versuchsproduktion lief, existierte in der Schweiz nur eine legale Chemiemülldeponie: Bonfol. Da Roche zudem damals über die einfache Gesellschaft Basler Chemische Industrie (BCI) an Bonfol beteiligt war (und noch ist), spricht vieles dafür, dass die von Sambeth erwähnten 100 g „Seveso“-Dioxin im Abfall aus der Trichlorphenol-Versuchsproduktion in Bonfol abgelagert worden sind.

---

<sup>98</sup> Icmesa war eine Tochtergesellschaft von Givaudan, die wiederum dem Basler Pharmakonzern Hoffmann-La-Roche gehörte.

<sup>99</sup> Jörg Sambeth hat über seine Erlebnisse einen Tatsachenroman geschrieben. Am Filmfestival Locarno wurde zum ersten Mal Sabine Gisigers Dokumentarfilm „Gambit“ gezeigt. Sambeth kommt in diesem neuen Film zur Katastrophe von Seveso eine wichtige Rolle zu. Der Film wurde mit dem Preis der Kritikerwoche ausgezeichnet (Sambeth Jörg: Zwischenfall in Seveso, Zürich 2004; Gisiger Sabine: Gambit, Dokumentarfilm, dschointventschr-Film, Zürich 2005; Bossang Tobias: Von Gift- und Bauernopfern, in: Basler-Zeitung vom 15.8.2005).

<sup>100</sup> Sambeth Jörg: Facts behind Seveso, in: La Chimica e l'industria Nr. 7, 9.2004, S. 26.

<sup>101</sup> Mail von Jörg Sambeth an den Autor vom 25.8.2005; Sambeth Jörg: Facts behind Seveso, S. 26.

<sup>102</sup> Notizen über das Telefongespräch mit Jörg Sambeth vom 4.11.2004; Mail von Jörg Sambeth an den Autor vom 25.8.2005; Sambeth Jörg: Facts behind Seveso, S. 26.

## 8.2. Verarbeitung von Dichlorphenol und Trichlorphenol

### 8.2.1. p-Chloranil (UBA-Dioxin-Liste 1) und Dioxazine (Geigy, Ciba/Ciba-Geigy, Sandoz)

p-Chloranil diente einerseits vor allem in den USA von 1937–1977 als Fungizid und Saatbeizmittel.<sup>103</sup> Andererseits ist es ein wichtiges Zwischenprodukt in der Farbstoff- und Pigmentchemie, u.a. zur Herstellung von Dioxazinen.<sup>104</sup>

Geigy scheint in den 1950er-Jahren das Chloranil aus 2,4-Dichlorphenol oder 2,4,6-Trichlorphenol<sup>105</sup> selbst hergestellt zu haben, wie aus der Liste Muttenz zu erfahren ist:

- Auf der Liste Muttenz sind die Roh- und Zwischenprodukte aufgeführt, die es zur Herstellung von Chloranil braucht.<sup>106</sup>
- „Chloranil“ selbst findet sich nicht auf der Liste Muttenz, ist aber mit “G 25804 roh” unter der Nummer 1443 erwähnt<sup>107</sup>, wie aus der NIOSH-Datenbank hervorgeht. “G

<sup>103</sup> Gesellschaft Deutscher Chemiker; Beratergremium für Umweltrelevante Altstoffe: Chloranil (2,3,5,6-Tetrachlor-2,5-cyclo-hexadien-1,4-dion) BUA Stoffbericht 85, Weinheim 2.1992, S 1.

<sup>104</sup> Beispiele von mit Chloranil hergestellten Oxazin- und Dioxazin-Farbstoffen und -Pigmenten gemäss Colour Index:  
 DirectBlue 106 (C.I. 51300)  
 DirectBlue 107 (C.I. 51315)  
 DirectBlue 108 (C.I. 51320)  
 DirectBlue 109 (C.I. 51310)  
 DirectBlue 190 (C.I. 51305)  
 DirectViolet 54 (C.I. 51325)  
 Pigment Violet 23 (CI 51319)  
 Beispiele von mit Chloranil hergestellten Arylaminochinon-Farbstoffen gemäss Colour Index:  
 VatBrown 21 (C.I. 56016)  
 VatBrown 24 = VatBrown34 (C.I. 56010)  
 VatBrown 37 (C.I. 56012)  
 VatDye (C.I. 56017)  
 VatDye (C.I. 56045)  
 VatGreen 22 (C.I. 56015)  
 VatGreen 23 (C.I. 56011)  
 (Colour Index, Vol. 4, 3. Ed. 1971. Es handelt sich bei den hier erwähnten Oxazinen und Dioxazinen fast ausschliesslich um Patente der IG Farben, die nach dem Zweiten Weltkrieg von den Amerikanern in den FIAT- und BIOS-Berichten publiziert worden sind.

<sup>105</sup> Fierz-David Hans Edmund, Table VIII, S. 435; Gesellschaft Deutscher Chemiker; Beratergremium für Umweltrelevante Altstoffe: Chloranil, S. 17.

<sup>106</sup> Es handelt sich um Nr. 2439 „Phenol“ und – je nach Verfahren – um Nr. 4693 „p-Chlorphenol“, Nr. 4145 „Dichlorphenol 2,4 roh“ sowie Nr. 3318 „Trichlorphenol 2:4:6“ (IG DRB: Vertraulich – Stoffliste Deponien Muttenz, S. 38, 51, 64, u. 72).

<sup>107</sup> IG DRB: Vertraulich – Stoffliste Deponien Muttenz, S. 22.

25804 roh" entspricht dem Rohprodukt Chloranil, das Geigy auch unter dem Namen "G 444" als Pestizid in den USA vertrieben zu haben scheint.<sup>108</sup>

- 2 der 4 Chemikalien, die in der mehrstufigen Synthese eingesetzt werden, sind auf den UBA-Listen 1+2<sup>109</sup> für Dioxin-haltige bzw. möglicherweise Dioxin-haltige Substanzen erwähnt.

Wie viel Chloranil Geigy in den 1950er-Jahren und 1960er-Jahren hergestellt, welche Menge sie als Pestizid verkauft und welche sie als Zwischenprodukt in der Farbstoff- und Pigmentherstellung<sup>110</sup> eingesetzt hat, ist aus den mir zugänglichen Unterlagen nicht ersichtlich.

Bei der Ciba, so ein ehemaliger Mitarbeiter, sei Chloranil etwa ab Mitte der 1960er-Jahre für die Dioxazin-Pigment- und -Farbstoff-Herstellung wichtig geworden. Ciba habe das Chloranil bei der deutschen Chemiefirma Höchst (heute Clariant) eingekauft. Er schätzt den Verbrauch von Chloranil bei Ciba/Ciba-Geigy Basel und Schweizerhalle auf

- 100 Tonnen pro Jahr von 1965–1969
- 200 Tonnen pro Jahr von 1970–1975<sup>111</sup>

In der für die Chemiemülldeponie Bonfol relevanten Zeit von 1965–1975 hat die Ciba bzw. die Ciba-Geigy also um die 1700 Tonnen Chloranil verarbeitet. Sie hat daraus u.a. im Bau 90<sup>112</sup> des Basler Werkgeländes Klybeck das Markenprodukt "Chromophthal Violet B"<sup>113</sup> hergestellt.<sup>114</sup>

Das aus Di- oder Trichlorphenol hergestellte p-Chloranil war in dieser Zeit stark mit Dioxinen und Furanen belastet, wie Untersuchungen von Chloranil von Höchst und aus

---

<sup>108</sup> National Institute for Occupational Safety and Health (Niosh), Washington, DC, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS), Chloranil: <http://www.cdc.gov/niosh/rtecs/dk682428.html#L>.

<sup>109</sup> Vgl. UBA-Liste 1, S. 14 und UBA-Liste 2, S. 17.

<sup>110</sup> Auch Geigy produzierte Dioxazin-Pigmente: Sie habe Eigenentwicklungen im Dioxazin-Gebiet ausgebaut, heisst es 1980 im Ciba-Geigy-Magazin (Organische und anorganische Pigmente, in: Ciba-Geigy-Magazin Nr. 4, 1980, S. 12.

<sup>111</sup> Notizen über das Gespräch vom 14.3.05 mit Mitarbeiter A, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>112</sup> Handnotiz auf einer Kopie des Dokuments: Ciba-Geigy AG: Dioxazine, Ciba-Geigy-internes Papier, undatiert, ca. 1979.

<sup>113</sup> Erwähnt sind auch Irgazin Violet BLT, Irgazin Violet 6 RLT und verschiedene Mikrolith Violet.

<sup>114</sup> Mit einem Strich zum Chloranil ist zudem handschriftlich „Hoe“ für Höchst als Lieferant vermerkt (Ciba-Geigy AG: Pigment Violet 732, N5240, Kopie einer Karteikarte aus der firmeninternen Verfahrens-Kartei der Ciba-Geigy, datiert mit 21.12.1973 und 7.1977).

PCDD/PCDF (in g)	TEF-Int	Höchst Chloranil 1*	Höchst Chloranil 1 TEQ-Int*	Höchst Chloranil 2	Höchst Chloranil 2 TEQ-Int
2,3,7,8-TetraCDD	1				
1,2,3,7,8-PentaCDD	0.5			3.06	1.53
1,2,3,4,7,8-HexaCDD	0.1				
1,2,3,7,8,9-HexaCDD	0.1				
1,2,3,6,7,8-HexaCDD	0.1			5.44	0.54
OctaCDD	0.001	425000	425	306000	306
2,3,7,8-TetraCDF	0.1				
1,2,3,7,8-PentaCDF	0.05				
2,3,4,7,8-PentaCDF	0.5				
1,2,3,4,7,8-HexaCDF	0.1				
1,2,3,7,8,9-HexaCDF	0.1				
1,2,3,6,7,8-HexaCDF	0.1			1.53	0.16
2,3,4,6,7,8-HexaCDF	0.1				
1,2,3,4,6,7,8-Hepta-CDF	0.01				
1,2,3,4,7,8,9-Hepta-CDF	0.01				
OctaCDF	0.001	68000	68	110500	110.5
<b>Total TEQ-Int (g, gerundet)</b>			<b>493</b>		<b>419</b>

Tetra-CDD				0.17
Hepta-CDD				408
OctaCDD		425000		306000
<b>Summe PCDD (g, gerundet)</b>		<b>425000</b>		<b>306400</b>
Penta-CDF				20.4
Hexa-CDF				23.8
Hepta-CDF				765
OctaCDF		68000		110500
<b>Summe PCDF (g, gerundet)</b>		<b>68000</b>		<b>111300</b>

\*Nur Angaben zu Octa-CDD/CDF. Andere fehlen. Es handelt sich deshalb nur um eine Teilsumme.

**Tabelle 3: Analyse Chloranil von Höchst: Dioxin- und Furan-Gehalt auf den geschätzten Verbrauch der Ciba bzw. der Ciba-Geigy von 1'700'000 kg in den Jahren 1965-1975 hochgerechnet.**<sup>115</sup>

<sup>115</sup> Auf 1'700'000 kg Chloranil-Verbrauch hochgerechnet auf Basis der Analysen von Höchst: Gesellschaft Deutscher Chemiker; Beratergremium für Umweltrelevante Altstoffe: Chloranil, S. 2–4. Für die Probe Chloranil Höchst 1 wurden weitere PCDD/PCDF nicht aufgelistet. Die Summe der PCDD, PCDF und die Summe TEQ sind deshalb als Minimalwerte zu betrachten.

PCDD/PCDF (in g)	TEF-Int	Chloranil A	Chloranil A TEQ-Int	Chloranil B	Chloranil B TEQ-Int	Chloranil C	Chloranil C TEQ-Int	Chloranil D	Chloranil D TEQ-Int
2,3,7,8-TetraCDD	1								
1,2,3,7,8-PentaCDD	0.5								
1,2,3,4,7,8-HexaCDD	0.1								
1,2,3,7,8,9-HexaCDD	0.1			81.6	8.16			15.3	1.53
1,2,3,6,7,8-HexaCDD	0.1			127.5	12.75			10.2	1.02
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	186.98	1.87	13940	139.4	663	6.63	3910	39.1
OctaCDD	0.001	408000	408	306000	306	1292000	1292	120700	120.7
2,3,7,8-TetraCDF	0.1								
1,2,3,7,8-PentaCDF	0.05								
2,3,4,7,8-PentaCDF	0.5								
1,2,3,4,7,8-HexaCDF	0.1	59.5	5.92					9520	952
1,2,3,7,8,9-HexaCDF	0.1	10.2	1.02						
1,2,3,6,7,8-HexaCDF	0.1								
2,3,4,6,7,8-HexaCDF	0.1								
1,2,3,4,6,7,8-Hepta-CDF	0.01	56.1	0.56	408000	4080	61	0.61	391000	3910
1,2,3,4,7,8,9-Hepta-CDF	0.01								
OctaCDF	0.001	30600	30.6	340000	340	85000	85	187000	187
<b>TEQ-Int Total (gerundet)</b>			<b>448</b>		<b>4886</b>		<b>1384</b>		<b>5211</b>

TCDD							
PeCDD							
HexaCDD				374			25.5
HpCDD		323		16490		1224	11900
OctaCDD		408000		306000		1292000	120700
<b>Summe PCDD (gerundet)</b>		<b>408300</b>		<b>322900</b>		<b>1293200</b>	<b>132600</b>
TetraCDF							
PeCDF							
HexaCDF		124.28		124100			323000
Hepta-CDF		476		1224000		204	782000
OctaCDF		30600		340000		85000	187000
<b>Summe PCDF (gerundet)</b>		<b>31200</b>		<b>1688100</b>		<b>85200</b>	<b>1292000</b>

**Tabelle 4: Analyse von 4 Proben Chloranil: Dioxin- und Furan-Gehalt hochgerechnet auf den geschätzten Verbrauch der Ciba bzw. der Ciba-Geigy von 1'700'000 Kilogramm in den Jahren 1965–1975.<sup>116</sup>**

<sup>116</sup> Auf 1'700'000 kg Chloranil-Verbrauch hochgerechnet auf Basis der Analysen von: Remmers J. et al.: Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxin and Dibenzofuran Contamination in Chloranil, S. 1507.

den USA zeigen.<sup>117</sup> Bei der Herstellung von Chloranil scheinen keine festen Abfälle anzufallen.<sup>118</sup> Doch bei der Weiterverarbeitung des Chloranils z.B. zu "Chromophtal Violet B" von Ciba bzw. Ciba-Geigy wird im letzten Syntheseschritt 1,2-Dichlorbenzol<sup>119</sup> zugegeben und das Ganze auf 175–180 Grad erhitzt.<sup>120</sup> Dieses Aufheizen begünstigt die Entstehung von zusätzlichen, neuen Dioxinen und Furanen (vgl. Kap. 5).

Ein kleiner Teil der mit dem Chloranil eingeschleppten sowie während der Farbstoffsynthese neu entstandenen Dioxine und Furane verbleibt im Pigment, das verkauft wird.<sup>121</sup> Der grösste Teil der Dioxine und Furane aber ist im Dichlorbenzol gelöst. Bei der Reinigung des Lösungsmittels mittels Destillation gelangen sie in den Destillationsrückstand, der als Abfall deponiert wird.<sup>122</sup>

Um eine Grössenordnung zu erhalten, welche Mengen Dioxine und Furane über den Eintrag durch das verunreinigte Chloranil in die Destillationsrückstände aus der Dioxazin-Pigment- und -Farbstoffherstellung gelangt sind<sup>123</sup>, wurde die geschätzte Menge Chloranil, die Ciba/Ciba-Geigy von 1965–1975 verbraucht hat, mit den Dioxin- und Furan-Analysen von Chloranil aus der Literatur hochgerechnet (vgl. Tab. 3, S. 38 und Tab. 4 S. 39).

Gemäss diesen groben Hochrechnungen wurden mit den Destillationsabfällen aus der Chloranilverarbeitung von 1965–1975 folgende durchschnittliche Dioxin- und Furanmengen abgelagert:

- ca. 480 kg Polychlorierte-dibenzodioxine (PCDD)
- ca. 550 kg Polychlorierte-dibenzofurane (PCDF)
- ca. 2.1 kg 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin-TEQ-Int

---

<sup>117</sup> Gesellschaft Deutscher Chemiker; Beratergremium für Umweltrelevante Altstoffe: Chloranil, S. 2–4; Remmers J. et al.: Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxin and Dibenzofuran Contamination in Chloranil and Carbazole Violet, in: Chemosphere, Vol.25, Nr. 7–10, 1992, S. 1507.

<sup>118</sup> Gesellschaft Deutscher Chemiker; Beratergremium für Umweltrelevante Altstoffe: Chloranil, S. 28.

<sup>119</sup> Vgl. Kap. 8.3.1.

<sup>120</sup> S. Anm. 114.

<sup>121</sup> Vgl. zur Dioxin- und Furan-Belastung von Dioxazin-Pigmenten und -Farbstoffen: Williams David T. et al.: Polychlorodibenzodioxins and Polychlorodibenzofurans in Dioxazine Dyes and Pigments, Chemosphere, Vol. 24, Nr. 2, 1992, S. 173f.

<sup>122</sup> S. Anm. 118.

<sup>123</sup> Es wurde von der Annahme ausgegangen, dass alle Dioxine und Furane aus dem Chloranil in die Destillationsabfälle gelangen. Eine allfällige Neubildung von Dioxinen und Furanen während der Pigment- bzw. Farbstoffherstellung wurde nicht berücksichtigt.



Da gemäss Literaturangaben pro 1000 kg verarbeitetes Chloranil rund 625 kg<sup>124</sup> Destillationsabfälle anfallen, lässt sich die Grössenordnung der Dioxin- und Furankonzentration pro Kilogramm Destillationsabfälle aus der Chloranil-Verarbeitung ableiten:

- ca. 450 mg/kg PCDD
- ca. 510 mg/kg PCDF
- ca. 2 mg/kg 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin-TEQ-Int.<sup>125</sup>

Angesichts dieser Konzentrationswerte muss einmal mehr darauf hingewiesen werden, dass es sich bei diesen Angaben nicht um mehr als eine ungefähre Annäherung handelt.

Doch selbst wenn die Werte um einen Faktor 100 tiefer liegen würden, bleiben sie bei den PCDD/PCDF-Summen im Milligramm- und bei den TEQ im Mikrogramm-Bereich pro Kilogramm Destillationsabfall aus der Chloranil-Verarbeitung, was noch immer einer relativ hohen Dioxin- und Furan-Belastung entspricht. Im Chemieabfall einer Deponie ist also mit lokal relativ hohen Dioxin- und Furan-Konzentrationen zu rechnen, z.B. in Chargen mit Destillationsabfällen.

Nicht nur Ciba hat Chloranil zu Dioxazin-Pigmenten und -Farbstoffen verarbeitet. Gleiches tat Sandoz. So basierte z.B. „Sandorin violet“ darauf: „Diese Synthese lief mit Chloranil. Ich habe die Vorstufe davon gemacht. Das wurde in Basel stillgelegt, als die Pigment-Fabrik in Hüningen aufging“, erinnert sich ein ehemaliger Mitarbeiter.<sup>126</sup> Wann Sandoz die Dioxazin-Produktion in Basel aufgenommen hat, ist aus den mir zugänglichen Unterlagen nicht bekannt.

Ob Sandoz in den 1950er- oder 1960er-Jahren Chloranil hergestellt hat und/oder es zugekauft sowie in welchen Mengen sie es verbraucht hat, ist offen. 1978 auf jeden Fall bezieht sie es von Höchst und verarbeitet das p-Chloranil in der damals neuen Pigment-Fabrik in Huningue (F), wenige 100 m von ihrem Basler Hauptsitz entfernt, zu Dioxazinen. Die Synthese wird – wie bei Ciba/Ciba-Geigy – in Dichlorbenzol durchgeführt und zudem alkalisch gestellt<sup>127</sup>, was die Bildung neuer Dioxine und

---

<sup>124</sup> S. Anm. 118. Demnach hat Ciba/Ciba-Geigy von 1965–1975 in der Grössenordnung von 800–900 Tonnen Destillationsabfälle aus der Chloranil-Verarbeitung bei der Dioxazin-Farbstoff- und Pigmentherstellung auf Deponie abgelagert.

<sup>125</sup> Der durchschnittliche Gehalt an 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin („Seveso-Dioxin“) in den Seveso-Fässern, die 1985 in Basel verbrannt worden sind, lag bei 140-480 mg/kg (Verbrennung dioxinhaltiger Abfälle aus Seveso, Schlussbericht der Expertenkommission, S. 23).

<sup>126</sup> Notizen über das Gespräch vom 15.7.2005 mit Mitarbeiter G, der bei Sandoz tätig war.

<sup>127</sup> Kerner Imre/Maissen Toya: Die kalkulierte Verantwortungslosigkeit, S. 118.

Furane begünstigt (vgl. Kap. 5). Wo Sandoz die in Huningue anfallenden Destillations-Rückstände entsorgt hat, ist mir nicht bekannt.

**Fazit:**

**Durch eine grobe Hochrechnung der Dioxin- und Furanmengen, die bei der Verarbeitung von gemäss Literatur stark verunreinigtem Chloranil zu Dioxazin-Farbstoffen und -Pigmenten angefallen sind, zeigt sich, dass allein bei Ciba/Ciba-Geigy 2,4,7,8-Tetrachlordibenzodioxin-Toxizitätsäquivalente (2,4,7,8-TCDD-TEQ-Int) im Bereich von Kilogramm entstanden sind. Die Gesamtsumme der bei der Chloranil-Verarbeitung als Nebenprodukt angefallenen Polychlorierten Dibenzodioxine und -Furane (PCDD/PCDF) liegt in einer Grössenordnung von 100 kg bis mehrere 100 kg, die von 1965–1975 wohl grösstenteils in Form von Destillationsabfällen in Bonfol abgelagert worden sind. In den Destillationsabfällen sind Konzentrationen von PCDD/PCDF im Milligramm- bis mehrere 100 mg-Bereich und bei den TEQ-Int. Konzentrationen vom Mikro- bis Milligramm-Bereich pro Kilogramm Destillationsabfälle aus der Chloranil-Verarbeitung zu erwarten. Auch Sandoz und Geigy haben Chloranil verwendet bzw. zu Dioxazin-Pigmenten und -Farbstoffen verarbeitet. In Bonfol sind deshalb auch Abfälle aus der Sandoz- und Geigy-Chloranil-Verarbeitung zu erwarten. Welche Mengen Destillationsrückstände von Geigy und Sandoz in Bonfol abgelagert worden sind, ist aufgrund der vorhandenen Unterlagen nicht beurteilbar.**

### 8.2.2. Triclosan (Irgasan 300 DP, Geigy/Ciba-Geigy)

Triclosan ist ein Antimikrobicum. Es wird heute u.a. in Kosmetika (Zahnpasta<sup>128</sup>, Deodorants, Pickelpflaster usw.)<sup>129</sup> sowie z.B. in Geschirrspülmittel<sup>130</sup> zugegeben. Triclosan findet sich in der Muttermilch genauso wie in Oberflächengewässern.<sup>131</sup>

Ciba SC verkauft Triclosan unter dem Markennamen Irgasan DP 300. Das Produkt wurde lange Zeit als ihr „Flaggschiff in der Sparte Personal Care bezeichnet“.<sup>132</sup>

<sup>128</sup> In der Schweiz findet sich Triclosan z.B. in der Zahnpasta „Colgate Total Langzeitwirkung“, in „Signal sensitiv extra“ sowie in „Mentadent C sensitive extra“.

<sup>129</sup> Glaser Aviva: The Ubiquitous Triclosan, in: Pesticides and You, Vol. 24, Nr. 3, 2004, S. 13 u. S. 16.

<sup>130</sup> Beim Abwaschen reagiert das im Geschirrspülmittel enthaltene Triclosan mit dem Chlor, das dem Wasser als Desinfektionsmittel zugegeben wird. Dabei entstehen „signifikante Mengen von Chloroform“ (Betty Lellyn: Chlorine and antimicrobials cause concern, in: Environmental Science & Technology, American Chemical Society, 1.5.2005, S. 188f).

<sup>131</sup> In Zürich wurden 2002 in 7 von 40 Muttermilchproben Triclosan-Konzentrationen bezüglich Fett von 0.09–0.58 mg/kg gefunden (Kantonales Laboratorium Zürich an [stillende Mutter]: Untersuchungen von Muttermilchproben auf Rückstände, Schreiben vom 10.12.2003, S. 2 u. Anhang Rückstände in Muttermilch 2002, Triclosan bez. Fett, S. 1; Lindstroem A. et al.: Occurrence and environmental behavior of the bactericide triclosan and its methyl derivative surface waters and in wastewater, in: Environmental Science and Technologie Nr. 36, 2002, S. 2322–2329).

Geigy nahm die Triclosan-Produktion spätestens 1966 in ihrem Basler Werk Rosental<sup>133</sup> auf.<sup>134</sup> Geigy bzw. Ciba-Geigy verlegte sie um 1970 in das Werk Schweizerhalle, von wo sie Ende der 1970er-Jahre nach Grimsby, einem englischen Werk von Ciba-Geigy, verschoben worden ist.<sup>135</sup> Heute produzieren auch chinesische und indische Chemiefirmen Triclosan.<sup>136</sup>

Bis in die 1990er-Jahre wurde Triclosan nach demselben Verfahren hergestellt<sup>137</sup>: Bei der Produktion fallen ca. 55–60% Produkt und 40–45% Abfall an.<sup>138</sup>

Triclosan wird in einer vierstufigen Synthese zubereitet. Als Ausgangsstoffe dienen 1,4-Dichlor-2-nitrobenzol und das auf der UBA-Liste 1 für Dioxin-haltige Substanzen erwähnte 2,4-Dichlorphenol (vgl. UBA-Liste 1, S. 14).<sup>139</sup>

Triclosan ist ein polychlorierter Diphenyläther. Polychlorierte Diphenyläther, die auf der Liste Muttenz<sup>140</sup> 23 Mal erwähnt werden<sup>141</sup>, sind oft mit Dioxinen und Furanen

<sup>132</sup> Anonymus: The personal touch, in: European Chemical News, 24.–30.4.2000, S. 34.

<sup>133</sup> Notizen über die Gespräche vom 10.11.2004 u. 13.3.2005 mit Mitarbeiter A, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>134</sup> Geigy schreibt, es sei 1966 zum 1. Mal Wäsche in der Basler Zentralwäscherei mit Irgasan DP 300 behandelt worden. Da Geigy im Jahre 1965 bei der US-Food and Drug Administration (FDA) Daten zur Toxikologie von Triclosan einreicht, kann davon ausgegangen werden, dass Triclosan in Europa schon früher hergestellt und verkauft worden ist (Irgasan DP in der Zentralwäscherei Basel, in: Werkzeugzeitung Geigy, Hauszeitschrift der J.R. Geigy AG, Basel, Nr. 1/70, Frühling 1970, S. 26; FDA-Homepage: <http://www.fda.gov/cder/dmf/text/2Q2005ACTIVETYPE5TEXT.txt>).

<sup>135</sup> S. Anm. 133; Notizen über das Gespräch vom 5.7.2005 und das Telefongespräch vom 23.8.2005 mit Mitarbeiter H, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>136</sup> So etwa Rohit Plastics and Chemicals in Mumbai, Indien sowie der chinesische Hersteller Medihealth Company Ltd (<http://business.vsnl.com/rpc/profile.htm>, <http://business.vsnl.com/rpc/triclosan.htm> sowie [http://www.xapharma.com/images/index\\_top\\_1.jpg](http://www.xapharma.com/images/index_top_1.jpg)).

<sup>137</sup> Mc Court Joy: Triclosan, Written assignment for CHEM 3070 3.0 ("Industrial Chemistry and the Environment"), Winter 2004 York University, Toronto, ON, Canada, S. 5 (<http://ca.geocities.com/dreamerblue@rogers.com/research.htm> bzw. <http://ca.geocities.com/dreamerblue@rogers.com/triclosan.pdf>).

<sup>138</sup> Notizen über die Gespräche vom 10.11.2004 u. 13.3.2005 mit Mitarbeiter A, der bei Ciba-Geigy tätig war; Notizen über das Gespräch vom 5.7.2005 und das Telefongespräch vom 23.8.2005 mit Mitarbeiter H, der bei Ciba-Geigy tätig war; Notizen über das Gespräch vom 5.5.2005 mit Mitarbeiter I, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>139</sup> Ciba-Geigy AG: Irgasan DP 300, Kopie einer Ciba-Geigy-internen Verfahrensdarstellung zur Herstellung von Triclosan, undatiert, ca. 1990.

<sup>140</sup> Vgl. zur Liste Muttenz Kap. 7.1.2.3.

<sup>141</sup> Es handelt sich um folgende 23 polychlorierte Diphenyläther, die auf der Liste Muttenz erwähnt sind:  
 Nr. 3516 2-Amino-2',4'-Dichlor-Diphenylether  
 Nr. 3518 2-Amino-4-chlor-1'1'-diphenyläther-4-carbonsäureäthylester chlorhydrat  
 Nr. 3519 2-Amino-4-chlor-4'-tertiäramyl-diphenyläther  
 Nr. 3560 4,2-Dichlor-2-amidodiphenylätherchlorhydrat  
 Nr. 3576 4'4'-Dichlor-2-amidodiphenylätherchlorhydrat  
 Nr. 3581 4-Amino-4'chlordiphenyläther  
 Nr. 3594 4-Chlor-2-amidodiphenyläther  
 Nr. 3631 4-Nitro-4'chlordiphenyläther  
 Nr. 4099 Dichloaminodiphenyläther 4,4',2 dest  
 Nr. 4100 Dichloaminodiphenyläther 4,4',2 roh  
 Nr. 4101 Dichloaminodiphenyläthersulfonsäure-  
 Nr. 4102 Dichlonitrodiphenyläther 4,4',2

verunreinigt.<sup>142</sup> Wie bei der Herstellung der meisten polychlorierten Diphenyläther sind auch bei der Herstellung von Triclosan in Basel und Schweizerhalle Dioxine und Furane entstanden. Diese können sich einerseits im Triclosan bzw. z.B. im Deodorant finden, dem Triclosan zugegeben wird.<sup>143</sup> Der grösste Teil der während der Triclosan-Synthese als Nebenprodukte und Verunreinigungen anfallenden Dioxine und Furane landen aber im Abfall, u.a. im so genannten Furan-Sand und in Destillationsrückständen, wie eine Ciba-interne Analyse von 1993 zeigt.<sup>144</sup> Diese Analyse allerdings ist mit Vorbehalten zu betrachten: Die Wiederfindung des internen Standards beträgt nur 10%, was nicht für die Qualität der Analyse spricht, wie Ciba-Geigy selber feststellt.<sup>145</sup> Zudem fehlen bei dieser Triclosan-Abfall-Analyse Summenangaben zu den Tetrachlor-, Pentachlor-, Hexachlor und Hepachlordibenzodioxinen und -Furanen.<sup>146</sup> Auch nicht ausgewiesen sind die niedrig chlorierten Dioxine und Furane, wie z.B. 2,8-Dichlordibenzodioxin und -Furan sowie 2,4,8-Trichlordibenzofurane und 1,3,7-Trichlordibenzodioxin, die in Proben des Markenprodukts Irgasan DP 300, dem Triclosan von Ciba-Geigy, gefunden worden

- 
- Nr. 4104 Dichloraminodiphenyläther 2'4',2 dest
  - Nr. 4105 Dichloraminodiphenyläther 2'4',2 roh
  - Nr. 4106 Dichloraminodiphenyläther 4:4:2 roh
  - Nr. 4107 Dichloraminodiphenyläther roh 2:4:2
  - Nr. 4108 Dichloraminodiphenyläthersulfosäure 4:4:2:2
  - Nr. 4109 Dichloraminodiphenyläthosulfon 4,4,2,2 Na-
  - Nr. 4138 Dichlornitrodiphenyläther 2:4:2 roh
  - Nr. 4139 Dichlornitrodiphenyläther 4,4,2
  - Nr. 4140 Dichlornitrodiphenyläther 4:4:2
  - Nr. 4141 Dichlornitrodiphenyläthersulfosäure 4:4:2:2
  - Nr. 4876 Trichloraminodiphenyläther 4,3',4,2 roh
  - Nr. 4877 Trichloraminodiphenyläthersulfosäure 4,3',4,2,6
  - Nr. 4881 Trichlornitrodiphenyläther 4,4'3,2

Welche Mengen dieser polychlorierten Diphenyläther hergestellt wurden, ist aus der Liste Muttenz nicht ersichtlich. Welche Mengen feste Abfälle bei ihrer Synthese angefallen sind und wie stark sie mit Dioxinen und Furanen belastet sind, ist unklar (IG DRB: Vertraulich – Stoffliste Deponien Muttenz, S. 54–56, 63 u. 75).

- <sup>142</sup> Menoutis James/Parisi Angela I.: Triclosan and its Impurities, Technology Review series, Quantex Laboratories, New Jersey, USA, undatiert (<http://www.quantexlabs.com/About%20Triclosan/ABOUT%20TRICLOSAN.HTM>).
- <sup>143</sup> So hat z.B. Öko-Test in Triclosan 4,5 mg/kg 2,8-Dichlorodibenzodioxin gefunden. In einem Deodorant, das Triclosan enthält, fand Öko-Test 50 ng/kg dieses Dioxins. Wer das Triclosan hergestellt hat, das Öko-Test analysiert hat, ist unbekannt. In 3 Analysen des Ciba-Geigy-Triclosans mit dem Markennamen Irgasan DP 300 wurden 1989 ebenfalls 2,8-Dichlorodibenzodioxin gefunden. Hinzu kamen 2,8-Dichlorodibenzofuran sowie weiter Dichlorodibenzofurane, 2,4,8-Trichlordibenzofuran sowie 1,3,7-Trichlordibenzodioxin (Öko-Test: Kosmetik Teil 2, Sonderheft 27, 1999; Öko-Test: Mail von Anette Elnain an den Autor betr. Sonderheft 27 vom 1.10.2004; Beck H. et al.: Determination of PCDDs and PCDFs in Irgasan DP 300, in: Chemosphere Volume 19, Issues 1–6, 1989, S. 169).
- <sup>144</sup> Ciba-Geigy-Forschungsdienste, Zentrale Analytik: Confidential: Determination of Polychlorinated Dibenzodioxins (PCDD's) and Dibenzofurans (PCDF's) in Furan Sand and PCE residues, Ciba-Geigy-interne Dokument vom 14.4.1993.
- <sup>145</sup> Ebenda.
- <sup>146</sup> Diese Angaben sollten gemäss Oehme gemacht werden, weil ansonsten zu viel quellspezifische Information verloren geht (vgl. Anm. 14). Da diese Angaben beim vorliegenden Analysebericht fehlen, ist dies der Fall.

sind.<sup>147</sup> Dies ist erstaunlich, weil Ciba-Geigy die bei der Abfall-Analyse vermissten Dichlorodibenzofurane in ihrem Triclosan sucht, wie aus den firmeneigenen Qualitätsvorschriften für das Ciba-Geigy-Produkt hervorgeht.<sup>148</sup> „Diese Di- und Trichlordibenzodioxine und -Furane machen den grössten Teil des so genannten Furan-Sands aus“, sagt ein ehemaliger Mitarbeiter, der mit der Triclosan-Produktion zu tun hatte: „Auch wenn diese Dioxine und Furane als verhältnismässig harmlos gelten, sollte man sie nicht einfach weglassen.“ Auch mit der restlichen Analyse ist er nicht

PCDD/PCDF (g)	TEF-Int	PCE-Rückstand	Furan-Sand	PCE+Furan-S.	TEQ-Int	PCDD* (gerundet)	PCDF* (gerundet)
2,3,7,8-TetraCDD	1	0.0068	6.368	6.3748	6.374		
1,2,3,7,8-PentaCDD	0.5	0.134	11.632	11.766	5.883		
1,2,3,4,7,8-HexaCDD	0.1	0.012	2.412	2.424	0.242		
1,2,3,7,8,9-HexaCDD	0.1	0.0057	0.87	0.8757	0.087		
1,2,3,6,7,8-HexaCDD	0.1	0.0012	2.144	2.1452	0.214		
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD	0.01	0.0146	6.992	7.0066	0.07		
OctaCDD	0.001	0.356	1.578	<u>1.934</u>	0.002	<b>33</b>	
2,3,7,8-TetraCDF	0.1	2.96	158.88	161.84	16.184		
1,2,3,7,8-PentaCDF	0.05	0.0077	0.066	0.0737	0.037		
2,3,4,7,8-PentaCDF	0.5	0.497	2.84	3.337	1.668		
1,2,3,4,7,8-HexaCDF	0.1	0.0814	120	120.0814	12.008		
1,2,3,7,8,9-HexaCDF	0.1	0.0037	19.2	19.2037	1.92		
1,2,3,6,7,8-HexaCDF	0.1	0.0389	80	80.0389	8.003		
2,3,4,6,7,8-HexaCDF	0.1	0.0293	672	672.0293	67.202		
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF	0.01	0.0245	88	88.0245	0.882		
1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF	0.01	0.033	1040	1040.03	10.4		
OctaCDF	0.001	0.026	1.578	1.604	<u>0.002</u>		<b>2186</b>
<b>Tox Equivalent zu 2,3,7,8-TetraCDD (gerundet)</b>					<b>131</b>		

\*Bei dieser Analyse sind keine Summen der Tetra-, Penta-, Hexa-, Hepta- und Octa-CDD/CDF angegeben. Es handelt sich deshalb um eine (relativ kleine) Teilsumme.<sup>149</sup>

**Tabelle 5: Analyse von 1 Probe Triclosan: Dioxin- und Furan-Gehalt hochgerechnet auf die geschätzte Triclosan-Produktion der Geigy/Ciba-Geigy von 1'600'000 kg in den Jahren 1966–1975.**<sup>150</sup>

<sup>147</sup> S. Anm. 143. Rechnet man die durchschnittliche Belastung des Ciba-Geigy-Triclosans auf die geschätzte Gesamtproduktion von 1600 t in der Zeit von 1966–1975 hoch, so hat Ciba-Geigy mit dem Produkt Triclosan auch rund 250 Gramm Di- und Trichlordibenzodioxine- und Furane verkauft. Die durchschnittliche Belastung des Abfalls aus der Triclosan-Produktion aber dürfte viel höher gewesen sein.

<sup>148</sup> Ciba-Geigy Ltd Basle, Chemicals Division: Quality Information Chemicals, Product Name: Irgasan DP 300, Ident.-No. 030249.0, Edition vom 14.12.1993, S. 1.

<sup>149</sup> Die Werte der zugrunde liegenden Analysresultate sind als Mindestmenge zu betrachten. Warum s. S. 44.

zufrieden: In Toxizitätsäquivalenten für das 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin ausgedrückt sei die Dioxin- und Furan-Konzentration im Triclosan-Abfall aufgrund seiner Erfahrungen rund 10-mal höher als in der Analyse von 1993 ausgewiesen.<sup>151</sup>

Von 1971 bis 1975 seien in Schweizerhalle mindestens 200–300 t Triclosan pro Jahr hergestellt worden, sagt ein weiterer ehemaliger Ciba-Geigy-Angestellter: „Die Anlage für eine Vorstufe von Triclosan lief jeden Tag.“<sup>152</sup>

Geht man davon aus, dass die Triclosan-Produktion bei Geigy 1966 aufgenommen wurde, bis 1971 kontinuierlich auf 200 t pro Jahr angestiegen und bis 1975 konstant geblieben ist, so hat Geigy/Ciba-Geigy in der für die Chemiemülldeponie Bonfol relevanten Zeit geschätzte 1600 t Triclosan hergestellt. Dabei fiel in etwa gleich viel Abfall der Kategorie „Furan-Sand“ wie Triclosan an. Die Abfälle aus der Vacuum-Destillation machen in etwa 15% des hergestellten Triclosans aus.<sup>153</sup>

Rechnet man diese Abfall-Zahlen auf die geschätzte Gesamtmenge von Triclosan um, die Geigy/Ciba-Geigy in der für die Deponie Bonfol relevanten Zeit von 1966–1975 hergestellt hat, lässt sich grob abschätzen, welche Mindestmenge Dioxine und Furane, ausgedrückt in Toxizitätsäquivalenten zu 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin – aus der Triclosan-Produktion auf Deponie abgelagert worden sind (vgl. Tab 5, S. 45). Die resultierende Summe der Polychlorierten Dibenzodioxine und -Furane (PCDD/PCDF) aber lässt sich nur sehr bedingt als Grössenordnung verwenden, weil die gemäss Analysebericht durchgeführten Untersuchungen die tatsächliche Dioxin- und Furanbelastung des Triclosan-Abfalls nur unzureichend erfasst haben.<sup>154</sup>

Gemäss Tabelle 5 (vgl. S. 45) ist von einer Mindestmenge von über 100 g Toxizitätsäquivalent 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin (TEQ-Int) aus der Triclosan-Produktion von Geigy/Ciba-Geigy auszugehen. Berücksichtigt man die Vorbehalte gegenüber den Analyseergebnissen<sup>155</sup>, so ist in der Deponie Bonfol eher mit einer Menge TEQ-Int aus dem Triclosan-Abfall im Bereich von 100 g bis 1000 g zu rechnen.

Die Summe der polychlorierten Dibenzodioxine und -Furane (PCDD/PCDF) beträgt gemäss Tabelle 5 gut 2 kg. Unter Berücksichtigung der Kritik an den durch die Analytik

---

<sup>150</sup> Analytische Basis der Hochrechnung vgl. Anm. 144.

<sup>151</sup> Notizen über das Gespräch vom 14.3.05 und über das Telefongespräch vom 23.8.05 mit Mitarbeiter A, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>152</sup> Notizen über das Gespräch vom 16.8.2005 und das Telefongespräch vom 23.8.2005 mit Mitarbeiter H, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>153</sup> Es fallen noch weitere Abfälle an. Diese wurden nicht berücksichtigt.

<sup>154</sup> Vgl. S. 44.

<sup>155</sup> Vgl. S. 44.

erfassten PCDD/PCDF aber kann davon ausgegangen werden, dass in Bonfol mit PCDD/PCDF aus dem Abfall der Triclosan-Produktion zumindest im x-mal 10 kg-Bereich, wenn nicht gar im x-mal 100 kg-Bereich zu rechnen ist.

**Fazit:**

**Durch die Herstellung von Triclosan durch Geigy/Ciba-Geigy von 1966–1975 ist in Bonfol mit einer Menge von 100–1000 g 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin TEQ-Int zu rechnen. Da Ciba-Geigy bei der vorliegenden Analyse die Gesamtmenge der Polychlorierten Dibenzodioxine und -Furane (PCDD/PCDF) nur sehr unzureichend erfasst hat, ist davon auszugehen, dass sich die Menge der PCDD/PCDF aus derselben Produktion in Bonfol im Bereich von mehreren 10 kg bis mehreren 100 kg bewegen dürfte. Polychlorierte Diphenyläther wie Triclosan werden auf der Liste Muttenz 23-mal erwähnt. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei der Herstellung und Verarbeitung dieser 23 polychlorierten Diphenyläther ebenfalls Dioxin- und Furan-verunreinigte Abfälle entstanden sind, die auf Deponien abgelagert wurden, wie das im folgenden Kapitel behandelte Beispiel von Mitin LA zeigt.**

### 8.2.3. Mitin LA (Trichlorphenol, Ciba-Geigy)

„Mitin LA war ein Kassenrenner, weil es ein sehr gutes Mottenschutzmittel für Teppiche war“, erinnert sich ein ehemaliger Mitarbeiter.<sup>156</sup> Mitin LA ist ein polychlorierter Diphenyläther<sup>157</sup>, wie sie auf der Liste Muttenz 23-mal erwähnt sind.<sup>158</sup> „Mitin LA wurde in einer 9-stufigen Synthese hergestellt. Wir haben dafür 2,4,5-Trichlorphenol verwendet, also das Gleiche, wie in Seveso. Vor dem Unfall von Seveso hat die Ciba-Geigy-Analytik nichts gefunden.<sup>159</sup> Nach dem Seveso-Unfall fanden sie im Mitin LA 200 microg/kg 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin (2,3,7,8-TCDD). Das ist eine riesige Menge. Ich kann mich so gut an die Konzentration erinnern, weil ich erschrocken bin, als ich dieselbe Verbindung plötzlich in einem Analysebericht in meiner Firma sah, die

<sup>156</sup> Notizen über das Gespräch vom 7.6.2005 mit Mitarbeiter K, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>157</sup> Mail von Qinguo Fan, Associate Professor, Dept. of Materials & Textiles, University of Massachusetts Dartmouth betr. Mitin LA vom 8.8.2005 an den Autor. Der entsprechende Hinweis zu Mitin LA ist unter [http://www.tesumassd.org/courses/tec509/notes\\_Oct12.pdf](http://www.tesumassd.org/courses/tec509/notes_Oct12.pdf) zu finden.

<sup>158</sup> Vgl. Anm. 141.

<sup>159</sup> Die Dioxin- und Furananalytik war damals noch in den Kinderschuhen: „Das war eine Sensation, dass unsere Analytische Abteilung microg/kg analysieren konnte“, erinnert sich ein Mitarbeiter (s. Anm. 156).

ich 1976 im Zusammenhang mit dem Unfall von Seveso in der Zeitung gesehen hatte“, sagt der ehemalige Mitarbeiter.<sup>160</sup> Ein anderer, ehemals bei Ciba-Geigy Angestellter meint dazu: „Die Mitin-LA-Produktion war eine Verätherung des Grundkörpers mit Trichlorphenol in Dichlorbenzol. Dabei ging Seveso ab.“<sup>161</sup> Das Dichlorbenzol wurde nach dem Synthese-Einsatz mittels Destillation gereinigt, wobei Destillationsabfälle angefallen sind. Stimmt die oben erwähnte Dioxin-Konzentration im Mitin LA, so ist davon auszugehen, dass die Destillationsabfälle aus der Mitin-LA-Produktion sehr stark mit Dioxinen und Furanen belastet waren.

Beide ehemaligen Ciba-Geigy-Mitarbeiter gehen davon aus, dass Mitin LA 1973/74 auf den Markt gekommen ist. Die Menge des hergestellten Mitin LA bezeichnet der eine als klein.<sup>162</sup> Der andere schätzt sie auf etwa 5 Tonnen.<sup>163</sup> Beide geben an, dass Mitin LA ca. 1977/1978 wieder vom Markt genommen worden sei.<sup>164</sup>

Wenn wir annehmen, dass die obige Konzentrations-Angabe für die 2,3,7,8-TCDD („Seveso-Dioxin“) im Mitin LA stimmt und die Konzentration im Destillationsabfall des Dichlorbenzols aus der Mitin-LA-Produktion 25-mal höher war, so fielen bei Ciba-Geigy in den Jahren 1974–1978 rund 25 g 2,3,7,8-TCDD an, die mit den Destillationsabfällen entsorgt wurden. In der für die Deponie Bonfol relevanten Zeit von 1974–1975 entspräche dies 10 g. Alle anderen Dioxine und Furane sind dabei nicht berücksichtigt.

Die Literatur zu Mitin LA scheint sehr spärlich zu sein. Die wenigen Quellen, die darüber Auskunft geben, bestätigen eine Markteinführung zu Beginn der 1970er-Jahre, sprechen allerdings für einen Rückzug erst zu Beginn der 1980er-Jahre.<sup>165</sup>

#### **Fazit:**

**Das Beispiel Mitin LA zeigt, dass auch aus mengenmässig kleinen Produktionen (geschätzt: 1 t/a) relevante Mengen an Dioxinen und Furanen anfallen können. Im Fall von Mitin LA muss mit 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin („Seveso-Dioxin“) im zweistelligen Gramm-Bereich gerechnet werden. Die Menge der anderen PCDD/PCDF, die über die Mitin LA-Produktion entstanden sind, ist offen.**

---

<sup>160</sup> Notizen über das Gespräch vom 7.6.2005 mit Mitarbeiter K, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>161</sup> Notizen über das Gespräch vom 5.5.2005 mit Mitarbeiter H, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>162</sup> S. Anm. 160.

<sup>163</sup> S. Anm. 161.

<sup>164</sup> Notizen über das Gespräch vom 5.5.2005 mit Mitarbeiter H, der bei Ciba-Geigy tätig war; Notizen über das Gespräch vom 7.6.2005 mit Mitarbeiter K, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>165</sup> S. Anm. 157.



### 8.2.4. Chlorphenole auf der Liste Muttentz

Als am anfälligsten für die Entstehung von Dioxin- und Furan-Verunreinigungen gilt die Herstellung und Verarbeitung von chlorierten Phenolen (vgl. Kap. 5). Die Basler chemische Industrie – insbesondere wohl die J.R. Geigy AG – hat schon in den 1950er- und 1960er-Jahren mit Chlorphenolen gearbeitet, wie aus der Liste Muttentz<sup>166</sup> hervorgeht:

Nr. Liste Muttentz	Chlorphenol-Substanz
3318	2,4,6-Trichlorphenol
3525	2-Aminophenol-4-chlor-5-sulfamid
3543	3,4,6-Trichlor-2-aminophenol
3544	3,4,6-Trichlor-2-nitrophenol
3545, 4883	3,4,6-Trichlorphenol = 2,4,5- Trichlorphenol)
3599, 4001	4-Chlor-2-nitrophenol
3657	5-Nitrochlor-2-Aminophenol
3664, 4004, 4005	6-Chlor-2-nitrophenol-4-sulfonsäure
3663, 3939, 3940	6-Chlor-2-aminophenol-4-sulfonsäure
3938	Chloraminophenolsulfosäure 4:2:6
3941	Chloraminosulfobenzoesäure 2,5,4
4002	Chlornitrophenol-Natriumsalz
4003	4-Chlor-2-nitrophenol-6-sulfonsäure
4143	Dichlornitrophenolsulfosäure 3,4,2,6
4145	2,4-Dichlorphenol (roh)
4146	3,4-Dichlorphenol (roh)
4200	Dinitrochlorphenol 2:4:6
4693	4-Chlorphenol
4878	3,4,6-Trichlor-2-aminophenol
4882	Trichlorphenol Natrium

**Tabelle 6: Chlorphenol-Verbindungen, die auf der Liste Muttentz aufgeführt sind.**<sup>167</sup>

Von den 20 Chlorphenol-Verbindungen<sup>168</sup>, die in Tabelle 6 aufgeführt sind, werden auf der Liste Muttentz einige als Zwischenprodukte ausgewiesen, die selbst hergestellt und dann z.T. weiterverarbeitet worden sind.<sup>169</sup> Welche Mengen dieser z.T. Dioxin- und

<sup>166</sup> Vgl. Kap. 7.1.2.3.

<sup>167</sup> IG DRB: Vertraulich – Stoffliste Deponien Muttentz.

<sup>168</sup> Welche Chlorphenole bei den Deponien der Basler Chemie gefunden worden sind, vgl. Anhang. 1 u. 2.

<sup>169</sup> Vgl. auf der Liste Muttentz Spalte „Substanztyp“ (s. Anm. 167).

Furan-verunreinigten Chlorphenole<sup>170</sup> verarbeitet wurden, wie viel neue Dioxine bei diesen chemischen Synthesen entstanden sind und was für Dioxin- und Furan-verunreinigte Abfälle dabei als Abwasser oder feste Abfälle angefallen sind, lässt sich im Rahmen dieser Studie nicht beantworten.

Die Liste MuttENZ allerdings deckt nur den Zeitraum bis ca. 1965 ab. Sie erfasst also genau jenen Zeitraum nicht mehr, in welchem der Höhenflug der Chlorchemie und damit auch der Chlorphenol-Chemie erst richtig begonnen hat.<sup>171</sup> Zwei Beispiele dafür, dass die Basler chemische Industrie nach 1965 neue, z.T. in grossen Mengen hergestellte Produkte auf den Markt brachte, die auf Chlorphenolen aufbauen, jedoch auf der Liste MuttENZ noch nicht erwähnt wurden, sind Triclosan (vgl. Kap. 8.2.2) und Mitin LA (vgl. Kap. 8.2.3). Es ist davon auszugehen, dass Triclosan und Mitin LA nicht die einzigen Chlorphenolprodukte waren, die nach 1965 von der Basler chemischen Industrie in die Verkaufsregale gelangt sind. Die Abfälle aus diesen Produktionen dürften – wie bei Triclosan und Mitin LA – mit Dioxinen und Furanen verunreinigt gewesen sein.

**Fazit:**

**Die Basler chemische Industrie hat schon in den 1950er- und 1960er-Jahren mindestens 20 Chlorphenolverbindungen hergestellt bzw. weiterverarbeitet, wie aus der Liste MuttENZ hervorgeht. Die Liste MuttENZ aber deckt nur den Zeitraum bis ca. 1965 ab. Die Basler Chemie aber brachte nach 1965 weitere Produkte auf den Markt, die mit Chlorphenolen hergestellt wurden, wie z.B. die Dioxin-haltigen Produkte Triclosan und Mitin LA. Welche Mengen Dioxine und Furane durch die Herstellung weiterer Chlorphenol-Produkte entstanden und als feste Abfälle auf Deponie abgelagert worden sind, lässt sich im Rahmen dieser Studie nicht beantworten.**

---

<sup>170</sup> Vgl. z.B. Anm. 86.

<sup>171</sup> Vgl. S. 30.

### 8.3. Chlorbenzole

Bei der Verarbeitung von Chlorbenzolen, insbesondere bei der Verwendung von Di- und Trichlorbenzol als Lösungsmittel entstehen oft Dioxin-, Furan- und PCB-Verunreinigungen (vgl. Kap. 5). In den nachfolgenden Kapiteln werde ich zuerst auf diese beiden Lösungsmittel eingehen. Danach folgen Beispiele für Pigment- und Farbstoff-Produktionen, bei denen Di- und Trichlorbenzol als Lösungsmittel eingesetzt worden ist.

#### 8.3.1. Dichlorbenzol und Trichlorbenzol (UBA-Liste 2)

1,2-Dichlorbenzol ist auf der UBA-Liste für möglicherweise Dioxin-haltige Substanzen aufgeführt, ebenso 1,2,4-Trichlorbenzol.<sup>172</sup> Dioxin- und Furan-Verunreinigungen wurden denn auch schon gemessen.<sup>173</sup> Dichlorbenzol und Trichlorbenzol sind zudem hochsiedende Lösungsmittel.<sup>174</sup> Sie werden als Lösungsmittel oft bei Temperaturen über 150 Grad C eingesetzt, was die Neubildung von Dioxinen und Furanen begünstigt. Gleichzeitig unterstützen Di- und Trichlorbenzol die Bildung von dioxinähnlichen Polychlorierten Biphenylen z.B. bei der Herstellung von Farbstoffen und Pigmenten.<sup>175</sup>

„Dichlorbenzol war das Lösungsmittel der Wahl. Es wurde sehr breit eingesetzt“, sagt ein ehemaliger Mitarbeiter von Ciba-Geigy.<sup>176</sup> Ein anderer ehemaliger Angestellter schätzt den Verbrauch an 1,2-Dichlorbenzol bei Geigy und Ciba bzw. Ciba-Geigy

---

<sup>172</sup> Vgl. UBA-Liste 1, S. 14. Da es sich auch bei 1,3,5-Trichlorbenzol um ein hochsiedendes Lösungsmittel handelt (Siedepunkt ca. 208 Grad), gilt die Dioxin- und PCB-Problematik auch für dieses Trichlorbenzol (Gesellschaft Deutscher Chemiker; Beratergremium für Umweltrelevante Altstoffe: 1,3,5-Trichlorbenzol, BUA Stoffbericht 16, Weinheim 2.1988, S. 4).

<sup>173</sup> Vgl. Anm. 87.

<sup>174</sup> 1,2-Dichlorbenzol: Siedepunkt: ca. 80 Grad C; 1,2,4-Trichlorbenzol: ca. 213 Grad C (Gesellschaft Deutscher Chemiker; Beratergremium für Umweltrelevante Altstoffe: o-Dichlorbenzol, BUA Stoffbericht 53, Weinheim 9.1990, S. 5; 1,2,4-Trichlorbenzol, Stoffbericht Nr. 17, Weinheim 12.1987, S. 1).

<sup>175</sup> Vgl. Kap. 5.

<sup>176</sup> Notizen über das Gespräch vom 5.7.2005 mit Mitarbeiter H, der bei Ciba-Geigy tätig war.

- auf 100 t pro Jahr in den 1960er-Jahren
- auf 200 t pro Jahr in den 1970er-Jahren<sup>177</sup>

Diese Schätzung wird von zwei weiteren ehemaligen Mitarbeitern in der Grössenordnung bestätigt.<sup>178</sup>

In der für die Deponie Bonfol relevanten Zeit von 1961–1975 haben Geigy, Ciba bzw. Ciba-Geigy somit 1,2-Dichlorbenzol in der Grössenordnung von

- 1500–2000 t

verbraucht.

Auch bei Sandoz wurde Dichlorbenzol als Lösungsmittel „in grossen Mengen“<sup>179</sup> in Basel und in Huningue (F) verwendet.<sup>180</sup> Was das konkret heisst, konnten die befragten Mitarbeiter in Rente nicht abschätzen.

Den Verbrauch an Trichlorbenzol bei Geigy, Ciba bzw. Ciba-Geigy benennen zwei Mitarbeiter für die 1960er-Jahre identisch, ein Dritter aber nicht: 50 t/a in den 1960er-Jahren sagen drei ehemalige, 100 t/a in der 1. Hälfte der 1975er-Jahre meinen zwei ehemalige Mitarbeiter, 20 t/a dagegen ein dritter.

Einig sind sich die drei ehemaligen Mitarbeiter, dass ungefähr 1977/78 bei Ciba-Geigy Schluss war mit Trichlorbenzol.<sup>181</sup> Es wurde oft durch Dichlorbenzol ersetzt, u.a. weil „die Menge PCB, die mit Trichlorbenzol als Nebenprodukt entstand, etwa 10–100-mal grösser war als die mit Dichlorbenzol“.<sup>182</sup>

Zwei Jahre vorher war Sandoz wegen PCB-Verunreinigungen in ihren Pigmenten ins Gerede gekommen. Deshalb ist bekannt, dass Sandoz 1976

- 22 t Trichlorbenzol für die Herstellung von Phthalocyanin-Pigmenten

in Basel verbraucht hat.<sup>183</sup>

---

<sup>177</sup> Notizen über das Gespräch vom 14.3.2005 mit Mitarbeiter A, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>178</sup> Notizen über das Gespräch vom 19.7.2005 mit Mitarbeiter D, der bei Ciba-Geigy tätig war; Notizen über das Gespräch vom 5.7.2005 mit Mitarbeiter H, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>179</sup> Kerner Imre/Maissen Toya: Die kalkulierte Verantwortungslosigkeit, S. 13.

<sup>180</sup> Notizen über das Gespräch vom 10.5.2005 mit Mitarbeiter C, der bei Sandoz tätig war.

<sup>181</sup> Notizen über das Gespräch vom 5.7.2005 mit Mitarbeiter H, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>182</sup> Notizen über das Gespräch vom 23.6.2005 mit Mitarbeiter E, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>183</sup> Kerner Imre/Maissen Toya: Die kalkulierte Verantwortungslosigkeit, S. 91.

1986 produziert Sandoz die Phthalocyanine in Basel und in Huningue (F), wo sie noch weitere 12 Pigmente herstellt. Ciba-Geigy aber nennt im gleichen Jahr 67 Pigmente in ihrem Sortiment.<sup>184</sup>

Deshalb darf die Annahme wohl als konservativ bezeichnet werden, dass Ciba-Geigy in der 1. Hälfte der 1970er-Jahre für die Pigment- und alle anderen Produktionen 50 t/a Trichlorbenzol verbraucht hat.

In den 1960er- und 1970er-Jahren haben Geigy, Ciba<sup>185</sup> sowie Ciba-Geigy das Dichlor- und Trichlorbenzol von der deutschen Chemiefirma Bayer (heute Lanxess) bezogen.<sup>186</sup> Auch Sandoz kaufte das Trichlorbenzol in den 1970er-Jahren in Deutschland ein.<sup>187</sup>

Unter der Annahme, dass Sandoz bei allen Produktionen in den 1960er-Jahren 10 t/a und in den 1970er- 20 t/a Trichlorbenzol eingekauft hat, dürften Geigy, Ciba, Ciba-Geigy und Sandoz in der für Bonfol relevanten Zeit von 1961–1975 Trichlorbenzol in der Grössenordnung von

- 800–1000 t verbraucht haben.<sup>188</sup>

Der grösste Teil der 1500–2000 t Dichlorbenzol und 800–1000 t Trichlorbenzol, die konservativ geschätzt von 1961–1975 verbraucht worden sind, wurde nach dem Einsatz als Lösungsmittel in der Synthese mittels Destillation<sup>189</sup> gereinigt. Die

<sup>184</sup> Ciba-Geigy hat 1986 nicht alle im „Directory of Chemical Producers“ aufgelisteten Pigmente in Basel und Schweizerhalle hergestellt. Sie hatte diese schon in der 2. Hälfte der 1970er-Jahre von Schweizerhalle in andere Werke, z.B. nach Monthey (VS) verlegt. Zu Beginn der 1990er-Jahre folgten weitere Pigment-Produktionen aus Basel. Sandoz dagegen hatte viel weniger Pigmente im Sortiment. Ein ehemaliger Mitarbeiter: „Sandoz hatte nicht viele Pigmente. Das war die Stärke von Ciba-Geigy.“ (Directory of Chemical Producers, West Europe, Menlo Park (California), 1986, S. 187, 727, 728 u. 743; Notizen über das Gespräch vom 9.8.2005 mit Mitarbeiter A, der bei Ciba-Geigy tätig war; Notizen über das Gespräch vom 5.7.2005 mit Mitarbeiter H, der bei Ciba-Geigy tätig war; Notizen über das Gespräch vom 1.9.2005 mit Mitarbeiter F, der bei Sandoz tätig war).

<sup>185</sup> Ciba stellte in den 1940er-Jahren und wohl auch noch in den 1950er-Jahren Dichlorbenzol in ihrem Werk Monthey (VS) her (vgl. S. 21).

<sup>186</sup> Notizen über das Gespräch vom 14.3.2005 mit Mitarbeiter A, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>187</sup> Kerner Imre/Maissen Toya: Die kalkulierte Verantwortungslosigkeit, S. 42f.

<sup>188</sup> Für die Schweiz ist nicht bekannt, wie viel Di- und Trichlorbenzol verbraucht wird. Obwohl es sich um halogenierte Lösungsmittel handelt, werden sie bei der „Stoffbilanz Halogenierte Lösemittel“ des Bundesamts für Umwelt, Wald und Landschaft (Buwal) nicht erwähnt (Buwal: Stoffbilanz Halogenierte Lösemittel, Schriftenreihe Umwelt Nr. 252, Bern, 1995).

<sup>189</sup> In den 1960er-Jahren wurden oft Destillationen über Kopf vorgenommen. Das bedeutet, dass allfällige Verunreinigungen im Produkt verblieben sind. Ca. ab Mitte der 1960er-Jahre wurden immer mehr Destillationsanlagen für Lösungsmittel in Betrieb genommen. Da der Verbrauch an Dichlor- und Trichlorbenzol in der 2. Hälfte der 1960er-Jahre stark zunahm und gleichzeitig immer mehr Destillationsanlagen in Betrieb gesetzt wurden, kann davon ausgegangen werden, dass Destillationsabfälle vor allem in der 2. Hälfte der 1960er- und der 1. Hälfte der 1970er-Jahre angefallen und in der Regel auf Deponie entsorgt worden sind. In den Destillationsanlagen wurden meist chlorierte Lösungsmittel aus mehreren Produktionen gesammelt und dann destilliert. Lösungsmittel aus Synthesen, die Dioxin-, Furan- und PCB-

schwerflüchtigen Dioxin-, Furan- und PCB-Verunreinigungen, die während der Synthese höchstwahrscheinlich entstanden und im chlorierten Lösungsmittel gelöst sind, gelangen dabei vor allem in die Destillationsrückstände, die grösstenteils auf Deponie entsorgt worden sind. Um welche Mengen Dioxine, Furane und PCB es sich dabei handelt, konnte im Rahmen dieser Studie nicht geklärt werden.

In den folgenden Kapiteln werde ich auf einige Synthesen vor allem in der Pigment- und Farbstoffproduktion<sup>190</sup> näher eingehen, die mit Dichlor- und Trichlorbenzol betrieben worden sind.<sup>191</sup>

### **8.3.2. Farbstoff- und Pigmentherstellung mit Di- und Trichlorbenzol bei Geigy, Ciba, Ciba-Geigy und Sandoz**

Pigmente werden z.B. als Färbemittel für Malerfarben, in Künstlerfarben, Lacken, Druckfarben, Kunststoffen und textilen Kunstfasern verwendet. 1980 bewegte sich der Weltmarkt für organische Pigmente in der Grössenordnung von 4 Milliarden Franken, ca. 45% davon machten die Druckfarben, etwa 36% die Lacke und Anstrichfarben sowie ca. 15% die Kunststoff-, Chemiefaser- und Gummi-Färbung aus. Rund 85% der erforderlichen Menge decken die traditionellen Azo-Pigmente ab, was einem wertmässigen Weltmarktanteil von 44% entspricht. Mit einem wertmässigen Anteil von je ca. 24% folgten die Phthalocyanin-Pigmente sowie weitere polycyclische Pigmente.<sup>192</sup> „Während Geigy den klassischen Azo-Kupplungspigmenten treu blieb

---

verunreinigt waren, wurden somit in den Tanks verdünnt. Kam aus einer Synthese aber ein Lösungsmittel, das z.B. mit einem Metal wie etwa Kupfer verunreinigt war, so wäre es möglich, dass während der Destillation neue Dioxine oder Dioxin-ähnliche Substanzen entstanden sind (Notizen über das Gespräch vom 9.8.2005 mit Mitarbeiter A, der bei Ciba-Geigy tätig war; Notizen über das Gespräch vom 7.6.2005 mit Mitarbeiter K, der bei Ciba-Geigy tätig war; Notizen über das Gespräch vom 2.8.2005 mit Mitarbeiter B, der bei Ciba-Geigy tätig war).

<sup>190</sup> Trichlor- und vor allem Dichlorbenzol wurden auch bei der Herstellung von optischen Aufhellern spätestens zu Beginn der 1970er-Jahre verwendet. Sie wurden im Bau 978 im Werkgelände Klybeck hergestellt. Das Dichlor- und Trichlorbenzol wurde in Tanks gelagert. „Wir haben die Rückstände aus der Destillation der chlorierten Lösungsmittel in Fässer abgefüllt und ein grosses B auf das Fass geschrieben. Das B stand für Bonfol. Wir haben dann das Fass vor die Türe gestellt“, erinnert sich ein ehemaliger Mitarbeiter. 1976 sei Schluss gewesen mit Trichlorbenzol. Dieses sei dann zuerst durch Dichlorbenzol ersetzt worden, das später ebenfalls weichen musste (Notizen über das Gespräch vom 5.5.2005 mit Mitarbeiter I, der für Ciba-Geigy tätig war; Notizen über das Gespräch vom 7.6.2005 mit Mitarbeiter K, der für Ciba-Geigy tätig war).

<sup>191</sup> In der Triclosan- und Mitin-LA-Synthese wurde ebenfalls 1,2-Dichlorbenzol eingesetzt (vgl. Kap 8.2.2 bzw. 8.2.3), genauso bei der Herstellung von Chromophthal Violet B (vgl. S. 40).

<sup>192</sup> S. Anm. 110.

und ihr Fabrikationsprogramm durch Phthalocyanin-Pigmente<sup>193</sup> und Eigenentwicklungen auf dem Isoindolin-<sup>194</sup> und Diaxozingebiet<sup>195</sup> ausbaute, konzentrierte sich die Ciba auf die höhermolekularen Azo-Kondensationspigmente<sup>196</sup>, heisst es 1980 im Ciba-Geigy-Magazin.<sup>197</sup>

Geigy, Ciba bzw. Ciba-Geigy und – in kleinerem Ausmasse auch Sandoz – hatten in den 1950er-, 1960er- und 1970er-Jahren einen reativ grossen Marktanteil am Pigment- und Farbstoffgeschäft. Sandoz schätzt 1979 den Weltmarktanteil der schweizerischen Farbstoffindustrie, die von Ciba-Geigy und Sandoz dominiert wird, auf über 15%.<sup>198</sup> Es dürften also grosse Mengen an Farbstoffen und Pigmenten gewesen sein: Die weltweite Kapazität für Farbstoffe lag in der 2. Hälfte der 1970er-Jahre in der Grössenordnung von 800'000 t jährlich.<sup>199</sup> Welche Menge Pigmente und Farbstoffe in Basel und Schweizerhalle hergestellt wurde und welche Menge Abfälle dabei anfiel, ist nicht bekannt. Angesichts obiger Zahlen aber dürfte sie nicht unerheblich gewesen sein.

Die folgenden Kapitel gehen auf Pigmente und Farbstoffe ein, die die Basler chemische Industrie z.B. in Di- bzw. Trichlorbenzol hergestellt hat.

---

<sup>193</sup> Markenname: u.a. Irgalith.

<sup>194</sup> Markenname: u.a. Irgazin.

<sup>195</sup> Dioxazin-Pigmente werden auf Basis von Chloranil hergestellt, eine Substanz, die stark mit Dioxinen und Furanen belastet war (vgl. Kap. 8.2.1).

<sup>196</sup> Markenname: u.a. Chromoptal.

<sup>197</sup> S. Anm. 110.

<sup>198</sup> Aus der Schweiz exportiert die chemische Industrie 1978 Farbstoffe und optische Aufheller im Wert von 1.2 Mia. Franken, was ca. 3% der gesamten Exporte entspricht. Zudem beliefert die Basler Chemie ihre ausländischen Werke mit Zwischenprodukten, die in den Basler Stammwerken hergestellt werden (Kilchmann Hans, Sandoz AG: Die Schweizerische Farbstoffindustrie, in: Schweizerische Zeitschrift für die chemische Industrie (Swiss Chem) Nr. 9, 9.1979, S. 29–31).

<sup>199</sup> Ebenda, S. 30.

### 8.3.2.1. Phthalocyanine (Trichlorbenzol, z.B. Sandoz)

Sandoz stellte die Phthalocyanin-Pigmente im Basler Werk St. Johann her<sup>200</sup>. In den 1950er-Jahren scheint dies in Nitrobenzol geschehen zu sein<sup>201</sup>, 1976 aber in Trichlorbenzol.<sup>202</sup> 1976 war das Trichlorbenzol, das Sandoz verarbeitete, mit Dioxinen und PCB verunreinigt. PCB- und Furan-Verunreinigungen wurden auch in den Phthalocyanin-Pigmenten im mg/kg-Bereich gefunden, z.B. im Graphitblau 2 GLS.<sup>203</sup>

Heindl/Hutziger zeigten 1989 auf, dass bei der Produktion von Phthalocyanin-Farbstoffen und -Pigmenten unter Verwendung von Trichlorbenzol nicht nur PCB, sondern auch Dioxine und Furane entstehen können. In Nickel-Phthalocyaninen fanden sie zudem Dioxine und Furane im Bereich von mehreren microg/kg.<sup>204</sup>

Es ist davon auszugehen, dass Sandoz um 1960 zumindest einen Teil der Phthalocyanin-Pigmente von Nitrobenzol auf Trichlorbenzol umgestellt hat bzw. im Verlaufe der 1960er-Jahre neue Pigmente dieser Klasse auf den Markt brachte, die mit Trichlorbenzol gefertigt wurden. Denn 1976 verbrauchte Sandoz zur Herstellung von Phthalocyaninen in Basel 22 Tonnen Trichlorbenzol.<sup>205</sup>

Da in Phthalocyanin-Pigmenten<sup>206</sup> von Sandoz PCB gefunden worden sind, ist davon auszugehen, dass das in der Herstellung eingesetzte Trichlorbenzol in viel höheren Konzentrationen damit belastet war. Dies räumt auch Sandoz ein: Über die Reinigung und Aufarbeitung des Trichlorbenzols mittels Vacuum-Destillation gingen in einem Jahr 50% des Trichlorbenzols „mit den festen Destillationsabfällen auf Deponie“, 1976 also 11 Tonnen. Die anderen 50% gingen als Verluste in die Luft bzw. ins Abwasser. „Die Art, in der dieser Verlust erfolgt, bürgt dafür, dass keine schwerflüchtigen Bestandteile, zum Beispiel PCB“ bei der Destillation in die Luft entweichen.<sup>207</sup> Mit anderen Worten: Die schwerflüchtigen Verbindungen wie z.B. Dioxin-, Furan- und PCB-

---

<sup>200</sup> Ciba-Geigy wird 1989 als weltweit Drittgrösster Hersteller mit einer Kapazität von 4500 t genannt. Da Ciba-Geigy die meisten Phthalocyanine in Schottland herstellt, dürfte mit der für die Schweiz 1989 genannten Kapazität von 200 t in erster Linie die Produktion von Sandoz gemeint sein (Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Volume 26, S. 559).

<sup>201</sup> Notizen über das Gespräch vom 25.7.2005 mit Mitarbeiter L, der bei Sandoz tätig war.

<sup>202</sup> Kerner Imre/Maissen Toya: Die kalkulierte Verantwortungslosigkeit, S. 27/28.

<sup>203</sup> Kerner Imre/Maissen Toya: Die kalkulierte Verantwortungslosigkeit, S. 27/28, 47.

<sup>204</sup> Heindl A./Hutzinger O: Search for industrial sources of PCDD/PCDFs: IV. Phthalocyanine dyes, Chemosphere, Vol. 18, Nos. 1–6, 1989, S. 1210/1211.

<sup>205</sup> Kerner Imre/Maissen Toya: Die kalkulierte Verantwortungslosigkeit, S. 91.

<sup>206</sup> Es handelt sich z.B. auch um Sandorinviolett BL (Ebenda, S. 47).

<sup>207</sup> Brief der Sandoz AG an die Redaktion der Zeitung AZ, in: ebenda.



Verunreinigungen landeten in erster Linie in den Destillationsrückständen und damit auf Deponie.

**Fazit:**

**In der für die Deponie Bonfol relevanten Zeit dürfte Sandoz mit den Destillationsabfällen zwischen 50 und 100 t Trichlorbenzol allein aus der Phthalocyanin-Pigment-Produktion nach Bonfol geliefert haben. Es ist davon auszugehen, dass diese Abfälle wahrscheinlich mit relativ hohen Konzentrationen an PCB sowie mit Dioxinen und Furanen belastet gewesen sind. Um welche Mengen es sich konkret handelt, war im Rahmen dieser Studie nicht zu klären.**

### 8.3.2.2. Irgazine (Geigy/Ciba-Geigy; Dichlorbenzol)

Von Beginn der 1960er-Jahre<sup>208</sup> bis 1965 produzierte Geigy die Isoindolinon-Pigmente im Werk Rosental, danach in Schweizerhalle.<sup>209</sup> Der Grundbaustein für die Synthese der Irgazin-Pigmente war ein Zwischenprodukt, das mit Dichlorbenzol und Phtalsäureanhydrid<sup>210</sup> von Beginn der 1960er-Jahre bis vermutlich ca. Mitte der 1970er-Jahre in Schweizerhalle hergestellt wurde.<sup>211</sup> Beide Substanzen sind auf der UBA-Dioxin-Liste 2 erwähnt.<sup>212</sup> Auch die eigentliche Synthese der Irgazine fand in Dichlorbenzol statt.<sup>213</sup> In den 1960er-Jahren aber wurde das Dichlorbenzol „über Kopf destilliert“ und direkt wieder für eine gleichfarbige, neue Charge verwendet.<sup>214</sup> Mit anderen Worten: Aus der Irgazin-Synthese sind in der Regel keine Destillationsrückstände angefallen. Allfällige Verunreinigungen blieben im Produkt.<sup>215</sup> Ob das Dichlorbenzol auch nach 1965 im Farbenneubau der Geigy in Schweizerhalle

<sup>208</sup> Ein Schimmer Gold mit Irgazin-Gelb 3 RLT, in: Werkzeugzeitung Geigy Nr. 3, 5./6.1968, S. 15.

<sup>209</sup> Geigy-Pigmente aus Schottland, in: Werkzeugzeitung Geigy Nr. 3, Herbst 1970, S. 7.

<sup>210</sup> Bei der Chlorierung von Phtalsäureanhydrid zu Tetrachlorphtalsäureanhydrid in Dichlorbenzol entsteht – über die Reinigung des Dichlorbenzols – ein Destillationsabfall. Später kaufte Ciba-Geigy das Tetrachlorphtalsäureanhydrid zu, weshalb die Chlorierung entfallen ist.

<sup>211</sup> Es handelt sich um Tetrachlor-o-cyano-benzoessäure-methylester (TCCBM); Notizen über das Gespräch vom 11.7.2005 mit Mitarbeiter B, der bei Ciba-Geigy tätig war; Ciba-Geigy AG: Herstellung von TCCBM, Ciba-Geigy-internes Produktionsschema, undatiert, um 1980.

<sup>212</sup> Vgl. UBA-Liste 2, S. 17; Notizen über das Gespräch vom 11.7.2005 mit Mitarbeiter B, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>213</sup> Es sind die Rot- und Gelbtöne, die so produziert werden (vgl. z.B. Ciba-Geigy AG: Irgazin Gelb 2GLT, 2GLTE, 2GLTN, N 20024, N 55080, N 55067, Kopie einer Karteikarte aus der firmeninternen Verfahrens-Kartei der Ciba-Geigy, datiert mit 21.12.1971, 7.1977 und 10.1978; Notizen über das Gespräch vom 11.7.2005 mit Mitarbeiter B, der bei Ciba-Geigy tätig war).

<sup>214</sup> Notizen über das Gespräch vom 2.8.2005 mit Mitarbeiter B, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>215</sup> Notizen über das Gespräch vom 11.7.2005 mit Mitarbeiter B, der bei Ciba-Geigy tätig war.

auf diese Art und Weise aus den gelben und roten Irgazin-Pigmenten entfernt wurde, ist nicht bekannt.

### 8.3.2.3. Chromophtal (Ciba/Ciba-Geigy; Dichlorbenzol/Trichlorbenzol)

Spätestens Ende der 1960er-Jahre brachte Ciba die Chromophtal- und Mikrolith-Pigmente auf den Markt.<sup>216</sup> Ciba produzierte sie u.a. im Bau 90<sup>217</sup> ihres Werks Klybeck und nach der Fusion zur Ciba-Geigy auch in Schweizerhalle. Ca. Mitte der 1970er-Jahre wurde die Schweizerhalle-Produktion nach Monthey (VS) verlegt. Die Produktion in Basel stellte Ciba-Geigy ca. 1991 ein.<sup>218</sup> „Bei der Chromophtal-Herstellung waren Di- und Trichlorbenzol häufig“, sagt ein ehemaliger Mitarbeiter.<sup>219</sup>

Dichlorbenzol wurde etwa für die Herstellung von Chromophtal Gelb- und Rot-Pigmenten verwendet<sup>220</sup>: „Pro Charge brauchten wir etwa 6000 Liter“, erinnert sich ein ehemaliger Angestellter, der u.a. im Bau 90 im Werk Klybeck tätig war.<sup>221</sup> Das Dichlorbenzol wurde während der Synthese auf 145–150 Grad C erhitzt<sup>222</sup>, womit eine Bedingung für die Entstehung von Dioxin- und Furan-Verunreinigungen knapp gegeben ist (vgl. Kap. 5). Klarer ist es dagegen bei Chromophtal Bordeaux R: Die erste Synthese-Stufe findet z.B. unter alkalischen Bedingungen in 1,4-Dichlorbenzol statt.<sup>223</sup> Das begünstigt die Bildung von Dioxinen, Furanen und PCB als Nebenprodukten (vgl. Kap. 5). „Das Dichlorbenzol wurde danach in Schichtrennung entfernt und mittels Destillation gereinigt“, erinnert sich ein ehemaliger Mitarbeiter.<sup>224</sup> Dabei gelangt der

<sup>216</sup> Ciba AG: Ciba – Für neue Mitarbeiter, Basel, 1969, S. 25.

<sup>217</sup> Je nach Betriebsart hatte Ciba-Geigy im Werk Klybeck 1980 eine theoretische apparative Kapazität zur Herstellung von Azokondensations-Pigmenten (z.B. Chromophtal Rot G, Braun 5 R) von 700–1000 t/a.

<sup>218</sup> Notizen über das Gespräch vom 9.8.2005 mit Mitarbeiter A, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>219</sup> Ebenda.

<sup>220</sup> Ciba-Geigy AG: Chromophtal Gelb Pigmente, Ciba-Geigy-internes Papier, undatiert, ca. 1980, Handnotiz K-90; Ciba-Geigy AG: Chromophtal Rot Pigmente, Ciba-Geigy-internes Papier, undatiert, ca. 1980, Handnotiz K-90; Notizen über das Gespräch vom 28.7.2005 mit Mitarbeiter M, der für Ciba-Geigy tätig war.

<sup>221</sup> Notizen über das Gespräch vom 28.7.2005 mit Mitarbeiter M, der für Ciba-Geigy tätig war.

<sup>222</sup> Erwähnt sind auch andere Chromophtal-Gelb- sowie Mikrolith-Gelb-Pigmente (Ciba-Geigy AG: Chromophtal Gelb 3GN 16062, Kopie einer Karteikarte aus der firmeninternen Verfahrens-Kartei der Ciba-Geigy, datiert mit [unlesbar] und 7.1977).

<sup>223</sup> Ciba-Geigy AG: Chromophtal Bordeaux R (handschriftlich ergänzt mit: RN RS) N 14217, Kopie einer Karteikarte aus der firmeninternen Verfahrens-Kartei der Ciba-Geigy, datiert mit 21.12.1973 und 7.1977.

<sup>224</sup> Notizen über das Gespräch vom 9.8.2005 Mitarbeiter A, der bei Ciba-Geigy tätig war.

grösste Teil der vermutlich vorhandenen Dioxine, Furane und PCB in die Destillationsrückstände, die meist deponiert wurden.

Dass PCB-Verunreinigungen in Pigmenten bei Ciba-Geigy in den 1970er-Jahren und vorher vorgekommen und zu einem Problem geworden sind, drückt sich auch an einer Handnotiz eines Mitarbeiters von ca. 1979 aus: Er notiert sich u.a. einen neuen Grenzwert für PCB, der nächstens in Kraft gesetzt werden sollte und schrieb dahinter: „bald“.<sup>225</sup>

**Fazit:**

**Von Ende der 1960er-Jahre bis 1975 produzierte Ciba/Ciba-Geigy in Basel mehreren 100 t/a Azokondensationspigmente, die u.a. unter den Markennamen Chromophtal und Mikrolith verkauft wurden. Es ist davon auszugehen, dass bei der Herstellung dieser Pigmente mit grosser Wahrscheinlichkeit Dioxine, Furane und PCB als Nebenprodukte entstanden sind, die in den Destillationsrückständen von Dichlorbenzol deponiert wurden. Welche Mengen Dioxine und Dioxin-ähnliche Substanzen anfielen, ist im Rahmen dieser Studie nicht abschätzbar.**

#### **8.3.2.4. Terasilgelb 2GW (Ciba/Ciba-Geigy; Trichlorbenzol)**

Ciba nimmt 1965 die Produktion des grünstichigen Terasilgelb 2GW im Werk Klybeck in Basel auf. Terasilgelb 2GW eignet sich zum Färben von "Polyesterfasern und ihren Mischungen mit Wolle bzw. Zellulosefasern", schreibt die Ciba-Rundschau 1965.<sup>226</sup>

„Dieser Farbstoff wurde in der Grössenordnung von 30–50 t/a in Basel bis ca. 1975 in 1,3,5-Trichlorbenzol hergestellt. Wegen den Temperaturen von über 200 Grad war klar, dass es da Dioxine, Furane und PCB drin hatte“, erinnert sich ein ehemaliger Mitarbeiter.<sup>227</sup> Das Trichlorbenzol sei danach mittels Vacuum-Destillation gereinigt worden. Auch im Produkt seien die Dioxin-Verunreinigungen und solche aus Dioxin-ähnlichen Substanzen gar nicht gemessen, sondern das Terasilgelb 2GW ab ca. 1978/79 auf Dichlorbenzol umgestellt worden.<sup>228</sup>

---

<sup>225</sup> Handnotiz eines Mitarbeiters von Ciba-Geigy, ca. 1979.

<sup>226</sup> Neue Farbstoffe und technische Applikationsprodukte der Ciba, Terasilgelb 2GW, in: Ciba-Rundschau, Hauszeitschrift der Ciba AG Basel, 3/1965 S. 48.

<sup>227</sup> Notizen über das Gespräch vom 14.6.2005 mit Mitarbeiter A, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>228</sup> Ebenda.

**Fazit:**

Von 1965–1975 hat Ciba/Ciba-Geigy in Basel 300–500 t Terasilgelb 2GW in Trichlorbenzol hergestellt. Das Trichlorbenzol wurde mittels Destillation gereinigt, wobei Destillationsrückstände angefallen sind. Es ist anzunehmen, dass sie Dioxine, Furane und PCB enthielten und grösstenteils in der Deponie Bonfol abgelagert worden sind.

**8.3.2.5. Cibanongelb FGN (Ciba/Ciba-Geigy; Trichlorbenzol)**

In der Antrachinon-Chemie war der Einsatz der hochsiedenden Lösungsmittel Di- und Trichlorbenzol sowie Nitrobenzol für die Herstellung von Küpenfarbstoffen üblich: „Es ist [...] nicht bloss Zufall, dass die Fabrikation von Küpenfarbstoffen auf die grossen Fabriken beschränkt bleibt. Sehr oft [...] muss mit hochsiedenden Lösungsmitteln gearbeitet werden, wobei Temperaturen bis 210 Grad und mehr nicht selten sind“, schreiben etwa die Ciba-Blätter 1952.<sup>229</sup> Ein Mitarbeiter in Rente: „Das war Säure- und Lösungsmittel-Chemie. Wir haben z.B. Antrachinon in Schwefelsäure zu Benzanthron<sup>230</sup> verarbeitet, dann halogeniert und mit Aminen kondensiert. Das waren alles Hochtemperatur-Reaktionen, über 200 Grad, auch mit Trichlorbenzol-Sümpfen.“<sup>231</sup>

Cibanongelb FGN (Flavantron)<sup>232</sup> wurde ebenfalls in einer Hochtemperatur-Reaktion hergestellt: 1964 erfolgt die Synthese zuerst mit Trichlorbenzol und Kupfer bei 180–200 Grad C. Danach wird mehrere Stunden mit 5%iger Natronlauge gekocht.<sup>233</sup> Damit ist die Voraussetzung für die Bildung von Dioxinen und Furanen gegeben (vgl. Kap. 5).

**Fazit:**

**Bei der Herstellung von Küpenfarbstoffen war u.a. der Einsatz von Di- und Trichlorbenzol üblich. In der für Bonfol relevanten Zeit von 1961–1975 dürfte aus diesen Produktionen eine unbekannte Menge Dioxin- und Furan-haltiger Destillationsrückstände angefallen sein, die auf Deponie entsorgt worden sind, wie z.B. bei der Herstellung von Cibanongelb FGN mit Trichlorbenzol durch Ciba/Ciba-Geigy spätestens ab 1964.**

<sup>229</sup> Küpenfarbstoffe in: Ciba-Blätter, Hauszeitschrift der Ciba AG Basel, 8./9.1952 S. 9.

<sup>230</sup> Auf der Liste Muttentz ist Benzanthron unter der Nr. 3854 aufgeführt (IG DRB: Vertraulich – Stoffliste Deponien Muttentz, S. 59).

<sup>231</sup> Notizen über das Gespräch vom 19.7.2005 mit Mitarbeiter D, der bei Ciba-Geigy tätig war.

<sup>232</sup> Sandoz hat Flavanthron unter dem Markennamen Sandothrengelb FNGN und Geigy unter dem Namen Tinongelb FGN verkauft. Auf der Liste Muttentz ist Flavanthron unter der Nr. 426 unter dem Namen Cibanongelb FG erwähnt (Schweizer Hans Rudolf: Künstliche organische Farbstoffe, S. 377; IG DRB: Vertraulich – Stoffliste Deponien Muttentz, S. 7).

<sup>233</sup> Schweizer Hans Rudolf: Künstliche organische Farbstoffe, S. 377.

### 8.3.3. PCB in Pigmenten aus Di- und Trichlorbenzol der Basler chemischen Industrie

Die chemische Industrie erkannte in den 1970er-Jahren, dass in gewissen Pigmenten aus ihrer Produktion Polychlorierte Biphenyle (PCB) enthalten sind. Als vor allem die US-Behörden Grenzwerte für solche PCB in Pigmenten festlegen wollten, begann der von der Basler Industrie angeregte Zusammenschluss wichtiger Pigment- und Farbstoffhersteller, die ETAD<sup>234</sup>, systematisch nach PCB in Pigmenten zu suchen: „Die [...] gemessenen, vorläufigen Werte lagen mit wenigen Ausnahmen im Bereich 0.1 bis 1000 ppm<sup>235</sup>, wobei die Phthalocyanine<sup>236</sup> die höchsten Werte aufwiesen“, schreibt 1981 die in Basel ansässige ETAD. In diesem Produkt, das in Trichlorbenzol hergestellt wird, seien im Schnitt 100 mg/kg gemessen worden.<sup>237</sup> Das sind hohe Werte. Die ETAD-Mitgliedsfirmen, darunter Ciba-Geigy und Sandoz, begannen mit der „Erstellung von PCB-Bilanzen. Diese zeigten, dass die Hauptmenge (grösser 90%) der entstehenden PCBs sich in den Destillationsrückständen anreichern.“<sup>238</sup> Geht man von einem mittleren Wert der PCB-Belastung eines Phthalocyanin-Pigments von 100 mg aus, wie sie die ETAD erwähnt, so wären die Destillationsabfälle aus der Phthalocyanin-Herstellung mit rund 900 mg/kg belastet. Eine Konzentration von knapp einem Gramm PCB pro Kilogramm Destillationsabfall aus der Trichlorbenzol-Reinigung ist sehr viel. Welche Menge Destillationsabfall aus der Reinigung der geschätzten 800–1000 Trichlorbenzol angefallen ist, die Geigy, Ciba, Ciba-Geigy sowie Sandoz von 1961–1975 verbraucht haben, war im Rahmen dieser Studie nicht zu eruieren.

#### Fazit:

**Viele der mit Di- und Trichlorbenzol hergestellten Farbstoffe und Pigmente der Basler chemischen Industrie enthielten grosse Mengen an PCB. Deshalb haben die Basler Firmen Ende der 1970er-Jahre PCB-Bilanzen erstellt. Sie stellten fest, dass 10% der PCB im Produkt und über 90% der PCB mit der Reinigung z.B. des Trichlorbenzols in die Destillationsrückstände gelangen würden. Diese wurden grösstenteils deponiert. Aus der Phthalocyanin-Pigment-Produktion ist deshalb**

---

<sup>234</sup> Die Ecological and Toxicological Association of the Dystuff Manufacturing Industry (ETAD) wurde 1974 von Sandoz, Ciba-Geigy, BASF, Bayer, Hoechst und ICI gegründet. Sie organisiert den Umgang der Branche mit ökologischen Problemen im technischen und administrativ-politischen Bereich, zum Beispiel im Zusammenhang mit den PCB-verunreinigten Pigmenten und Farbstoffen (Kerner Imre/Maissen Toya: Die kalkulierte Verantwortungslosigkeit, S. 40).

<sup>235</sup> Entspricht mg/kg.

<sup>236</sup> Vgl. Kap. 8.3.2.1.

<sup>237</sup> Anliker R.: Über das Problem von polychlorierten Biphenylen (PCBs) in synthetischen organischen Pigmenten, in: Schweizerische Zeitschrift für chemische Industrie (Swiss Chem) Nr. 1–2, 1./2. 1981, S. 20.

<sup>238</sup> Gemeint ist vor allem Di- und Trichlorbenzol.

bei der Totalsanierung der Chemiemülldeponie Bonfol nach Industrieangaben mit Destillationsrückständen zu rechnen, die bis zu 1 g/kg PCB enthalten.

### 8.3.4. Chlorbenzole auf der Liste MuttENZ

Die Produktion und Verarbeitung von Chlorbenzolen begünstigt die Entstehung von Dioxinen, Furanen und PCB (vgl. Kap. 5).

Die Basler chemische Industrie hat in der für Bonfol relevanten Zeit von 1961–1975 mindestens 1500–2000 t Dichlorbenzol<sup>239</sup> und konservativ geschätzte 800–1000 t Trichlorbenzol verarbeitet.<sup>240</sup> Neben Di- und Trichlorbenzolen<sup>241</sup> arbeitete die Basler

Nr. Liste MuttENZ	Chlorbenzole
3497, 3500	1-Chlor-2,4-dinitrobenzol
3498	1-Chlor-2,4-dinitrobenzol-6-sulfonsäure
3503	1,4-Dichlor-2-nitrobenzol
3540, 4467, 4468	1-Chlor-2-nitrobenzol-4-sulfochlorid
3598	1-Chlor-4-amino-3-nitrobenzol
3947, 3948	Chlorbenzol (roh)
4126	1,4-Dichlorbenzol-2-sulfochlorid
4199	Dinitrochlorbenzol
4297	1,3-Dichlorbenzol
4353	1-Chlor-3-nitrobenzol (flüssig)
4466	Chlornitrobenzolsulfochlorid
4486	1,2-Dichlor-nitrobenzol
4497, 4498	1,4-Dichlor-nitrobenzol
4578	1,2-Dichlorbenzol
4590, 4591	1-Nitrobenzol-2-sulfochlorid
4595, 4596, 4597	1-Chlor-2-nitrobenzolsulfonsäure
4696	1,4-Dichlorbenzol
4684	1-Chlorbenzol-4-sulfochlorid
4754, 4755	1-Chlor-4-nitrobenzol
4756, 4757, 4758	1-Chlor-4-nitrobenzolsulfonsäure

**Tabelle 7: Chlorbenzol-Verbindungen, die auf der Liste MuttENZ aufgeführt sind<sup>242</sup>**

<sup>239</sup> Mindestens 1500–2000 t, weil diese Zahl nur dem geschätzten Verbrauch von Geigy, Ciba bzw. Ciba-Geigy entspricht. Die Menge Dichlorbenzol, die Sandoz verbrauchte, ist unklar.

<sup>240</sup> Vgl. S. 52.

<sup>241</sup> Trichlorbenzole sind auf der Liste MuttENZ wohl irrtümlicherweise nicht erwähnt.

<sup>242</sup> IG DRB: Vertraulich – Stoffliste Deponien MuttENZ.

Chemie in den 1950er- und 1960er-Jahren mit weiteren Chlorbenzolen, wie aus der Liste Muttenez<sup>243</sup> hervorgeht (vgl. Tab. 7, S. 62).

Von den 20 Chlorbenzol-Verbindungen<sup>244</sup>, die in Tabelle 7 aufgelistet sind, werden die meisten als Zwischenprodukte ausgewiesen, die weiterverarbeitet worden sind.<sup>245</sup> Welche Mengen dieser Chlorbenzole verarbeitet wurden, wie viel Dioxine und Dioxin-ähnliche Substanzen bei diesen chemischen Synthesen entstanden sind und in was für einer Form sie entsorgt wurden (Abwasser oder feste Abfälle), lässt sich im Rahmen dieser Studie nicht beantworten.

Die Liste Muttenez allerdings deckt nur den Zeitraum bis ca. 1965 ab. Danach aber begann der Höhenflug der Chlorchemie und damit auch der Chlorbenzol-Chemie erst richtig.<sup>246</sup> Chromophtal (vgl. Kap. 8.3.2.3) ist ein Beispiel dafür, dass die Basler Chemie nach 1965 neue, z.T. in grossen Mengen hergestellte Produkte lancierte, die auf Chlorbenzolen basieren, aber auf der Liste Muttenez noch nicht vorkommen. Welche anderen auf Chlorbenzolen basierenden Produkte der Basler chemischen Industrie nach 1965 in die Verkaufsregale gelangt sind, konnte im Rahmen dieser Studie nicht geklärt werden. Die Abfälle aus diesen Produktionen dürften – wie z.B. bei gewissen Chromophtal – mit Dioxinen, Furanen und PCB-Substanzen verunreinigt gewesen sein.

**Fazit:**

**Die Basler chemische Industrie hat schon in den 1950er- und 1960er-Jahren mindestens 20 Chlorbenzolverbindungen hergestellt bzw. weiterverarbeitet, wie aus der Liste Muttenez hervorgeht. Die Liste Muttenez aber deckt nur den Zeitraum bis ca. 1965 ab. Die Basler Chemie aber lancierte ab 1965 weitere Produkte, die mit Chlorbenzolen hergestellt wurden, wie z.B. die Chromophtal-Pigmente oder den Farbstoff Terasilgelb 2GW. Wie viel Dioxine und Furane bei der Herstellung weiterer Chlorbenzol-Produkte entstanden sind, die in Destillationsabfällen auf Deponie abgelagert wurden, lässt sich im Rahmen dieser Studie nicht beantworten.**

---

<sup>243</sup> Vgl. zur Liste Muttenez Kap. 7.1.2.3.

<sup>244</sup> Welche Chlorphenole bei den Deponien der Basler Chemie gefunden worden sind, vgl. Anhang 1 u. 2.

<sup>245</sup> S. Anm. 242. Vgl. auf der Liste Muttenez Spalte „Substanztyp“.

<sup>246</sup> Vgl. S. 30.

### 8.3.5. Exkurs: PCB im Zwischenprodukt 2,6-Dichlor-4-Nitroanilin von Sandoz

Am 13.11.1987 beschwerte sich Ciba-Geigy bei Sandoz, dass das von Sandoz bezogene 2,6-Dichlor-4-nitroanilin „aus der Produktion Hünningen sehr hohe Mengen (bis zu 800 ppm<sup>247</sup>) an PCBs (= Polychlorierte Biphenyle)“ enthalte. Daraus resultiere „ein zu hoher PCB-Gehalt in den Fertigprodukten“ der Ciba-Geigy, die deshalb „für den Export gesperrt“ worden seien. Die Analytische Abteilung von Sandoz habe die Analyseresultate von Ciba-Geigy bezüglich des PCB-Gehalts zudem bestätigt, hält Sandoz am 27.11.1987 in einer internen Mitteilung fest.<sup>248</sup>

Bei einer apparativen Kapazität von ca. 400 Tonnen<sup>249</sup> im Jahr produziert Sandoz 1988 200 Tonnen des u.a. bei Farbstoffsynthesen verwendeten Zwischenprodukts 2,6-Dichlor-4-nitroanilin.<sup>250</sup> Sandoz stellt 2,6-Dichlor-4-nitroanilin in einer „Qual[ität] Farben“, in einer Qualität „isomerenarm“ und in einer Qualität „rein“ her.<sup>251</sup> Das bedeutet: Für die Farbstoff-Produktion scheint der Stoff inklusive aller Nebenprodukte und Verunreinigungen eingesetzt worden zu sein. Eines der Nebenprodukte, das bei der Chlorierung entsteht, ist Chloranil<sup>252</sup>, das auf der UBA-Liste 1 für Dioxin-haltige Chemikalien aufgeführt ist.<sup>253</sup>

Die bei Filtrationen anfallenden Abfälle während der Herstellung von 2,6-Dichlor-4-nitroanilin scheinen mit dem Abwasser<sup>254</sup> zuerst in den Rhein und später in die Kläranlage geleitet worden zu sein.

Ciba-Geigy hat im 2,6-Dichlor-4-nitroanilin einen PCB-Gehalt von bis zu 800 mg/kg gemeldet. Geht man davon aus, dass das von Sandoz hergestellte 2,6-Dichlor-4-nitroanilin durchschnittlich mit 500 mg/kg PCB belastet war, so ergibt dies eine jährliche PCB-Erzeugung von 100 kg als Verunreinigung allein aus dieser Produktion.

---

<sup>247</sup> Entspricht 800 mg/kg.

<sup>248</sup> Ref. 1200/JRH/IB an Herrn J. Saxer: Information: DPNT mit untolerierbarem PCB-Gehalt, Sandoz-interne Mitteilung vom 27.11.1987.

<sup>249</sup> Sandoz AG Basel, Division Chemikalien: Vertraulich: 2,6-Dichlor-p-Nitroanilin, Basisinformationen über das Betriebsverfahren, Sandoz-interner Bericht vom 31.1.1989, S. 2.

<sup>250</sup> Sandoz AG: F90-Sortiment A / ZP, Sandoz-internes Dokument vom 25.8.1988, S. 1.

<sup>251</sup> Sandoz AG: RM Namen, S. 100.

<sup>252</sup> Sandoz AG Basel, Division Chemikalien: Vertraulich: 2,6-Dichlor-p-Nitroanilin, Basisinformationen über das Betriebsverfahren, Sandoz-interner Bericht vom 31.1.1989, S. 4.

<sup>253</sup> Vgl. UBA-Liste 1, S. 14.

<sup>254</sup> Vgl. Sandoz AG Basel, Division Chemikalien: Vertraulich: 2,6-Dichlor-p-Nitroanilin, S. 4.



Das stark PCB-verunreinigte 2,6-Dichlor-4-nitroanilin wurde in weiteren chemischen Reaktionen, z.B. zur Herstellung von Farbstoffen, eingesetzt. So gelangte das PCB in die während der Farbstoffproduktion entstehenden flüssigen und festen Abfälle, verunreinigte aber auch den Farbstoff selbst, der verkauft wurde.

**Fazit:**

**Allein im 2,6-Dichlor-4-Nitroanilin (DPNT) von Sandoz aus Huningue (F) wurden PCB im 100-kg-Bereich pro Jahr hergestellt. Ob und wie viel davon auf Deponie oder in den Rhein gelangte, hängt davon ab, wie viel 2,6-Dichlor-4-Nitroanilin an Drittfirmen verkauft wurde bzw. bei welchen Produktionen es Ciba-Geigy und Sandoz selber einsetzt haben. Deshalb ist es im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich abzuschätzen, wie viel von diesen PCB auf eine Deponie bzw. in den Rhein und später die Abwasserreinigung gelangt sind. Es ist zudem unklar, wann Sandoz die Produktion von DPNT aufgenommen hat.**

## 9. Schlussfolgerungen

### 9.1. Dioxine, Furane und PCB aus Produktionsprozessen der Basler Chemie

Die Basler chemische Industrie hat in den 1950er-, 1960er- und 1970er-Jahren mindestens 38 Substanzen hergestellt bzw. verarbeitet, die gemäss BUA-Dioxin-Listen 1+2 Dioxine enthalten oder möglicherweise enthalten haben.<sup>255</sup> Sie stellte aus diesen 38 Substanzen hunderte von Produkten her. Sie produzierte und verarbeitete insbesondere auch Chlorphenole und Chlorbenzole in relativ grossen Mengen.<sup>256</sup> Das sind 2 Substanzgruppen, von denen bekannt ist, dass sie mit Dioxinen, Furanen und PCB verunreinigt sind oder sein können. Zudem begünstigen sie unter bestimmten Synthesebedingungen zusätzlich die Neubildung von Dioxinen und Dioxin-ähnlichen Substanzen.<sup>257</sup> Welche Mengen dieser meist hochtoxischen und bioakkumulierenden Substanzen als Nebenprodukte der auf Chlorphenolen und Chlorbenzolen aufbauenden chemischen Synthesen angefallen sind, liess sich im Rahmen dieser Studie nur bei wenigen, meist auf Chlorphenol basierenden Produktionen grössenordnungsmässig abschätzen. Über die Herstellung von Trichlorphenol (Roche), Dioxazin-Pigmenten und -Farbstoffen (Ciba/Ciba-Geigy), die Produktion von Triclosan (Geigy/Ciba-Geigy) und Mitin LA (Geigy/Ciba-Geigy) konnten z.T. anhand von firmeninternen Analyseergebnissen und Analyserapporten aus der Literatur grobe Abschätzungen vorgenommen werden.

Gemäss Tabelle 8 (vgl. S. 69) sind allein aus der Produktion von Trichlorphenol, Dioxazin-Pigmenten und -Farbstoffen, Mitin LA sowie Triclosan von 1964–1975 durch Roche, Geigy, Ciba und Ciba-Geigy 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin-TEQ-Int. (2,3,7,8-TCDD-TEQ-Int.) in der Grössenordnung von 1000 g bis mehrere 1000 g entstanden. Darin enthalten sind 110–200 g 2,3,7,8-TCDD („Seveso-Dioxin“). Die Gesamtmenge Polychlorierte Dibenzodioxine und -Furane (PCDD/PCDF) allein aus diesen 4 Produktionen dürfte sich im Bereich von mehreren 100 kg befinden. Selbst wenn man annimmt, dass die erstellten quantitativen Abschätzungen der 4 Produkte

---

<sup>255</sup> Vgl. Kap. 7.1.5.

<sup>256</sup> Vgl. Kap 8.1, 8.2 und 8.3.

<sup>257</sup> Vgl. Kap. 5.

um einen Faktor 100 zu hoch gegriffen wäre, bleiben die aus nur 4 Herstellungsverfahren angefallenen Dioxin- und Furan-Mengen gross.

Herstellung/ Verarbeitung von	Produzierende Firma	Zeitraum	geschätzte PCDD/PCDF-Menge (g)	geschätzte Menge 2,3,7,8-TCDD ("Seveso- dioxin" in g)	Geschätzte Menge in 2,3,7,8-TCDD TEQ-Int (g)
Trichlorphenol	Roche	Ende 1960er-Jahre	unklar	100	mind. 100
Oxazin & Dioxazin-Pigmente + - Farbstoffe	Ciba/Ciba-Geigy	1965–1975	mehrere 100'000		1000 bis mehrere 1000
Triclosan	Geigy/Ciba-Geigy	1966–1975	mehrere 10'000 bis mehrere 100'000	6–60	100 bis 1000
Mitin LA	Ciba-Geigy	1974–1975	unklar	10 bis mehrere 10	10 bis mehrere 10
<b>Total</b>			<b>mehrere 100'000</b>	<b>110–200</b>	<b>1000 bis mehrere 1000</b>

**Tabelle 8: Grössenordnung der aus 4 Produktionen der Basler chemischen Industrie von 1964–1975 angefallenen Polychlorierten Dibenzodioxine und -Furane.**

Die Basler chemische Industrie aber hat tausende von Produkten z.B. in den Bereichen Farbstoffe, Chemikalien und Agro hergestellt, darunter viele, aus deren Produktionsprozess abgeleitet werden kann, dass Dioxine, Furane und PCB als Verunreinigungen angefallen sind oder angefallen sein müssen, wie z.B. bei der Herstellung von Phthalocyanin-Pigmenten<sup>258</sup>, Irgazin-Pigmenten,<sup>259</sup> Chromophtal-Pigmenten,<sup>260</sup> den Farbstoffen Terasilgelb 2GW<sup>261</sup> und Cibanongelb FGN<sup>262</sup> sowie bei gewissen optischen Aufhellern.<sup>263</sup>

Ein kleiner Teil der Dioxine und Dioxin-ähnlichen Substanzen verblieb normalerweise im Verkaufsprodukt.<sup>264</sup> Der grösste Teil der bei den erwähnten Produktionen eingeschleppten und neu entstandenen Dioxine, Furane und PCB aber gelangte über Filtrationen sowie über die Destillation von chlorierten Lösungsmitteln in die Filter- und

<sup>258</sup> Vgl. Kap. 8.3.2.1.

<sup>259</sup> Vgl. Kap. 8.3.2.2.

<sup>260</sup> Vgl. Kap. 8.3.2.3.

<sup>261</sup> Vgl. Kap. 8.3.2.4.

<sup>262</sup> Vgl. Kap. 8.3.2.5.

<sup>263</sup> Vgl. Anm. 190.

<sup>264</sup> Vgl. z.B. Kap. 8.3.2.1., Kap. 8.3.2.4. und 8.3.4.

Destillationsrückstände.<sup>265</sup> Diese festen Abfälle sind zum grössten Teil deponiert worden, weil die Verbrennung von Chemiemüll in den 1950er-, 1960er- und in der 1. Hälfte der 1970er-Jahre bei der Basler chemischen Industrie zwar langsam zunahm, aber insgesamt eine marginale Rolle spielte.<sup>266</sup>

Ein Schlaglicht auf die Produktion von PCB als Nebenprodukt in chemischen Prozessen der Basler chemischen Industrie werfen die PCB-Mengen, die bei der Herstellung von 2,6-Dichlor-4-Nitroanilin (DPNT) bei Sandoz in Huningue entstanden sind: 100 kg PCB als Nebenprodukt der Herstellung von 200 t Produkt im Jahre 1986 sind eine beachtliche Menge. Zwar kann im Falle von DPNT davon ausgegangen werden, dass ein grosser Teil dieser PCB über das Abwasser im Rhein bzw. in der Kläranlage gelandet sind. Das Beispiel DPNT von Sandoz zeigt aber, dass in der grossen Palette an Zwischenprodukten und Endprodukten, die die Basler chemische Industrie in den 1950er-, 1960er- und 1970er-Jahren hergestellt hat, einige wenige Herstellungsverfahren ausreichen, um grosse Mengen Dioxine und Dioxin-ähnlicher Substanzen zu erzeugen.

## **9.2. Dioxine, Furane und PCB in den Deponien der Region Basel**

Wie viel Dioxine, Furane und PCB in den 1950er-Jahren mit den festen Abfällen in den meist illegalen Chemiemülldeponien der Region Basel abgelagert worden sind, lässt sich im Rahmen dieser Studie nicht abschätzen. Dass die Basler chemische Industrie aber schon in den 1950er-Jahren mit Substanzen gearbeitet hat, bei deren Verarbeitung unter gewissen Synthese-Bedingungen Dioxine, Furane und PCB entstanden sind, geht aus Stofflisten der Industrie hervor.<sup>267</sup> Dass Dioxin-haltige bzw. möglicherweise Dioxin-haltige Substanzen in den Chemiemülldeponien in der Region Basel abgelagert wurden und noch heute nachgewiesen werden können, zeigen Analyseergebnisse aus dem Umfeld der Deponien.<sup>268</sup> Da der Höhenflug der

---

<sup>265</sup> Vgl. z.B. Kap. 8.3.

<sup>266</sup> Vgl. Kap. 7.1.4. und 8.3.4.

<sup>267</sup> Vgl. Kap. 7.1.2., 7.1.2.3, 7.1.5, 8.2.4.

<sup>268</sup> Vgl. Kap. 7.1.6. sowie Anhang 1 und Anhang 2.

Chlorchemie aber erst Mitte der 1960er-Jahre richtig einsetzte<sup>269</sup>, dürfte die Menge der Dioxine und Dioxin-ähnlichen Substanzen, die in den 1950er-Jahren mit den Abfällen abgelagert worden sind, eher kleiner sein als in der 2. Hälfte der 1960er- und der 1. Hälfte der 1970er-Jahre. Da allfällige Dioxin-, Furan- und/oder PCB-haltige Chemieabfälle z.B. in der Form von Destillationsrückständen abgelagert wurden, würden sie auch in den Deponien der Region Basel als „Hot spots“ auftreten.<sup>270</sup>

### 9.3. Dioxine, Furane und PCB in der Deponie Bonfol

Betrachtet wurde die Herstellung von Trichlorphenol, Triclosan, Mitin LA sowie Oxazin/Dioxazin-Pigmenten und Farbstoffen durch Roche, Geigy, Ciba sowie Ciba-Geigy. Allein aus diesen 4 Produktionen entstanden von 1964–1975 Dioxine und Furane in der Grössenordnung von 1000 g bis mehrere 1000 g 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin-TEQ-Int. (2,3,7,8-TCDD-TEQ-Int). Darin enthalten ist 2,3,7,8-TCDD („Seveso-Dioxin“) im Bereich von 110–200 g. Die Gesamtsumme der Polychlorierten Dibenzodioxine und -Furane (PCDD/PCDF) dürfte mehrere 100'000 g umfassen.<sup>271</sup> Sie wurden grösstenteils mit den Abfällen aus den erwähnten 4 Produktionen von 1964–1975 deponiert. Die Chemiemülldeponie Bonfol war damals die einzige legale Chemiemülldeponie in der Schweiz. Deshalb ist davon auszugehen, dass der z.T. stark Dioxin- und Furan-verunreinigte Abfall aus den erwähnten 4 Produktionen in Bonfol abgelagert worden ist.

In diesem Zeitraum arbeitete die Basler chemische Industrie zudem mit mindestens 20 Chlorphenol- und mindestens 20 Chlorbenzol-Substanzen.<sup>272</sup> Viele dieser Stoffe waren mit Dioxinen, Furanen und PCB verunreinigt.<sup>273</sup> Zudem sind beide Substanzgruppen bekannt dafür, dass in chemischen Reaktionen zur Herstellung von Zwischen- und Verkaufsprodukten Dioxine, Furane sowie PCB als oft unvermeidbare Nebenprodukte entstehen. Die Basler chemische Industrie hat vor allem in der für Bonfol relevanten Zeit von 1965–1975 aus diesen Chlorbenzolen und Chlorphenolen mehrere tausend

---

<sup>269</sup> Vgl. S. 30.

<sup>270</sup> Warum, vgl. S. 70.

<sup>271</sup> Vgl. Tab. 8, S. 69.

<sup>272</sup> Vgl. Kap. 8.2.4 u. 8.3.4.

<sup>273</sup> Versar Inc.: List of Chemicals Contaminated or Precursor to Contamination, Appendix A, S. 134–165.

Tonnen Produkte hergestellt. Die Dioxine und Dioxin-ähnlichen Substanzen gelangten grösstenteils in die Abfälle aus diesen Produktionen. Ein solcher Abfall waren z.B. die Destillationsrückstände aus der Reinigung chlorierter Lösungsmittel.

In der für Bonfol relevanten Zeit von 1961–1975 dürfte die Menge der mit Dioxinen, Furanen und PCB anfallenden Rückstände aus der Destillation von chlorierten Lösungsmitteln gross gewesen sein. Denn allein Geigy, Ciba und Ciba-Geigy verbrauchten in dieser Zeit gemäss grober Schätzung ehemaliger Mitarbeiter Dichlorbenzol in der Grössenordnung von 1500–2000 t. Zudem verarbeiteten Geigy, Ciba und Ciba-Geigy sowie Sandoz Trichlorbenzol in der Grössenordnung von 800–1000 t.<sup>274</sup> Die Destillationsrückstände aus der mehrfachen Reinigung dieser geschätzten 3000 t chlorierter Lösungsmittel wurden vor allem von 1965–1975 mit grosser Sicherheit in Bonfol abgelagert. Wie gross die Menge an Dioxinen, Furanen und PCB war, die sie enthielten, konnte im Rahmen dieser Studie nicht geklärt werden. Angesichts der Dioxin- und Furan-Mengen, die alleine aus den erwähnten 4 Produktionen geschätzt angefallen sind, kann davon ausgegangen werden, dass in Bonfol

- 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin TEQ-Int. (2,3,7,8-TetraCDD TEQ-Int.) im zweistelligen Kilo-Bereich

zu erwarten ist. Davon dürfte das

- 2,3,7,8-Tetra-CDD („Seveso-Dioxin“) mehrere 100 g bis in den Kilogramm-Bereich ausmachen. Die Gesamtmenge an Dioxinen und Furanen sowie PCB könnte sich durchaus
- im Bereich 1 Tonne Polychlorierten Dibenzodioxinen und -Furanen (PCDD/PCDF)
- im Bereich 1 Tonne PCB

bewegen.

Die Dioxine, Furane und PCB sind im Chemiemüll in der Deponie Bonfol nicht homogen über die 114'000 Tonnen verteilt. Im Gegenteil. Da sie in der Regel noch immer grösstenteils z.B. in Destillationsrückständen eingebunden sein dürften, sind sie eher Hot-spot-mässig zu erwarten. Sie werden also lokal begrenzt in relativ hohen Konzentrationen auftreten.

---

<sup>274</sup> Vgl. Kap. 8.3.1.

Entgegen den Angaben der Basler Chemischen Industrie (BCI)<sup>275</sup> aus den Jahren 2003<sup>276</sup> und 2005<sup>277</sup> zeigen die qualitativen und quantitativen Betrachtungen der Dioxin-, Furan- und PCB-Problematik rund um die Abfälle aus den Produktionen der Basler chemischen Industrie, dass in der Chemiemülldeponie Bonfol grössere Mengen Dioxine, Furane und PCB abgelagert worden sind.

**Fazit:**

**Entgegen den Darstellungen der Basler Chemischen Industrie (BCI) ist in der Chemiemülldeponie Bonfol davon auszugehen, dass Dioxin-, Furan- und PCB-„Hot spots“ auftreten. Es ist mit 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin TEQ-Int. im zweistelligen Kilogramm-Bereich zu rechnen. 2,3,7,8-TetraCDD („Seveso-Dioxin“) dürfte davon mehrere 100 g bis in den Kilogramm-Bereich ausmachen. Die Gesamtsumme der Polychlorierten Dibenzodioxine und -Furane (PCDD/PCDF) dürfte sich in der Grössenordnung von 1 Tonne bewegen. Auch mit PCB ist im Bereich von 1 Tonne zu rechnen. Dioxine und Dioxin-ähnliche Substanzen gehören somit zu einer jener Stoffgruppen,<sup>278</sup> denen im Rahmen der Totalsanierung spezielle Beachtung zukommen sollte.**

---

<sup>275</sup> In der BCI haben sich die Chemie- und Pharmafirmen Roche, Novartis, Syngenta, Clariant, Ciba, Henkel, Rohner und SF-Chem zusammengeschlossen. Die BCI hat die Chemiemülldeponie Bonfol von 1961–1976 betrieben ([http://www.bci-info.ch/sub\\_vorstellen\\_organ.html](http://www.bci-info.ch/sub_vorstellen_organ.html)).

<sup>276</sup> Vgl. Kap. 6.

<sup>277</sup> Die BCI vergleicht etwa die Totalsanierung von Bonfol mit der Sanierung einer Hexachlorcyclohexan(HCH)-Deponie bei Maag Dielsdorf (vgl. Anm. 38 unter Hexachlorcyclohexan). HCH-Abfälle enthalten geringe Spuren an Dioxinen und Furanen, wie z.B. vom Autor veranlasste Analysen von HCH-Abfällen des französischen Herstellers Ugine-Kuhlmann gezeigt haben, der bis in die 1970er-Jahre in Huningue (F) HCH bzw. Lindan produzierte. Wie bei den Ugine-Kuhlmann-Deponien im Elsass handelte es sich bei der Maag-Deponie in Dielsdorf zum grössten Teil um eine Monodeponie. Das heisst: bei Maag wurden fast ausschliesslich HCH-Abfälle deponiert. In Bonfol aber wurden Abfälle aus den verschiedensten Produktionen deponiert, die zum Teil weit höhere Dioxin- und Furan-Konzentrationen aufweisen als HCH-Abfälle. Deshalb ist eine HCH-Deponie nicht geeignet, um sie betreffend Dioxine und Dioxin-ähnliche Substanzen mit Bonfol zu vergleichen. Im Gegensatz zu Maag hat Ugine-Kuhlmann Mitte der 1970er-Jahre mittels Pyrolyse aus den HCH-Abfällen Trichlorbenzol hergestellt und nach Angaben eines ehemaligen Mitarbeiters an Sandoz verkauft. Dieses aus HCH-Abfällen hergestellte Trichlorbenzol war stark mit Dioxinen belastet. Für welche Produktionen Sandoz dieses Trichlorbenzol verwendet hat, ist nicht bekannt. Sandoz verwendete Mitte der 1970er-Jahre Trichlorbenzol zur Herstellung von Phthalocyanin-Pigmenten (vgl. Kap. 8.3.2.1.) [Forster Martin: Umweltnutzung durch die chemische Industrie am Fallbeispiel der HCH-Fabrik Ugine-Kuhlmann, Hüningen (F) – Die Insektizide Hexachlorcyclohexan (HCH) und Lindan: Die Produktion und ihre räumlichen Konsequenzen in der Region Basel, unveröffentlichte Lizentiatsarbeit am Geografischen Institut der Universität Basel, Basel 6.1995, S. 104/105; Priska Forster/Martin Forster: Reizendes Gift – Begegnungen mit HCH, Dokumentarfilm, 60 Minuten, Produktion: Fama Film AG, Bern, im Auftrag des ZDF und des SF DRS, 1995].

<sup>278</sup> Andere für die Totalsanierung von Bonfol relevanten Stoffgruppen sind z.B. die Aromaten und die polycyclischen Kohlenwasserstoffe.

#### 9.4. Die Konsequenzen der Dioxin-Vorkommen auf das Bonfol-Sanierungsprojekt der BCI

Bei der Totalsanierung der Chemiemülldeponie Bonfol werden Dioxine und Furane Hot-spot-mässig auftreten, was bedeutet: Sie treten je nach abgelagerter Abfallart lokal in relativ hohen Konzentrationen auf (z.B. in Destillationsabfällen<sup>279</sup>). Sie sind nicht homogen über den ganzen Deponieinhalt verteilt. Die Handhabung der Abfälle muss deshalb grundsätzlich auf das Vorhandensein von Dioxinen/Furanen/PCB ausgerichtet sein.<sup>280</sup> Aus Gründen eines präventiven Schutzes der betroffenen Arbeitenden, Anwohner und Anwohnerinnen ist ein umfassendes Überwachungsprogramm mit der dafür notwendigen Analytik vorzusehen.

So, wie die BCI gemäss Sanierungsprojekt vom 12.2003 die Chemieabfälle ausheben und tel quel in Schreddern zerhacken will, besteht das Risiko einer Freisetzung von Dioxinen, Furanen und PCB.

##### 9.4.1. Freisetzungsriskien beim Ausgraben der Abfälle

Während des Aushubs (Rückbau) der Chemiemülldeponie Bonfol gemäss Sanierungsprojekt der BCI vom 12.2003 bestehen u.a. folgende Freisetzungsriskien für Dioxine, Furane und PCB:

- a) **Staubemissionen, die Dioxine und Dioxin-ähnliche Substanzen enthalten:** Da die BCI keine Abluftreinigung für die Abbauhalle installieren will, würden die z.B. durch die Arbeiten aufgewirbelten Dioxin-, Furan- und/oder PCB-haltigen Staubpartikel über die Lüftung mit grosser Geschwindigkeit ungehindert ins Freie ausgestossen.<sup>281</sup>

<sup>279</sup> Destillationsabfälle machen gemäss Angaben der BCI 50-70% der brennbaren Abfälle in der Deponie Bonfol aus. Die brennbaren Abfälle ihrerseits haben gemäss BCI einen Anteil am Total der abgelagerten 114'000 Tonnen von 10-30% (BCI/IG DIB: Rapport principale, S. 29).

<sup>280</sup> Es würde z.B. wenig Sinn machen, den Chemiemüll in Bonfol chargenweise auf Dioxine, Furane und PCB zu untersuchen. Es empfiehlt sich eher, grundsätzlich davon auszugehen, dass auch Dioxine, Furane und PCB vorkommen können, und die ganze Sanierung bezüglich Umgang und Entsorgung mit dem ausgehobenen Chemiemüll auch auf das Vorhandensein dieser Stoffe auszurichten.

<sup>281</sup> BCI Betriebs-AG DIB: Eaux, eaux usées, effluents gazeux, Rapport annexe 7.7, 10.2003, S. 21 u. 22.



- b) Brände, Explosionen und Verpuffungen während des Rückbaus:**  
 Im Brandfall, bei Explosionen und Verpuffungen können an Partikel gebundene Dioxine, Furane und PCB durch die Hitze/Aufwirbelung ungehindert über die Lüftung ins Freie gelangen, da die BCI keine Abluftreinigung vorsieht. Aufgrund der vorhandenen Stoffe und Temperaturen können bei Bränden zudem neue Dioxine und Furane entstehen bzw. weniger gefährliche Dioxine und Furane in stärker toxische Dioxine und Furane umgewandelt werden. Auch sie würden über die Lüftung mit grosser Geschwindigkeit über das Dach aus dem Kamin freigesetzt.<sup>282</sup>

**Fazit:**

**So, wie die BCI den Aushub der Chemiemülldeponie Bonfol bewerkstelligen will, könnte es zu einer relativ weiträumigen Kontamination der Umgebung der Deponie mit Dioxinen, Furanen und PCB kommen.**

#### **9.4.2. Freisetzungsrisiko beim Konditionieren (= Schreddern) der ausgegrabenen Abfälle**

Bei der Konditionierung der Abfälle, wo die aus der Deponie Bonfol ausgehobenen Chemieabfälle in erster Linie tel quel in Schreddern zerkleinert werden sollen,<sup>283</sup> erscheint das Freisetzungsrisiko für Dioxine, Furane und PCB als besonders gross. Dies hat u.a. folgende Gründe:

- a) Staubemissionen, die Dioxine und Dioxin-ähnliche Substanzen enthalten:**  
 Da die BCI auch in der Konditionierungshalle keine Abluftreinigung installieren will, würden allfällige Dioxin-, Furan- und/oder PCB-haltige Staubpartikel, die beim Schreddern der Abfälle entstehen können, über die Lüftung mit grosser Geschwindigkeit ins Freie gelangen.<sup>284</sup>
- b) Brände, Explosionen und Verpuffungen beim Schreddern:**  
 Die BCI plant nur eine rudimentäre Triage der ausgegrabenen Abfälle nach physikalischen Kriterien durchzuführen. Eine grobe chemische Triage ist nicht vorgesehen.<sup>285</sup> Deshalb können sich beim Zerkleinern der Chemieabfälle im Schredder Chemikalien vermischen, die sich nicht „vertragen“, also reagieren. Auch eine Abtrennung der leichtflüchtigen Stoffe findet nicht statt. Dies hat ein

<sup>282</sup> Ebenda.

<sup>283</sup> BCI Betriebs-AG/IG DIB: Abfallkonditionierung und Versandbereitstellung, Beilagenbericht; 7.6, 09.2003, S. 9, 21, 24f, 29 u. 49.

<sup>284</sup> BCI Betriebs-AG DIB: Eaux, eaux usées, effluents gazeux, Rapport annexe 7.7, 10.2003, S. 25 u. 26.

<sup>285</sup> Forter Martin/Walther Jean-Louis: Gutachten über das Sanierungsprojekt der Basler Chemischen Industrie (BCI), S. 49–53.

relativ grosses Brand-, Explosions- und Verpuffungsrisiko in den Schreddern zur Folge.<sup>286</sup> Im Brandfall, bei Explosionen und Verpuffungen können – wie während des Abbaus des Chemiemülls – an Partikel gebundene Dioxine, Furane und PCB durch die Hitze/Aufwirbelung ungehindert über die Lüftung ins Freie gelangen, da die BCI keine Abluftreinigung installieren will. Aufgrund der vorhandenen Stoffe und Temperaturen können bei Bränden zudem neue Dioxine und Furane entstehen bzw. weniger gefährliche Dioxine/Furane in giftigere umgewandelt werden, die auf demselben Weg über die Lüftung aus der Konditionierungshalle mit grosser Geschwindigkeit über das Kamin freigesetzt würden.<sup>287</sup>

**Fazit:**

**Die Art und Weise, wie die BCI den aus der Chemiemülldeponie Bonfol ausgegrabenen Abfall zerkleinern will, könnte eine relativ grossräumige Freisetzung von Dioxin- und Dioxin-ähnlichen Substanzen mit den schwer abschätzbaren Konsequenzen für Anwohner und Anwohnerinnen sowie die Umwelt zur Folge haben.**

### **9.4.3. Arbeitnehmerschutz**

Da in Bonfol Dioxin-, Furan- und PCB-haltige Abfälle abgelagert worden sind, ist dafür zu sorgen, dass Menschen, die dort arbeiten präventiv optimal geschützt werden, d.h. kein Hautkontakt mit den Chemieabfällen stattfindet und sie diesen auch nicht einatmen oder aufnehmen können. Da es keine Null-Exposition gibt, sind entsprechende Überwachungsprogramme zu etablieren.

**Fazit:**

**Da im Chemiemüll der Deponie Bonfol mit Dioxinen, Furanen und PCB zu rechnen ist, sind die Arbeiter präventiv entsprechend zu schützen und ein Überwachungsprogramm zu erstellen.**

---

<sup>286</sup> Ebenda. Dieses Risiko sieht auch der Kanton Jura (Office des Eaux et de la Protection de la Nature: Décharge industrielle de Bonfol, Projet d'assainissement, prise de position, S. 66).

<sup>287</sup> BCI Betriebs-AG DIB: Eaux, eaux usées, effluents gazeux, Rapport annexe 7.7, 10.2003, S. 21 u. 22.

#### **9.4.4. Entsorgung der ausgehobenen, teilweise Dioxin-haltigen Abfälle**

Da die BCI davon ausging, dass die aus der Chemiemülldeponie Bonfol ausgegrabenen Abfälle keine oder nicht relevante Mengen an Dioxinen, Furanen und PCB enthalten<sup>288</sup>, ist nicht klar, ob die von der BCI anvisierten Verbrennungsanlagen über die notwendige Bewilligung für die Verbrennung von Chemieabfall verfügen, der Dioxin, Furan und PCB in relativ hohen Konzentrationen enthalten kann.

##### **Fazit:**

**Da Partien des aus der Deponie Bonfol ausgegrabenen Chemiemülls Dioxine und Dioxin-ähnliche Substanzen enthalten werden, muss geklärt werden, ob die von der BCI anvisierten Sondermüllverbrennungsanlagen auch allfällig Dioxin-haltigen Chemiemüll annehmen dürfen.**

#### **9.4.5. Abschliessende Bemerkung zur Gewichtung der Dioxin-Vorkommen in Bonfol und zur Haltung der BCI**

Beim Aushub und der Behandlung des in Bonfol ausgegrabenen Chemiemülls muss auch mit Dioxinen, Furanen und PCB in lokal relativ hohen Konzentrationen gerechnet werden. Trotzdem würde es wenig Sinn machen, aufgrund dieser Erkenntnis den Chemiemüll in Bonfol chargenweise auf Dioxine, Furane und PCB zu untersuchen. Es empfiehlt sich eher, grundsätzlich davon auszugehen, dass auch Dioxine, Furane und PCB vorkommen können, und die ganze Sanierung bezüglich Umgang und Entsorgung des ausgehobenen Chemiemülls auch auf das Vorhandensein dieser Stoffe auszurichten. Denn: Entsprechende Risiken, wie sie im Zusammenhang mit Dioxinen, Furanen und PCB im Kapitel 9.4 aufgelistet worden sind, bestehen auch für andere Stoffgruppen, die in grossen Mengen in Bonfol abgelagert worden sind, wie z.B. für die zahlreichen krebserregenden Aromaten. Die Risiken, die von den verschiedenen Stoffgruppen ausgehen, sind in vielen Belangen identisch und haben deshalb in der Regel auch identische Sicherheitsmassnahmen zur Folge. Wie gesagt<sup>289</sup>:

**Die Dioxine, Furane und PCB sind nur eine von verschiedenen Stoffgruppen, die in Bonfol abgelagert worden sind und deren Vorkommen bei der Totalsanierung**

---

<sup>288</sup> Vgl. Kap. 6.

<sup>289</sup> Vgl. S. 71.

**speziell beachtet werden muss. Von Seiten der BCI fehlte bisher die Offenheit, sich dieser Herausforderung zu stellen.**

## 10. Bibliographie und Quellennachweis:

- Alloway B.J./Ayers D.C.: Schadstoffe in der Umwelt. Chemische Grundlagen zur Beurteilung von Luft-, Wasser- und Bodenverschmutzungen, Heidelberg/Berlin/Oxford 1996.
- Anonymus: The personal touch, in: European Chemical News, 24.–30.4.2000.
- Aselmeyer M.: Commune de Neuwiller Haut-Rhin, Installation d'un dépôt de déchets industriels, mémoire explicatif, Colmar, 31.5.1960.
- Ballschmitter Karlheinz/Bacher Reiner: Dioxine, Weinheim 1996.
- BCI Betriebs-AG/BMG: Chemische Risikobewertung Deponie Bonfol, Stand Ende 2002, Beilagenbericht 6.1, 08.2002.
- BCI Betriebs-AG/BMG: Chemische Risikobewertung Deponie Bonfol, Stand Ende 2002, Anhänge zum Beilagenbericht 6.1, 08.2002.
- BCI Betriebs-AG/BMG: Geologie & Hydrogeologie, 10.2003, Rapport annexe 4.0, 8.2002.
- BCI Betriebs-AG/IG DIB: Abfallkonditionierung und Versandbereitstellung, Beilagenbericht; 7.6, 09.2003.
- BCI Betriebs-AG/BMG: Projet d'assainissement définitif de la DIB: Rapport principal, 27.11.2003.
- BCI Betriebs-AG/IG DIB: Verfahrenstechnische Behandlung des belasteten Untergrundmaterials, Beilagenbericht 7.3, 09.2003.
- BCI Betriebs-AG/IG DIB: Assainissement définitif de la décharge industrielle de Bonfol: Concept d'excavation, Rapport annexe 7.5, 10.2003.
- BCI Betriebs-AG/Sicherheitsinstitut/IG DIB: Konzept Sicherheit und Gesundheitsschutz, Beilagenbericht 7.8, 09.2003; BCI Betriebs-AG DIB: Eaux, eaux usées, effluents gazeux, Rapport annexe 7.7, 10.2003.
- BCI Betriebs-AG/IG DIB: Rapport environnemental, Rapport annexe 7.10, 11.2003; BCI Betriebs-AG/IG DIB: Sanierungsziele, Beilagenbericht 6.2, 11.2003.
- BCI, Mitgliedsfirmen: [http://www.bci-info.ch/sub\\_vorstellen\\_organ.html](http://www.bci-info.ch/sub_vorstellen_organ.html)).
- Beck H. et al.: Determination of PCDDs and PCDFs in Irgasan DP 300 in: Chemosphere Volume 19, Issues 1–6, 1989, 167–170.
- Betty Lellyn: Chlorine and antimicrobials cause concern in: Environmental Science & Technology, American Chemical Society, 1.5.2005.
- BMG: Risikobewertung Mühlbach (nur die Anhänge): Gemessene Mittelwerte in den Jahren 2000–2002, Zürich 1.5.2003.
- Bossang Tobias: Von Gift- und Bauernopfern, Basler-Zeitung vom 15.8.2005.
- Bretthauer Erich W./Kraus Heinrich W./di Domenico Alessandro: Dioxin Perspectives – A pilot study on International Information Exchange on Dioxins and Related Compounds, New York 1991.
- Bundesrepublik Deutschland, Umweltbundesamt: Sachstand Dioxine – Stand November 1984, Berichte 5/85.

- Buser, H.R.: Brominated and brominated/chlorinated dibenzodioxins and furans: potential environmental contaminants, in: Chemosphere, Vol. 16, Nr. 5 1987, S. 713–732.
- Buwal: Dettwiler Johannes/Karlaganis Georg/Studer Christoph: Dioxine und Furane, Standortbestimmung, Beurteilungsgrundlagen, Massnahmen, Schriftenreihe Umwelt Nr. 290, Bern, 1997.
- Buwal: Stoffbilanz Halogenierte Lösemittel, Schriftenreihe Umwelt Nr. 252, Bern, 1985.
- Ciba AG: Die Chloralkali-Elektrolysen in Monthey, in: Ciba-Blätter Nr. 33, Hauszeitschrift der Ciba Aktiengesellschaft, Basel, 6.1946.
- Ciba AG: Vom Chlor, in: Ciba-Blätter Hauszeitschrift der Ciba AG Basel Nr. 34/35, 7./8.1946.
- Ciba AG: Küpenfarbstoffe, in: Ciba-Blätter, Hauszeitschrift der Ciba AG Basel, 8./9.1952.
- Ciba AG: Neue Farbstoffe und technische Applikationsprodukte der Ciba, Terasilgelb 2GW, in: Ciba-Rundschau, Hauszeitschrift der Ciba AG Basel, 3/1965.
- Ciba AG: Ciba – für neue Mitarbeiter, Basel, 1969.
- Ciba-Geigy AG: Irgazin Gelb 2GLT, 2GLTE, 2GLTN, N 20024, N 55080, N 55067, Kopie einer Karteikarte aus der firmeninternen Verfahrens-Kartei der Ciba-Geigy, datiert mit 21.12.1971, 7.1977 und 10.1978.
- Ciba-Geigy AG, Bretscher H.: Protokoll No. 3 der Oe-TE Leitungsbesprechung vom 22.01.1973, Ciba-Geigy-interner Bericht vom 23.1.1973.
- Ciba-Geigy AG: Chromoptal Bordeaux R (handschriftlich ergänzt mit: RN RS) N 14217, Kopie einer Karteikarte aus der firmeninternen Verfahrens-Kartei der Ciba-Geigy, datiert mit 21.12.1973 und 7.1977.
- Ciba-Geigy AG: Pigment Violet 732, N5240, Kopie einer Karteikarte aus der firmeninternen Verfahrens-Kartei der Ciba-Geigy, datiert mit 21.12.1973 und 7.1977.
- Ciba-Geigy AG: Chromoptal Gelb 3GN 16062, Kopie einer Karteikarte aus der firmeninternen Verfahrens-Kartei der Ciba-Geigy, datiert mit [unlesbar] und 7.1977.
- Ciba-Geigy AG: Dioxazine, Ciba-Geigy-internes Papier, undatiert, ca. 1979.
- Ciba-Geigy AG: Handnotiz eines Mitarbeiters, ca. 1979.
- Ciba-Geigy-Magazin: Organische und anorganische Pigmente, in: Nr. 4, 1980.
- Ciba-Geigy AG: Cromoptal Gelb Pigmente, Ciba-Geigy-internes Papier, undatiert, ca. 1980.
- Ciba-Geigy AG: Cromoptal Rot Pigmente, Ciba-Geigy-internes Papier, undatiert, ca. 1980.
- Ciba-Geigy AG: Herstellung von TCCBM, Ciba-Geigy-internes Produktionsschema, undatiert, um 1980.
- Ciba-Geigy AG: K2: Cigy Oek-Tech W. Schmid/TK 2.2, Bericht vom 7.1.1988/vs: Spezialuntersuchung Deponie Bonfol: Drainagegraben, org. Verunreinigungen in der Luft, 21.12.1987, Ciba-Geigy-interner Bericht vom 07.01.1988.
- Ciba-Geigy AG: Sonderabfall-Verbrennungsanlage der Ciba-Geigy AG Werk Basel SMVA – K-224, Basel, 01.1989.
- Ciba-Geigy AG: Irgasan DP 300, Kopie einer Ciba-Geigy-internen Verfahrensdarstellung zur Herstellung von Triclosan, undatiert, ca. 1990.

- Ciba-Geigy-Forschungsdienste, Zentrale Analytik: Confidential: Determination of Polychlorinated Dibenzodioxins (PCDD's) and Dibenzofurans (PCDF's) in Furan Sand and PCE residues, Ciba-Geigy-internes Dokument vom 14.4.1993.
- Ciba-Geigy Ltd Basle, Chemicals Division: Quality Information Chemicals, Product Name: Irgasan DP 300, Ident.-No. 030249.0, Edition vom 14.12.1993.
- Ciba-Geigy AG, Werkarchiv: Schriftliche Mitteilung an den Autor vom 18.07.1994.
- Cimo: Site Industriel de Monthey: Emplacement des décharges et des terres souillées, No. Dessin 68.98.3.0005, Monthey 6.4.1998.
- Colombi Schmutz Dorthe SA (CSD): Bericht über die Grundwasser-Beeinträchtigung im Bereich der chemischen Fabrik in Monthey, 22.8.1986.
- Colombi Schmutz Dorthe SA (CSD): Surveillance hydrogéologique dans le secteur compris entre l'usine Ciba-Geigy et le puits de pompage communal du Boeuferrant, Rapport Hydrogéologique, im Auftrag der Ciba-Geigy Monthey, Sion, 3.1989.
- Colgate Total Langzeitwirkung (Zahnpasta mit Triclosan).
- Colour Index, Vol. 4, 3. Ed. 1971.
- Département de l'intérieur et de la santé publique, Laboratoire Cantonal: Analyse chimiques, Ollon – Station des pompage des Grandes Isles d'Amont – Robinet de service, Epalinges, 14.5.1990.
- Département de l'intérieur et de la santé publique, Laboratoire Cantonal: Analyse chimiques, Ollon – Station des pompage des Grandes Isles d'Amont – Robinet de service, Epalinges, 28.5.1990.
- Deutsche Forschungsgemeinschaft: Polychlorierte Biphenyle, Mitteilungen XIII der Senatskommission zur Prüfung von Rückständen in Lebensmitteln, Weinheim 1988.
- Directory of Chemical Producers, West Europe, Menlo Park, (California) 1986.
- Einwohnergemeinde Muttenz: Beilagenband C, Chemische Analysen Labor RWB, Muttenz 1.2005.
- FDA-Homepage: <http://www.fda.gov/cder/dmf/text/2Q2005ACTIVETYPE5TEXT.txt>.
- Fiedler Heidelore/Hutziger Otto: Literaturstudie: Polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane (PCDD/PCDF), Organohalogen Compounds Volume 5, 9.1991
- Fiedler Heidelore: Polychlorinated Biphenyls (PCBs): Uses and Environmental Releases. Presented at the subregional Awarenessraising Workshop on Persistent Organic Pollutants (POPs), Bangkok, Thailand, 11.1979, einzusehen unter [http://www.chem.unep.ch/pops/POPs\\_Inc/proceedings/bangkok/FIEDLER1.html](http://www.chem.unep.ch/pops/POPs_Inc/proceedings/bangkok/FIEDLER1.html).
- Fierz-David Hans Edmund/Blangey Louis, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich: Fundamental Processes of Dye Chemistry, London New York 1949.
- Forster Martin/Knaup Horand: Sandoz-Ofen pustet ungestört Dioxine in die Luft, in: Badische Zeitung, Nr. 250, 28./29.10.1989.
- Forster Priska/Forster Martin: Reizendes Gift – Begegnungen mit HCH, Dokumentarfilm, 60 Minuten, Produktion: Fama Film AG, Bern, im Auftrag des ZDF und des SF DRS, 1995.
- Forster Martin: Umweltnutzung durch die chemische Industrie am Fallbeispiel der HCH-Fabrik Ugine-Kuhlmann, Hüningen (F). Die Insektizide Hexachlorcyclohexan (HCH) und Lindan:

Die Produktion und ihre räumlichen Konsequenzen in der Region Basel, unveröffentlichte Lizentiatsarbeit am Geografischen Institut der Universität Basel, Basel 6.1995.

Forster Martin: Farbenspiel – ein Jahrhundert Umweltnutzung durch die Basler chemische Industrie, Zürich, 2000.

Forster Martin/Walther Jean-Louis: Gutachten über das Sanierungsprojekt der Basler Chemischen Industrie (BCI)/IG DIB für die Chemiemülldeponie Bonfol (DIB), verfasst im Auftrag des Collectif Bonfol, Basel/Porrentruy, 31.3.2004, abrufbar unter (deutsch): [info.greenpeace.ch/de/chemie/altlasten/hintergruende/gutachten\\_BCI](http://info.greenpeace.ch/de/chemie/altlasten/hintergruende/gutachten_BCI); (französisch) <http://www.wwf-ju.ch/dossiers/Bonfol/04.04.13%20ONG%20Examen%20DIB4.pdf>.

Forster Martin: Notiz über die Sitzung vom 4.11.2004 mit Vertretern des AUE Basel-Landschaft in Liestal zum AUE-Bericht „Gewässerüberwachung in den Gemeinden Allschwil und Schönenbuch“ des Amtes für Umweltschutz des Kantons Basel-Landschaft vom 21. Juni 2004, Basel, 18.11.2004.

Gemeindeverwaltung Allschwil; Tiefbau/Umwelt; Umweltkommission/Naturschutzkommission: Protokoll Chemiemülldeponien Elsass, 2. Sonderbesprechung vom 12.5.2005.

Gesellschaft Deutscher Chemiker; Beratergremium für Umweltrelevante Altstoffe: 1,2,4-Trichlorbenzol, Stoffbericht Nr. 17, Weinheim 12.1987.

Gesellschaft Deutscher Chemiker; Beratergremium für Umweltrelevante Altstoffe: 1,3,5-Trichlorbenzol, BUA Stoffbericht 16, Weinheim 2.1988.

Gesellschaft Deutscher Chemiker; Beratergremium für Umweltrelevante Altstoffe: o-Dichlorbenzol BUA Stoffbericht 53, Weinheim 9.1990.

Gesellschaft Deutscher Chemiker; Beratergremium für Umweltrelevante Altstoffe: Chloranil (2,3,5,6-Tetrachlor-2,5-cyclo-hexadien-1,4-dion) BUA Stoffbericht 85, Weinheim 2.1992.

Gisiger Sabine: Gambit, Dokumentarfilm, dschointventschr-Film, Zürich 2005.

Glaser Aviva: The Ubiquitous Triclosan in: Pesticides and You, Vol. 24, Nr. 3, 2004.

Greenpeace Schweiz, Wüthrich Matthias: Unveröffentlichte Zusammenstellung der Analyseresultate Roemisloch, Zürich, 2004.

Heindl A./Hutzinger O: Search for industrial sources of PCDD/PCDFs: IV. Phthalocyanine dyes, Chemosphere, Vol. 18, Nr. 1–6, 1989, 1207–1211.

Henseling Karl-Otto: Chlorchemie. Struktur und historische Entwicklung, Berlin 1990.

<http://business.vsnl.com/rpc/profile.htm>

<http://business.vsnl.com/rpc/triclosan.htm>

[http://www.bci-info.ch/sub\\_vorstellen\\_organ.html](http://www.bci-info.ch/sub_vorstellen_organ.html)

[http://www.xapharma.com/images/index\\_top\\_1.jpg](http://www.xapharma.com/images/index_top_1.jpg)

Hubert Martin/Worthing Charles: Pesticide Manual, 4. Edition, British Crop Protection Council, 11.1974.

Hutzinger, O./Fiedler, H.: Formation of dioxins and related compounds in industrial process, in: Bretthauer Erich W./Kraus Heinrich W./di Domenico Alessandro: Dioxin Perspectives – A pilot study on International Information Exchange on Dioxins and Related Compounds, New York 1991.



- IGDRB Antea: Evaluation des impacts de l'ancienne décharge du Hitzmatten à Neuwiller (68) sur la qualité des eaux souterraines et superficielles – Rapport de synthèse (Januar 2000 – Mai 2002), 8.4.2003.
- Interessengemeinschaft Deponiesicherheit Region Basel (IG DRB): Vertraulich – Stoffliste Deponien Muttenz, undatiert, erstellt 2003.
- J.R. Geigy AG: Geigy heute, Jubiläumsschrift zum 200jährigen bestehen des Geigy-Unternehmens, Basel 1958.
- J.R. Geigy AG: Geigy, Basel 1965.
- J.R. Geigy AG: Ein Schimmer Gold mit Irgazin-Gelb 3 RLT, in: Werkzeitung Geigy Nr. 3, 5./6.1968.
- J.R. Geigy AG: Irgasan DP in der Zentralwäscherei Basel, in: Werkzeitung Geigy, Hauszeitschrift der J.R. Geigy AG, Basel, Nr. 1/70, Frühling 1970.
- J.R. Geigy AG: Geigy-Pigmente aus Schottland, in: Werkzeitung Geigy Nr. 3, Herbst 1970.
- Jahresberichte der Ciba, der Geigy, der Ciba-Geigy und der Sandoz aus den 1950er-, 1960er- und 1970er-Jahren.
- Kantonales Laboratorium Zürich an [stillende Mutter]: Untersuchungen von Muttermilchproben auf Rückstände, Schreiben vom 10.12.2003 u. Anhang Rückstände in Muttermilch 2002, Triclosan bez. Fett.
- Kerner Imre/Maissen Toya: Die kalkulierte Verantwortungslosigkeit, der Basler PCB-Skandal, Reinbek 1980.
- Koch Reiner: Umweltchemikalien, Weinheim, 1989.
- Lex.donx.DE: Icmesa unter <http://lexikon.donx.de/?action=details&show=Icmesa>.
- Lia Wenbin et al: Formation of PCDD/Fs and PCBs in the process of production of 1,4-Dichlorobenzene in: Chemosphere Vol. 57, Nr. 10, 2004, S. 1317–1323.
- Lindstroem A. et al: Occurrence and environmental behavior of the bactericide triclosan and its methyl derivative in surface waters and in wastewater, Environmental Science and Technologie Nr. 36, 2002.
- Mc Court Joy: Triclosan, Written assignment for CHEM 3070 3.0 ("Industrial Chemistry and the Environment"), Winter 2004, York University, Toronto, ON, Canada, <http://ca.geocities.com/dreamerblue@rogers.com/research.htm>; <http://ca.geocities.com/dreamerblue@rogers.com/triclosan.pdf>.
- Menoutis James/Parisi Angela I.: Triclosan and its Impurities, Technology Review series, Quantex Laboratories, New Jersey, USA, undatiert, <http://www.quantexlabs.com/About%20Triclosan/ABOUT%20TRICLOSAN.HTM>.
- Mentadent C sensitive extra (Zahnpasta mit Triclosan).
- Mocarelli Paolo: Seveso: a teaching story, in: Chemosphere, Vol. 43, Issues 4–7, 5.2001, S. 391–402.
- MPU GmbH, Abt. Prüflaboratorium: Prüfbericht Nr. 01/186, GC/MS-Screening-Untersuchung von Wasserproben, im Auftrag von Greenpeace Schweiz, Berlin, 11.7.2001.
- MPU GmbH, Abt. Prüflaboratorium: Prüfbericht Nr. 01/329a, Untersuchung von Wasserproben (Target Analytik und GC/MS-Screening), Berlin, 12.11.2001.

- MPU GmbH, Abt. Prüflaboratorium: Prüfbericht Nr. 01/329b, Untersuchung von Wasserproben (Target Analytik und GC/MS-Screening), Berlin, 12.11.2001.
- MPU: Untersuchung von Abwasserproben auf diverse Parameter, Prüfbericht Nr. 00/125, Berlin, 22.5.2000.
- National Institute for Occupational Safety and Health (Niosh), Washigton, DC, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS), Chloranil: <http://www.cdc.gov/niosh/rtecs/dk682428.html#L>.
- Novartis/Syngenta/Ciba SC/Antea: Etude-diagnostic des anciennes décharges du Letten, de Galgenrain à Hagenthal-le-Bas (68) et de Roemisloch, Hitzmatten à Neuwiller (68) dans le cadre de 'évaluation de risqué, A 24219, 9.2001.
- Novartis/Syngenta/Ciba SC/Antea: Etude-diagnostic des anciennes décharges du Letten, de Galgenrain à Hagenthal-le-Bas (68) et de Roemisloch, Hitzmatten à Neuwiller (68) dans le cadre de l'évaluation de risqué, A 24219, 9.2001, Annexes au rapport d'étude.
- Oehme Michael: Analytik und Qualitätssicherung der Dioxinbestimmung, in: Oehme Michael (Hg): Handbuch Dioxine, Heidelberg/Berlin 1998.
- Office des Eaux et de la Protéction de la Nature: Décharge industrielle de Bonfol, Projet d'assainissement, prise de position (dans le cadre de l'évaluation selon Art. 18 OSITES), St-Ursanne, le 8 septembre 2004.
- Öko-Test: Kosmetik Teil 2, Sonderheft 27, 1999.
- Öko-Test: Mail von Anette Elnain an den Autor betr. Sonderheft 27 vom 1.10.2004.
- Projektteam Deponien mit Chemieabfällen in der Gemeinde Muttenz: Deponien Feldreben, Margelacker und Rothausstrasse in Muttenz: Historische Untersuchung und Ist-Zustandsaufnahme des Grundwassers; Zusammenfassender Bericht auf Basis des Berichtes des Geotechnischen Instituts vom 25.01.2002, Muttenz, 29.1.2002.
- Qinguo Fan, Associate Professor, Dept. of Materials & Textiles, University of Massachusetts Dartmouth: Mail an den Autor betr. Mitin LA vom 8.8.2005, [http://www.tesumassd.org/courses/tec509/notes\\_Oct12.pdf](http://www.tesumassd.org/courses/tec509/notes_Oct12.pdf).
- Rappe et al.: Levels of PCDDs an PCDFs in products and effluent from the Swedish pulp and paper industry and chloralkali process, in: Chemosphere, Vol. 20, Nr. 10–12, 1990, S. 1701–1706.
- Remmers J. et al.: Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxin and Dibenzofuran Contamination in Chloranil and Carbazole Violet in: Chemosphere, Vol.25, Nr. 7–10, 1992, S. 1505–1508.
- RWB SA: Echantillons: 1833, Source point 2); 1818, drainage; 1819 Roemisloch, im Auftrag von Greenpeace Schweiz, Porrentruy, 11.6.2002.
- RWB SA: Investigations sur des déchets trouvés en forêt sur le site de la décharge chimique du Letten à Hagenthal, Alsace France, Notice Technique, im Auftrag von Greenpeace Schweiz, Porrentruy 17.2.2005.
- RWB SA: Raport d'essais d'échantillon Nr. 1819, Ref. 00L29, im Auftrag von Greenpeace Schweiz, Porrentruy, 17.12.2002.
- Sambeth Jörg: Zwischenfall in Seveso, Zürich 2004.
- Sambeth, Jörg: Facts behind Seveso, in: La Chimica e l'industria Nr. 7, 9.2004.
- Sambeth Jörg: Notizen über das Telefongespräch mit dem Autor vom 4.11.2004.

Sambeth Jörg, Mail an den Autor vom 25.8.2005.

Sandoz AG: Riedel P., Abt. Prozess-Entwicklung Chemikalien, Bau 16/304 an die Abteilungs- und Betriebsleiter der Produktion Chemikalien: Struktur und Bildung von polychlorierten Dibenz-p-dioxinen (PCDD) und Dibenzofuranen (PCDF), Sandoz-interne Mitteilung vom 2.12.1986.

Sandoz AG: Ref. 1200/JRH/IB an Herrn J. Saxer: Information: DPNT mit untolerierbarem PCB-Gehalt, Sandoz-interne Mitteilung vom 27.11.1987.

Sandoz AG, Betriebliches Rechnungswesen: Standardpreise 1988: Zugekaufte Rohmaterialien Chemikalien/Agro/Pharma/TGE; Brennmaterial; Selbstfabrizierte Zwischenprodukte Chemikalien/MZP-PH, Sandoz-interne Preisliste, Basel, 1.1.1988.

Sandoz AG: RM Namen, 263-seitiges, Sandoz-interne Abkürzungsverzeichnis für die im Stammhaus verwendeten Abkürzungen der Rohmaterialien und Zwischenprodukte sowie Anhang Bruttoformelindex, Ausgabe 1988.

Sandoz AG: F90-Sortiment A / ZP, Sandoz-interne Dokument vom 25.8.1988.

Sandoz AG Basel, Division Chemikalien: Vertraulich: 2,6-Dichlor-p-Nitroanilin, Basisinformationen über das Betriebsverfahren, Sandoz-interner Bericht vom 31.1.1989.

Verbrennung dioxinhaltiger Abfälle aus Seveso, Schlussbericht der Expertenkommission z.H. der Behörden des Bundes und des Kantons Basel-Stadt, Basel, 7.5.1986.

Signal sensitiv extra (Zahnpasta mit Triclosan).

Schweizer Hans Rudolf: Künstliche organische Farbstoffe und ihre Zwischenprodukte, Berlin 1964.

Swiss Chem: Die Schweizerische Farbstoffindustrie, in: Schweizerische Zeitschrift für die chemische Industrie Nr. 9, 9.1979.

Swiss Chem: Anliker R.: Über das Problem von polychlorierten Biphenylen (PCBs) in synthetischen organischen Pigmenten, in: Schweizerische Zeitschrift für die chemische Industrie Nr. 1–2, 1./2. 1981.

Teuf C. et al.: Synthesewege für bromierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane, in: Dioxin – eine technische, analytische, ökologische und toxikologische Herausforderung, Kolloquium Mannheim, 5.–7.5.1987, VDI-Komm. Reinhaltung d. Luft, Düsseldorf 1987.

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 6. Ed. Vol. 8, 26 u. 39, Weinheim 2003.

United Nations Environment Programme, UNEP Chemicals Geneva: Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases, 1. Ed., 5.2003.

Versar Inc.: Exposure assessment for Incidentally-Produced Polychlorinated Biphenyls (PCBs), Volume III, Appendix B: Organic Chemicals Possibly associated with Incidentally Produced PCBs, EPA Contract Nr. 68-01-6271, task No. 21, Springfield, Virginia 15.8.1983.

Versar Inc.: List of Chemicals Contaminated or Precursor to Contamination with Incidentally Generated Polychlorinated and Polybrominated Dibenzodioxins and Dibenzofurans, EPA Contract No. 68-02-3968, Task No. 48, Springfield, Virginia 30.10.1985.

Williams David T. et al.: Polychlorodibenzodioxins and Polychlorodibenzofurans in Dioxazine Dyes and Pigments, Chemosphere, Vol.24, Nr.2, 1992, 169–180.

Zehringer Markus/Herrmann André (Kantonales Laboratorium Basel-Stadt): Analysis of polychlorinated biphenyls, pyrethroid insecticides and fragrances in human milk using a laminar cup liner in GC injector in: Euro Food Res Technol, 212, 2.5.2000.