UNIVERSITÉ DE GENÈVE

Archive ouverte UNIGE
https://archive-ouverte.unige.ch

Article scientifique | Article | 2019

Accepted version | Open Access

This is an author manuscript post-peer-reviewing (accepted version) of the original publication. The layout of the published version may differ .

Entsorgung von Sondermüll in der Schweiz, von der Verdünnung im Rhein zum Sarkophag von Teuftal = Hazardous waste disposal in Switzerland, from dilution in the Rhine river to the sarcophagus of Teuftal

Buser, Marcos; Forter, Martin; Wildi, Walter

How to cite

BUSER, Marcos, FORTER, Martin, WILDI, Walter. Entsorgung von Sondermüll in der Schweiz, von der Verdünnung im Rhein zum Sarkophag von Teuftal = Hazardous waste disposal in Switzerland, from dilution in the Rhine river to the sarcophagus of Teuftal. In: Swiss Bulletin für angewandte Geologie, 2019, vol. 24, n° 2, p. 27–41.

This publication URL: https://archive-ouverte.unige.ch/unige:131205

© The author(s). This work is licensed under a Creative Commons Public Domain (CC0)
https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/

Swiss Bulletin for Applied Geology 24/2, 2019, 27-41

(Autorenversion / *version d'auteur)*

Entsorgung von Sondermüll in der Schweiz, von der Verdünnung im Rhein zum Sarkophag von Teuftal

Hazardous waste disposal in Switzerland, from dilution in the Rhine river to the sarcophagus of Teuftal

Von Marcos Buser[1], Martin Forter[2] und Walter Wildi[3]

Zusammenfassung

Giftige Abfallstoffe fallen in der Industriegeschichte seit Beginn des Bergbaus an. Eine entscheidende Vermehrung solcher Abfälle kann im 20. Jahrhundert mit der raschen Entwicklung der chemischen Synthese, sodann mit der Entwicklung der Kernenergie in Verbindung gebracht werden. Am Beispiel der Basler chemischen Industrie kann man die Methoden zur Beseitigung von Sondermüll in der Schweiz verfolgen. Sie führt von der Abgabe in Flüsse und Meere zur Entsorgung in Kies- und Tongruben. Seit dem Ende des 20. Jahrhunderts werden diese Deponien aufgrund ihres Umweltrisikos mit hohen Kosten wieder ausgehoben und saniert. Selbst die als Endlager geplante Deponie Teuftal (Kanton Bern) bietet langfristig keine Garantie gegen die Verschmutzung von Oberflächen- und Grundwasser und wird schlussendlich weichen müssen. Auch die Realisierung von Endlagern für radioaktive Abfälle erweist sich als schwierig und unsicher. Beispiele im In- und Ausland zeigen, dass die für Störfälle vorgesehene Rückholung von Abfällen aus sogenannten Endlagern schon bei der Planung am Widerstand der Betreiber scheitert. Als einzige nachhaltige Strategie im Umgang mit giftigen Abfallstoffen bleibt die Vermeidung ihrer Produktion.

Abstract

Toxic waste has accumulated in industrial history since the beginning of mining activity. A significant increase in such waste can be linked in the twentieth century to the rapid development of chemical synthesis, and then to the development of nuclear energy. Using the example of the Basel chemical industry, one can follow the methods for the elimination of hazardous waste in Switzerland. It leads from the discharge into rivers and the sea, to the disposal in gravel and clay pits. Since the end of the 20th century, these landfills are cleaned up one after the other at high cost, due to their environmental risk. Even the landfill Teuftal (Canton of Bern), which has been planned as a final repository, offers no long-term guarantee against pollution of surface and groundwater and will eventually have to be evacuated. The realization of repositories for radioactive waste proves to be difficult and uncertain. Examples in Germany and abroad show that the recovery of waste from so-called final repositories intended for incidents already fails in the planning phase due to the resistance of the operators. Finally, the only sustainable strategy is to avoid the production of highly toxic waste.

1) Funkackerstrasse 19, 8050 Zürich, marcos.buser@bluewin.ch

2) Untere Rheingasse 15, 4058 Basel

3) Chemin des Marais 23, 1218 Le Grand-Saconnex, Université de Genève, Département F.A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau

1 «Weg mit dem Chemieabfall»: Am Anfang standen Flüsse, Meere und Kiesgruben

Giftstoffe fielen seit dem Beginn von Bergbau und der Erzverarbeitung in der Antike an. Doch erst mit der Industrialisierung und namentlich mit der technischen Entwicklung nach dem Zweiten Weltkrieg wurden die vielfältigen künstlich hergestellten Stoffe zu einem wirklichen Umweltproblem. Die Verschmutzung verlagerte sich zunehmend von den bekannten anorganischen Schadstoffen zu den von Menschenhand erzeugten organischen und insbesondere halogenorganischen Stoffen, die Chlor, Brom oder Fluor in Verbindung mit komplexen organischen Molekülen enthalten. Diese in einer Vielzahl von Produkten breit verwendeten Verbindungen haben sich häufig als besonders langlebig und umweltgefährdend herausgestellt.

Die zunehmenden Mengen an Giftstoffen, inklusive Produktionsrückständen aus industriellen Prozessen, mussten natürlich auch beseitigt werden. Da Entsorgung aber immer nur so wenig wie möglich kosten durfte, war der Umgang mit den Stoffen weltweit entsprechend sorglos. Auch in der Schweiz verfolgten die Industrie und die mit der Entsorgung betrauten öffentlichen Instanzen die Praxis der billigen Beseitigung. Die historische Aufarbeitung der damaligen Entsorgungsmethoden zeigt, wie diese zunehmend in den Fokus öffentlicher Kritik gerieten und zu einer schrittweisen, langsamen Verbesserung im Umgang mit Sonderabfällen führten.

Die Geschichte der Sondermüllentsorgung in der Schweiz ist bisher nur ausschnittsweise aufgearbeitet worden. Eine Ausnahme bilden die Abfälle der chemischen Industrie in Basel, über welche Forter (2000, 2010) umfangreiche Recherchen anstellte. Diese zeigen, wie die Industrie während mehr als einem Jahrhundert ihre Verantwortlichkeit für die von ihr geschaffenen Risiken für Mensch und Umwelt im eigentlichen Sinne des Wortes verdünnte und abschob. Die Entsorgungspraktiken der chemischen Industrie am Rheinknie waren bis zu dieser historischen Aufarbeitung (op. cit.) weitgehend in Vergessenheit geraten, gelangten dann aber schrittweise wieder in das öffentliche Bewusstsein. Es liess sich beispielsweise über die Bilder staunen, die den Rhein in Basel periodisch in allen Farben zeigten, dann nämlich, wenn chemische Abfälle schwallweise in den Fluss eingeleitet wurden. Die Entsorgungsmethode der Verdünnung im Rhein betrieb die Industrie über viele Jahrzehnte, sei es durch Verklappung von Abfällen aus der «Gyrfähre», einem Schiff, welches die Substanzen bis in die Flussmitte transportierte und dort ins Oberflächengewässer abgab, oder durch die direkte Einleitung von giftigen Abwässern über Rohrleitungen in den Rhein (Forter 2000). Bei der Produktion versickerten ausserdem auf den Fabrikgeländen Giftstoffe in den Untergrund, die sich teilweise bis heute in den Flusssedimenten gespeichert finden (Forter 2018a). Es darf in diesem Zusammenhang auch nicht vergessen werden, dass Basel und die dortige chemische Industrie erst im Jahr 1982 an die Abwasserreinigungsanlage der ProRheno angeschlossen wurde; es handelte sich damit um die letzte Grossstadt der Schweiz deren Abwässer geklärt wurden (Ruch 1981), eine Tatsache, welche einiges über das Kräfteverhältnis zwischen dem Staat und der hier ansässigen Industrie aussagt.

Die chemische Industrie war beileibe nicht die Einzige, die so vorging: Es lag im Zeitgeist und am starken Einfluss der Industrie bei den kantonalen Regierungen Abfälle, welcher Art und welcher Provenienz auch immer, buchstäblich wegzuwerfen und ihrem Schicksal und der Umwelt zu überlassen.

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde die Situation für die Industrie und insbesondere für die Chemiebranche unangenehmer. Mit der Ausweitung der chemischen Synthese und dem Ausbau der Produktionsketten wuchsen nicht nur die Mengen, sondern auch die Giftigkeit der Abfälle. Die chemische Industrie war sich der Toxizität ihrer Stoffe wohl bewusst. Sie begann deshalb ihre festen, schlammartigen und flüssigen Abfälle zunehmend in Fässer abzufüllen deren Inhalt, beziehungsweise die Abfallgebinde, in Kiesgruben in deutschen, französischen und schweizerischen Teil der Region Basel abzulassen, bzw. zu kippen. Auf diese Weise hinterliessen die chemischen Betriebe einen Flickenteppich von Abfällen in einer Vielzahl von Gruben der Region. Meist handelte es sich dabei um Deponien welche ein Gemisch von Haushaltabfällen, Abbruch- und Aushubmaterial zusammen mit

chemischen Abfällen entgegennahmen. Damit wurde der Chemiemüll so getarnt, dass er weder durch seinen Geruch, noch durch Deponiefeuer auffallen sollte (Forter 2000).

2 Bonfol: Der Schritt von der Kiesgrube zur Tongrube

Natürlich konnte eine solche Praxis nicht von Dauer sein. Die Auswirkungen der Sickerwässer auf die Qualität von Grund- und Trinkwasser liessen nicht lange auf sich warten. 1955 erliess das Schweizer Parlament das Gewässerschutzgesetz (BUS 1955). Damit begann ein zähes Ringen um eine gesetzeskonforme Entsorgung des chemischen Sondermülls (Rembold & Aegerter 1999). Die Basler Chemie musste umdenken. Einen wichtigen Einfluss auf die zu dieser Zeit entwickelten Strategien der Sondermüllentsorgung hatte der in Liestal wirkende Geologe Hansjörg Schmassmann, der zunehmend besorgt war über die längerfristigen Konsequenzen der Ablagerungspraxis von Abfallstoffen für die Grundwasserqualität. Auf seine Initiative ging die erste signifikante (vermeintliche) Verbesserung bei der Entsorgung des Chemiemülls zurück. Schmassmann schlug vor, künftig eine rund 50 Kilometer von Basel entfernte Tongrube der *„Céramiques industrielles de Bonfol*“ (CISA),[1] im nördlichsten Landeszipfel des Kantons Bern für die Entsorgung des industriellen Sonderabfalls zu nutzen. Er betrachtete den Untergrund dieser Grube als dicht, ungeachtet der Tatsache, dass sandige Zonen und Schichten bereits zu dieser Zeit bekannt[2] und an der Basis der Tongrube aufgeschlossen waren (Abbildungen 1 und 2).

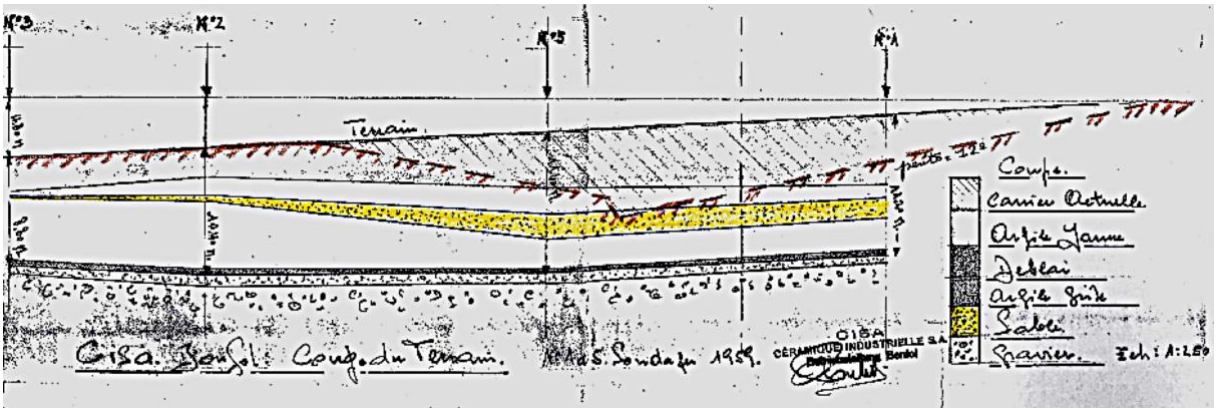

Abbildung 1: Querschnitt durch die Tongrube der CISA mit der Position der Bohrungen 1, 2,3 und 5 aus dem Jahr 1959 und der Sandschicht an der Basis der Deponie (technisches Exposé der CISA vom 12 März 1959). Farbgebung durch die Autoren.

Mit der schrittweisen Umnutzung durch die chemische Industrie gingen auch die behördlichen Auflagen betreffend Wiederauffüllung der Grube an diese über. An diesen Auflagen zeigte sich, wie die damals zuständigen Behörden Bewilligungen für die Entsorgung von hochtoxischen Sonderabfällen erteilten: Ihre Hauptsorge galt der Wiederaufforstung der einstmals gerodeten Flächen und dem Landschaftsbild, nicht aber dem Schutz des Grundwassers und den langfristigen Auswirkungen des deponierten Abfallgutes auf die Umwelt.

[1] Chronologie jurassienne de l’époque romaine à nos jours, http://www.chronologie-jurassienne.ch/fr/004-ALPHABET/Industries/Diverses/Ce-ramique-industrielle-SA-Bonfol.html
[2] Office Forestier d’Arrondissement, lettre à la Commune mixte de Bonfol du 10 mars 1970, „Historique succincte: L’utilisation des sables et argiles de Bonfol remonte à une époque que nous ne saurions préciser.“

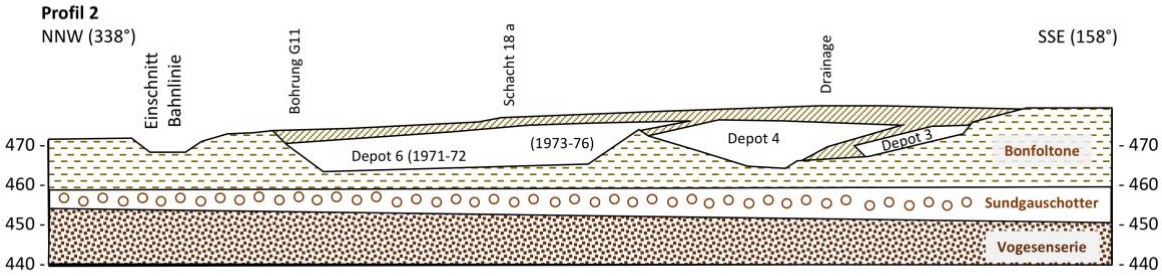

Abbildung 2: Querschnitt durch die Deponie aus dem Jahr 1982 (umgezeichnet nach Schmassmann 1982). Die Tongrube liegt nach dieser Interpretation ausschliesslich in Tongesteinen.

Die Sondermülldeponie Bonfol wurde zwischen 1961 und 1976 betrieben.[3] Sie nahm soweit feststellbar rund 114'000 t Sonderabfälle auf, die von sechs grösseren Betrieben der chemischen Industrie Basels stammten, die sich zur einfachen Gesellschaft „Basler Chemische Industrie" (BCI) zusammengeschlossen hatten (Forter 2000), allen voran die industriellen „Schwergewichte" Ciba, Geigy und Sandoz.

Die Chemieunternehmen von Basel waren sich der Gefährlichkeit ihrer Abfälle sehr wohl bewusst. Schon vor 1961 wurden *„in zunehmenden Mengen Chemieabfälle in der KVA Basel oder in Kesselhäusern und eigens dafür erstellten Verbrennungsanlagen verbrannt"* (Rembold & Aegerter 1999, IGDRB 2003). Interne Aktennotizen und Schreiben der Basler Chemie aus dieser Zeit belegen, dass bereits damals klar war, dass Sondermüll mit Hilfe thermischer Verfahren behandelt und vernichtet werden müsste.[4] Einer Ausfuhr von Abfällen ins Ausland stand die Basler Chemie nicht nur aus Kostengründen grundlegend ablehnend gegenüber, sondern auch aus der Einsicht, dass die Behörden in Frankreich und Deutschland einen Export von Sonderabfällen zur Behandlung in diesen Ländern unterbinden würden. [5] Ausgenommen war die „Abfuhr ins Meer", also die Meeresversenkung der Abfälle, wie sie damals von vielen Ländern in grossem Stil praktiziert wurde (Forter 2000). Einschränkend verwies eine Aktennotiz der Basler Chemie allerdings darauf, dass solche Versenkungsaktionen nur in jenem Teil des Golfstroms des Atlantischen Ozeans erfolgen könnten, *„der keine Küsten der Nordsee mehr gefährdet*." [6] Aus solchen Gründen zogen die Chemiebetriebe weiterhin die Entsorgung in der Schweiz vor.

Die Palette der zu entsorgenden Abfälle umfasste die bezüglich Toxizität gefährlichsten organischen Stoffe, die zur damaligen Zeit synthetisiert und auf den Markt gebracht wurden. Es handelte sich primär um halogenorganische Verbindungen, die für die Pestizidherstellung in der Agrochemie, als Lösungsmittel oder als Zusätze für Transformatorenöle Verwendung fanden. Aber auch eine breite Palette von Arzneirückständen fand den Weg in die diversen Gruben, darunter auch in die Tongrube im jurassischen Bonfol. Bekannt und im Gedächtnis geblieben sind insbesondere Abfälle wie die Chlorpestizide DDT[7], Lindan[8], oder Atrazin und Simazin[9] und ihre jeweiligen Produktionsrückstände, sodann Lösungsmittel wie Perchlorethylen oder Trichlorethen und ihre Tochterprodukte, Krebs auslösende Anilinverbindungen wie o-Toluidin und Benzidin, Chlor-

[3] République et Canton du Jura, Office de l'Environnement, Assainissement de la décharge de Bonfol, Chronologie, cf. https://www.jura.ch/DEN/ENV/Decharge-industrielle-de-Bonfol-DIB.html
[4] Aktennotiz einer Sitzung von Vertretern der Ciba, Geigy und Sandoz betreffend ehemalige Kiesgrube Sutter an der Hofackerstrasse Muttenz am 8. August 1957, S. 3; Forter (2000).
[5] Aktennotiz vom 16. August 1957 betreffen feste Chemieabfälle, S. 1; Forter (2000).
[6] Aktennotiz vom 16. August 1957 betreffen feste Chemieabfälle, S. 3; Forter (2000).
[7] Dichlordiphenyltrichlorethan
[8] Hexachlorcyclohexan
[9] Triazine, zur frühen Geschichte von Pestiziden siehe Gay 2012.

Benzolverbindungen, Chlorphenole, polychlorierte Biphenyle, Dioxine, Cresole sowie tausende weiterer Substanzen in unterschiedlichsten Konzentrationen (Forter 2000, 2005, 2010).

Mit der Auffüllung der Tongrube in Bonfol begann eine Art Wettlauf mit der Zeit, was die Fortführung der damaligen Entsorgungspraktiken angeht. Bezüglich der Deponien verfolgten die Basler Chemie und ihre Experten dabei drei Optionen. Die erste bestand in der Ausweitung und Verbesserung der bisherigen Ablagerungspraxis im Raum Bonfol. Seitens der Ciba-Geigy AG und ihrer Ingenieure wurde zu Beginn der siebziger Jahre die Errichtung und der Betrieb von Hochsicherheitsdeponien angedacht, die als eine Art Kassetten im tonigen Untergrund eingelassen werden sollten (Abbildung 3; Gruner et al. 1973). Das Ziel der Studie sei, so ist im entsprechenden Ingenieurbericht zu lesen, „*ein industrielles Langzeitlager in Bonfol zu errichten, das Sonderabfälle (...) dauerhaft umschliesst*."[10] Der Volumenbedarf für dieses Kassettenprojekt wurde auf 1 bis 1.5 Millionen m^3 Sonderabfälle für die nächsten 30 bis 50 Jahre geschätzt. Inwieweit dieses Konzept über die Stufe von Planungsstudien hinauskam, entzieht sich allerdings unserer Kenntnis.

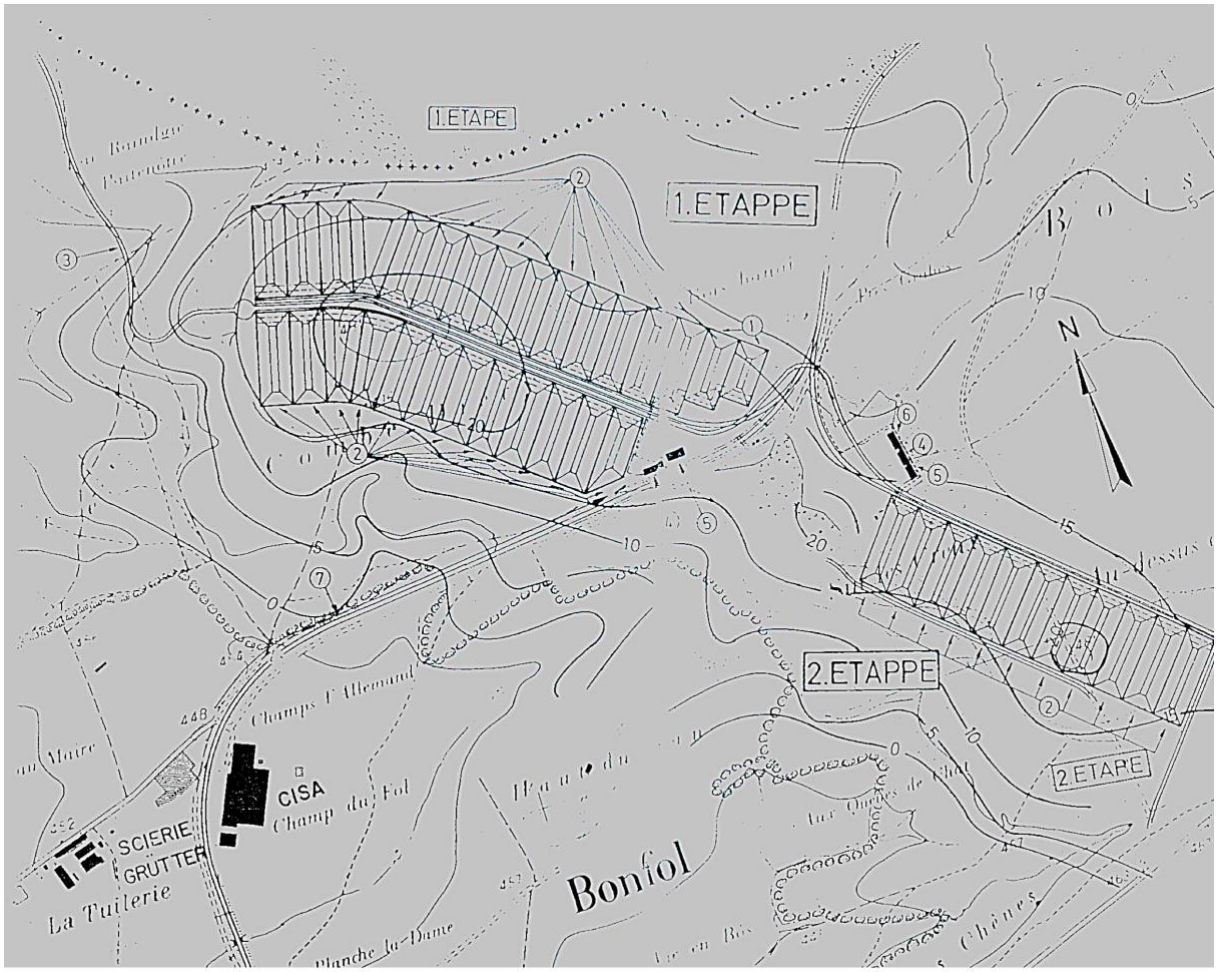

Abbildung 3: Studie zur Erweiterung der Sondermülldeponie von Bonfol durch ein System von «Kassetten» (aus Gruner et al. 1973, Figur A27).

[10] Gruner et al. (1973, S. 4) : « Le but de l'étude est de créer à Bonfol une exploitation industrielle de dépôt de longue durée destinée à renfermer définitivement les déchets spéciaux et tous déchets spéciaux d'autres provenances. »

Immerhin zeugt das Projekt vom damaligen Zeitgeist der Entsorgung und vom Glauben, man könne hochtoxische Abfälle im Untergrund begraben und mit Hilfe von technischen Barrieren für die Ewigkeit sichern.

Eine zweite Schiene, die eine gewisse Entlastung für die Entsorgung hochtoxischer anorganischer Chemikalien bieten sollte, war die 1972 eröffnete Untertagedeponie Herfa-Neurode im bundesdeutschen Hessen, unmittelbar an der Grenze zur ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik (Behnsen 2008). Die Grube des Kali+Salz-Konzerns, die damals noch im Besitz der Badischen Anilin und Soda Fabrik (BASF) war[11], nahm allerdings aus Sicherheitsgründen nur ein begrenztes Inventar von Sonderabfällen an. Das Einlagerungsverbot umfasste neben infektiösen Stoffen wie Spitalabfällen auch radioaktive Rückstände oder explosive Stoffe, sowie brennbare Abfälle. Damit war eine Einlagerung von organischen Sondermüllfraktionen ausgeschlossen, wie sie bei der Basler Chemischen Industrie anfielen. Dennoch machten auch Unternehmen der Basler Chemie von der Möglichkeit Gebrauch, ihre anorganischen Sonderabfälle in Herfa-Neurode zu entsorgen (IGDRB 2003). Für die organische Fraktion mussten allerdings andere Entsorgungsoptionen gesucht werden. Eine weitere Entsorgungsschiene in der Schweiz sollte für dieses Problem Abhilfe schaffen.

3 Kölliken: Kantone und Industrie proben die Zusammenarbeit

Um 1973/1974 begannen interessierte Kreise nach Möglichkeiten für eine weitere Sondermülldeponie Ausschau zu halten. Interesse hatten etwa die Tonwerke Keller in Frick, die unter anderem eine Lehmgrube in der Unteren Süsswassermolasse in Kölliken, in der Nähe von Aarau betrieben und – wie die Projektanten der Sondermülldeponie Bonfol – eine Verfüllung mit Abfällen anstrebten (Schmalz 2002). Parallel zu diesem Projekt stand auch der Steinbruch im aargauischen Mellikon östlich von Zurzach (AG) als weitere Option im Fokus des Interesses eines Konsortiums bestehend aus den Kantonen Aargau und Zürich, der Stadt Zürich und der Basler Chemischen Industrie. Denn die öffentliche Hand, insbesondere in den industriestarken Kantonen Aargau und Zürich, stand zunehmend unter Druck, Lösungen für die Entsorgung von Sondermüll anzubieten. In Zürich war der Bau eines Sondermüllofens vom Souverän abgelehnt worden (BAFU 2015). Es herrschte Deponienotstand. In dieser Situation einigten sich die beiden Kantone Zürich und Aargau, sowie die Stadt Zürich, mit der Basler Chemischen Industrie (BCI) ein Konsortium zu gründen und ihre Abfälle, wie auch anderen in diesen Regionen anfallenden Sondermüll, in einer gemeinsamen Deponie abzulagern. Die Hoffnung auf die Errichtung einer Sondermülldeponie im Steinbruch Mellikon zerschlug sich allerdings im Jahre 1974 aufgrund von Bedenken zum Gewässerschutz.[12] Die Tonwerke Keller gelangten daraufhin mit ihrem Anliegen *„an das soeben ‚gestrandete' Konsortium der Sondermülldeponie Mellikon*", wie Peter Schmalz, späterer Präsident des Konsortiums der Sondermülldeponie Kölliken dies in einem Fachreferat 2002 ausführte. Das Konsortium Sondermülldeponie Mellikon sei dann *„kurzerhand in Sondermülldeponie Kölliken umgetauft*" worden und dessen Aktivbestand sei *„die Grundlage für den heute noch gültigen Beteiligungsschlüssel*" gewesen: *„Kantone Aargau und Zürich je 41 ²/₃%, Stadt Zürich und Basler Chemie je 8 ¹/₃%."* Das Baugesuch sei 1976 im Namen der Tonwerke Keller eingereicht worden, *„wobei die Gemeinde das Ganze als ‚Kehrichtdeponie' publizierte*" (op. cit.).

Die CSD Ingenieure AG hatte den Standort geologisch geprüft und angesichts der Auswertung der Grundwasserdaten in alten Explorations-Bohrungen der Ziegelei, sowie der Abteufung und Interpretation von drei neuen Bohrungen für geeignet erklärt (Moser 1997). 1978 stand die Deponie

[11] Landesgeschichtliches Informationssystem Hessen, Eröffnung der Untertage-Sondermülldeponie in Herfa-Neurode, 21. Juni 1972, https://www.lagis-hessen.de/de/subjects/xsrec/current/1/sn/edb?q=YToxOntzOjQ6InplaXQiO3M6OToiMjEuNi4xOTcylj t9.

[12] Mellikon: Die Geschichte, https://www.mellikon900.ch/geschichtliches/

bereit. Knapp 460'000 m^3 Abfälle wurden im Laufe der Jahre in die Deponie eingelagert,[13] davon rund 250'000 m^3 Sonderabfälle (Schmalz 2002). Weiter wurden 200'000 m^3 schwach oder nicht kontaminiertes Aushubmaterial und Schlacken aus Kehrichtverbrennungsanlagen deponiert. Ein Fischsterben im Dorfbach während des Betriebs der Deponie[14] zeigte allerdings, dass die eingelagerten Abfälle nicht harmlos und die Grube nicht dicht war. Die Deponie wurde bis ins Jahr 1985 betrieben und aufgrund von Lärm-, Staub- und Geruchsproblemen provisorisch geschlossen. Danach wurde sie abgedeckt. Die Überprüfung des Standorts durch eine erste Expertenkommission zeigte dann aber, dass die Situation sehr viel kritischer war, als ursprünglich angenommen. Dies galt nicht nur für die Oberflächenabdichtung, sondern vor allem für die Auswirkungen des Sickerwassers auf das Grundwasser. Die alte Lehmgrube war alles andere als dicht und bedrohte Trinkwasserfassungen im Abstrom der Deponie. Nachträglich an die provisorische Schliessung der Deponie ausgeführte Bohrungen ergaben nun ein völlig anderes Bild der Standorteignung als zur Zeit der Planung: Sandsteinrinnen in der Unteren Süsswassermolasse stellten relevante Transportpfade für austretende Sickerwässer dar. Von „artesisch gespannten Grundwässern“ in der Grube konnte keine Rede mehr sein. Der Untergrund erwies sich angesichts des Vorkommens von Sandsteinlagen, im Gegensatz zu den Prognosen, als eher gut durchlässig. So musste in Kölliken die ursprünglich ins Auge gefasste Wiedereröffnung der Deponie fallengelassen werden. Nach nur sieben Jahren Betriebszeit mussten die Betreiber schon wieder nach neuen Möglichkeiten für den Umgang mit dem Schweizer Sonderabfall Ausschau halten.

4 Der Sarkophag von Teuftal

Die Projekte für Sondermülldeponien in Mellikon und Kölliken, beziehungsweise die «Kassettendeponie» von Bonfol waren nicht die einzigen Projekte, welche die Basler Chemische Industrie vorantrieb. Auch auf der Kehrichtdeponie Teuftal bei Mühleberg (Kanton Bern), welche im Sommer 1973 den Betrieb aufnahm, konnte sich die chemische Industrie ein Ablagerungsvolumen von 300'000 m^3 für eine speziell zu errichtende Sondermülldeponie sichern (Forter 2000). Es sollte allerdings bis zum Jahr 1975 dauern, bis die Widerstände gegen dieses Projekt überwunden waren, und der bernische Regierungsrat das Projekt bewilligte (op. cit.). Ab dem Jahr 1974/1975 baute und betrieb die BCI im oberen Teil des Tales auf eigene Verantwortung eine ganz spezielle Sondermülldeponie (Müller et al. 2010). Sie beurteilte das Bauwerk folgendermassen: "*Die Deponie Teuftal*" sei *"aus einer Zwangslage realisiert*" worden, *"wobei nicht die technisch beste, sondern die politisch mögliche Lösung realisiert werden musste. Die Aufwendungen, um im Teuftal die gleichen Sicherheiten wie an einem technisch guten Standort zu erreichen*", seien *"sehr gross",* schrieb Hans Gubser, Abfallbeauftragter der Ciba-Geigy AG 1976 in einem firmeninternen Bericht (Gubser 1976).

[13] SMDK, Einlagerungs-Betrieb 1978-1985, Sondermülldeponie Kölliken, http://www.smdk.ch
[14] SMDK, Gründe für die Deponieschliessung, Sondermülldeponie Kölliken, http://www.smdk.ch

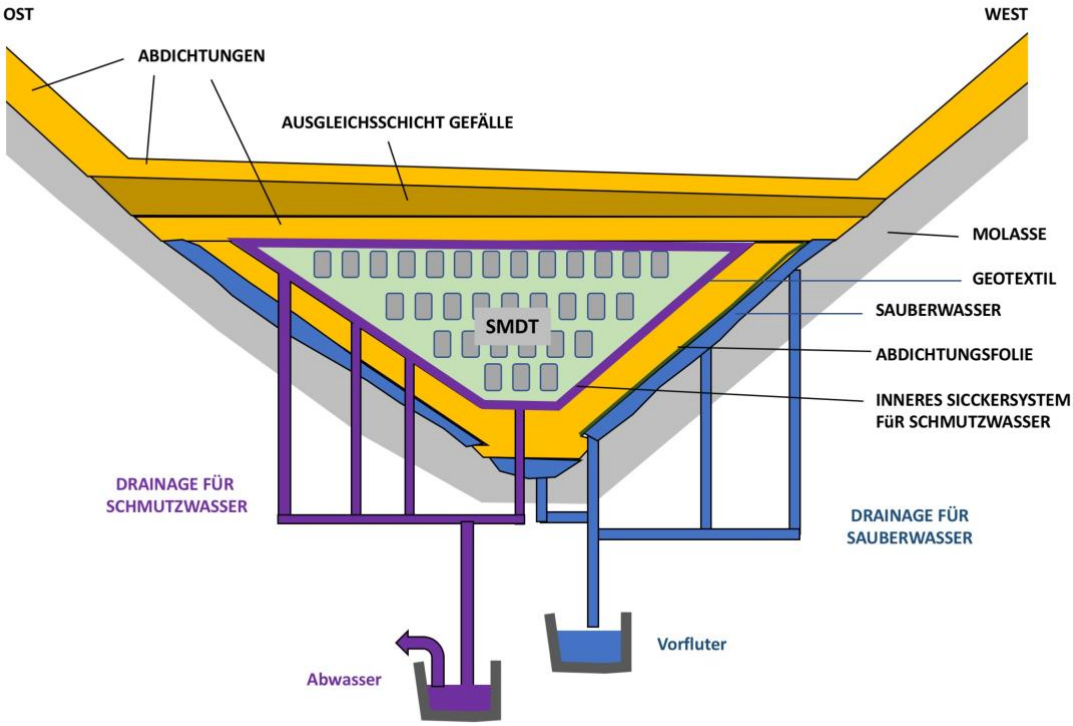

Abbildung 4: Schnitt durch die Sondermülldeponiet Teuftal (SMDT) Teuftal (CSD 2018, Abb. 3); leicht vereinfacht.

17'000 m^3 in Fässern eingepackte Sonderabfälle, umgerechnet 25'000 t, liess die BCI zwischen 1975 und 1996 in der sogenannten Hochsicherheitsdeponie Teuftal mit einem Gesamtvolumen von 44'000 m^3 einbauen (Müller et al. 2010). Im Vergleich zu den Sondermülldeponien in Bonfol und Kölliken setzten die Ingenieure der Firma CSD völlig andere Massstäbe an die Sicherheit der Deponie. Zum einen wurden auf einer Mehrfachbasisabdichtung umfangreiche Drainagesysteme erstellt, welche austretende Sickerwässer sowohl an der Basis der Deponie wie auch unter den verschiedenen Einlagerungsebenen fassten und ableiteten; zum anderen wurden die angelieferten Fässer auf betonierten Ebenen eingelagert (Abb. 4). Die Zwischenräume zwischen den Fässern wurden sodann mit Beton vergossen und verbaut (Müller et al. 2010). Auf diese Weise entstand im Laufe der Jahre ein 16-stöckiges Betonbauwerk, eine Art chemischer Sarkophag, von der Umwelt weitgehend abgeriegelt. Die Stoffflüsse aus diesem betonierten Sarkophag können allerdings, aller Massnahmen zum Trotz, nicht vollständig unterbunden werden: Wasser dringt in kleinen Mengen durch die Betonhülle in das Sondermülllager ein und wäscht die dort eingelagerten, ausschliesslich festen Giftstoffe langsam aber stetig aus. Die rückläufige Sickerwassermenge im Jahr 2011 betrug etwa 0.15 l/min, also rund 80 m^3/Jahr (BCI 2012). Für das Jahr 2016 ist ein weiterer Rückgang vermerkt worden, mit Sickerwassermengen von 0.08 l/min, also 44 m^3/Jahr (CSD 2018, S. 4). Gemäss den durchgeführten Risikoberichten ist der Schadstoffaustrag klein und die Sondermülldeponie wird als „umweltverträglich“ bezeichnet (BCI 2012).

Die Situation des chemischen Sarkophags im Kontext der Gesamtdeponie Teuftal ist sehr speziell und mit keiner anderen Deponie in der Schweiz vergleichbar. Der im Hang eingelassene Betonklotz mit einem Volumen eines kleineren Hochhauses wird von einer ca. 50 m mächtigen Reststoffdeponie überlagert. Ein begehbares Zugangsbauwerk entlang der Talflanke sichert momentan den Zugang bis hin zur Basis der Sondermülldeponie ab (BCI 2012, Abb. 5). Die Sondermülldeponie Teuftal ist also eine Art Endlager für chemische Sonderabfälle, die unter einer zweiten Deponie für sogenannte Reststoffe begraben liegt, und die permanent überwacht werden muss. In einer Sendung des Schweizer Fernsehens von 1981 erklärte Roland Studer, der damalige, für

Sondermülldeponien zuständige Direktor der Ciba, auf die Frage, wie lange die Kontrollen der Deponie Teuftal dauern müssten: *„Wir müssen das nicht entscheiden, der Staat entscheidet“*, um gleich danach seine persönliche Einschätzung darzulegen, nämlich *„für die Ewigkeit“*, eine Ewigkeit von tausenden von Jahren, die auch eine dauerhafte Stabilität des Bauwerks erfordere. Mit dieser Aussage betritt die konventionelle Abfallwirtschaft konzeptionelles Neuland und wirft ähnliche Fragen auf, wie sie sich beim langfristigen „Hüten“ radioaktiver Abfälle stellen.

5 Vom Abfallkonzept zur Sanierung der Altlasten

In den frühen achtziger Jahren begann sich in Europa der Bruch mit den Abfallpraktiken der Vergangenheit abzuzeichnen. Probleme und Skandale mehrten sich; Parlamente und staatliche Behörden reagierten, auch in der Schweiz. Im Frühjahr 1983 geriet die Irrfahrt von 41 Fässern mit Dioxin aus der Givaudan (Roche)-Tochtergesellschaft Icmesa in Seveso in die Schlagzeilen (Der Spiegel 1983). Im Oktober des gleichen Jahrs verabschiedete das schweizerische Parlament das Umweltschutzgesetz (Buser 1984). Ein gutes Jahr später löste eine parlamentarische Intervention Ende 1984 einen folgenschweren Entscheid der obersten Landesbehörde aus: *„Im März 1985 nahm die Eidg. Kommission für Abfallwirtschaft zur Kenntnis, dass sich der Bundesrat entschlossen hat, die Interpellation von Nationalrat Fehr vom Dezember 1984 mit einem ‚Leitbild für die Abfallwirtschaft in der Schweiz’ zu beantworten*“ (BUS 1986). Dieses Leitbild, das von einer Arbeitsgruppe unter Führung des EAWAG-Professors Peter Baccini ausgearbeitet wurde, legte die Leitplanken der künftigen Abfallwirtschaft fest. Es war, wie später auch das Entsorgungskonzept für radioaktive Abfälle der Kommission EKRA (2000, 2002), ein grosser und weitblickender Wurf, der sich anschickte, eine Kreislaufwirtschaft einzuführen und die aus industriellen Prozessen anfallenden Abfälle in schwer lösliche und geotechnisch stabile Produkte umzuwandeln (BUS 1986). In diese Zeit fiel auch das Scheitern der mühselig zustande gekommenen Notlösung in Kölliken. Politik und Behörden reagierten auf die öffentliche Empörung. Die Abfallwirtschaft bewegte sich jetzt. Endlich wurde die aus dem Jahr 1976 stammende Deponie-Richtlinie durch einen umfassenderen Text abgelöst, die Technische Verordnung über Abfälle (TVA) aus dem Jahr 1990. Sie verbot das Ablagern von Sondermüll in Deponien (BUS 1990). Doch es sollten noch weitere 8 Jahre vergehen, bis auch die entsprechenden gesetzlichen Vorgaben für die Sanierung von Altlasten vorlag, die Verordnung vom 26. August 1998 (BUS 1998).

Gegen diese neue Regelung der Sanierungspflicht erhob sich allerdings Widerstand, auch seitens der grossen Unternehmen der chemischen Industrie. Das Aufräumen der Sünden der Vergangenheit sollte teuer werden, wie sich bald zeigte. Die Unternehmen begannen zu mauern. *"Ein Direktor der chemischen Industrie Basel lachte mir ins Gesicht. Er sagte mir, dass sie diese Sanierung nie machen werden",* wird sich der ehemalige Baudirektor des Kantons Jura, Pierre Kohler, später an das erste Gespräch mit dem Verantwortlichen der Deponie Bonfol, Rolf Bentz von Ciba SC, im Herbst 1998 erinnern (Jorio 2016). Angesichts des grossen Drucks, das der Kanton Jura und in einer späteren Phase die Umweltorganisationen (u. a. Greenpeace, WWF, Pro Natura) aufbauten, knickte die Basler Chemie aber relativ rasch ein. Im Mai 2000 unterschrieben der Kanton und die Basler Chemische Industrie (BCI) eine Vereinbarung (*Convention*), welche die vollständige Aushebung der Grube in Bolfol zum Ziel hatte; diese wurde im Jahr 2016 mit Ausnahme der Sohlensanierung abgeschlossen. Auch in Kölliken ging es nun vorwärts. Die Behörden erliessen im November 2001 die Sanierungsverfügung; die Totalsanierung der Grube wurde im Jahr 2015 abgeschlossen, jene der Grubensohle im Frühjahr 2016.[15] Der kontaminierte Fels sollte danach in einem aufwendigen Nachverfahren ausgehoben werden. Rund 400 Millionen Franken kostete die Sanierung der Altlast von Bonfol die Basler Chemie. Dem Kölliker-Konsortium dürfte die Sanierung nach Abschluss aller Arbeiten mehr als 1 Milliarde Franken kosten.

[15] SMDK, Überblick über die Gesamtsanierung. www.smdk.ch.

In der Zwischenzeit wurden weitere Chemiedeponien saniert, darunter jene von Pont-Rouge in Monthey (VS) nach einer massiven Trinkwasserverschmutzung. Aufgrund grossen öffentlichen Drucks wurde auch die Chemieabfälle aus den volumenmässig kleineren Deponien von Le Letten im elsässischen Hagenthal-le-Bas (F) und in Neuwiller (F) entfernt. Doch offensichtlich nicht gut genug: Beim der Deponie Roemisloch sind die Schadstoffkonzentrationen in Oberflächenwasser 2018 noch immer drei bis vier Mal höher als vor den Aushubarbeiten. Und dies sieben Jahre nach Ende der Totalsanierung (Forter, 2018b).

Der Hälfte der Kesslergrube im baden-württembergischen Grenzach-Wyhlen, für die der Basler Pharmakonzern Roche verantwortlich ist, steht ebenfalls vor dem Abschluss der Totalsanierung.[16] BASF aber will ihre Hälfte der Kesslergrube nur mit einer Dichtwand sichern. Sie überlässt somit das Deponie-Risiko zukünftigen Generationen. Dagegen haben die Gemeinden Grenzach-Wyhlen (D), Riehen (CH) und Muttenz (CH) in Deutschland Klage eingereicht.

Andere Schweizer Deponiebetreiber zögern noch und schieben die Entscheide in einem eigenartigen Einvernehmen mit den verantwortlichen Kantonen vor sich hin. Zu erwähnen sind namentlich das Chemie- und Pharmaunternehmen Lonza Group AG, mit der u.a. durch Quecksilber, Benzidin und Anilin belasteten Deponie Gamsenried bei Brig (VS). Der Kanton Basel-Landschaft hat 2010 aus unerfindlichen Gründen plötzlich die Feldrebengrube in Muttenz (BL) von einem Transportunternehmen erworben. Er hat damit auch ein finanzielles Risiko von 500-700 Millionen Franken auf sich genommen .[17] Wenig überraschend will das Baselbiet jetzt nur eine Teilsanierung der Altlast durchführen will. Die Deponie Feldreben enthält gemäss Angaben von Ciba SC (heute BASF), Novartis und Syngenta 15'000 bis 25'000 Tonnen Chemiemüll. Er gefährdet oder verschmutzt das Trinkwasser von über 230'000 Menschen in der Stadt und Agglomeration Basel (Forter & Wildi 2013, 2016, 2018).

Auch Teuftal ist ein Standort, der trotz aufwändigeren Sicherheitskonzepten eher früher als später saniert, heisst beseitigt werden muss.

6 Von der Abfallbehandlung zum Bergwerkversatz

Dennoch: Die Entwicklung bei der Sanierung der alten Abfallsünden in der Schweiz geht in vielen Bereichen in die richtige Richtung. Die inländischen Verbrennungskapazitäten wurden mit den Sondermüllöfen der Valorec (heute Veolia) in Basel und der Ems-Dottikon AG erhöht. Ausländische Verbrennungsanlagen wie die deutsche HIM GmbH bei Biebesheim kommen bei Bedarf ebenfalls zum Zug. In der Schweiz gibt es inzwischen 15 Bodenwaschanlagen, darunter auch die Grösste und älteste Anlage in Rümlang (ZH).[18] Die Sanierungsprozeduren haben sich in den meisten Kantonen eingespielt und der organisatorisch-technische Unterbau ist funktionsfähig. Ausnahmen finden sich, wie oben erwähnt, in Kantonen mit wichtigen Standorten der chemischen Industrie.

Ungeachtet dieser Erfolge bleiben aber weiterhin grundlegende Zielsetzungen des Leitbilds für die Schweizerische Abfallwirtschaft offen oder unerfüllt, welche die Probleme der Abfallwirtschaft in der Zukunft massgebend mitbestimmen dürften. Dies gilt in erster Linie für das ursprüngliche Ziel des Leitbilds, die nicht verbrennbaren Schadstoffe in eine schwer lösliche Form zu überführen. Die in den 1990er Jahren verfolgten Projekte für neue thermische Behandlungsanlagen (Plasma-Öfen, *Catalytic-Extraction-Processing [Molten Metal Technology*], Schwel-Brenn-Verfahren, Seiler-Verfahren usw.) mussten eines nach dem anderen aufgegeben werden, oder konnten die hohen an sie gestellten

[16] Kesslergrube, Sanierung, https://kesslergrube.de/perimeter1/aktuell/.
[17] Allianz Deponien Muttenz (ADM): Sanierungsgremien Chemiemülldeponie Feldreben Muttenz: Dreistes Doppelspiel, Medienmitteilung v. 22.1.2013; Interpellation Sara Fritz 2014/381, Kanton hat sich 2010 ein grosses Kostenrisiko aufgebürdet, Landrat des Kantons Basel-Landschaft,
[18] BodenWaschZentrum ESAR Rümlang

Erwartungen nicht erfüllen. Grossen Anteil an dieser Entwicklung hatte der Preiszerfall auf dem Abfallmarkt in den 1990er Jahren, der stark durch die Möglichkeit beeinflusst wurde, hochtoxische Abfälle in deutsche Untertagedeponien oder Versatzbergwerke zu entsorgen. Bessere Technologien wurden dadurch aus dem Markt gedrängt.

Die auch von Schweizer Behörden weiterhin geduldeten Entsorgungspfade der Untertagedeponien im Ausland stellen eine besondere Hypothek für die Zukunft dar. Wie der künstliche Sondermüllsarkophag unter der Reststoffdeponie Teuftal, stellen Endlager für chemotoxische Abfälle in einigen hundert bis tausend Metern Tiefe eine besondere Last und ein besonderes Risiko für die Zukunft dar.

Die Verbringung von bergbaufremden Abfällen in alte Kali- und Salzbergwerken unter Tage wurde aufgrund der sich in aufgelassenen Bergwerken ergebenden geomechanischen Probleme ab den achtziger Jahren des letzten Jahrhunderts stark gefördert. Senkungs- oder einsturzgefährdete Bergwerke, sowie Bergwerke mit andern Standsicherheitsproblemen konnten zu Ablagerungsanlagen umfunktioniert werden, indem die einzulagernden Abfallmaterialien als Verwertungs- und bzw. als „Stützgut“ zur Reduktion der Einsturzgefahr umdeklariert wurden (Bundesministerium für Umwelt 2002). Grossen Anteil an dieser Entwicklung hatte die sich dramatisch verschärfende Situation in den Kaliminen der DDR, die vor allem in den letzten Jahren des damaligen Regimes übermässig genutzt worden waren. Bereits 1987 hatte die ehemalige DDR das Bergwerk Morsleben für die Lagerung von 20 000 Tonnen Sonderabfällen genutzt, diese dann aber bis 1996 wieder herausgeholt (BFS 2017). Nach der Wiedervereinigung Deutschlands wurde diese Praxis der Sonderabfallablagerung üblich. Auch in Süddeutschland verbesserten die beiden Salzbergwerke Heilbronn und Stetten (Haigerloch) ihre Geschäftsbilanz durch die Annahme und Einlagerung von der Sonderabfällen. In Mitteldeutschland entstanden an den Standorten Zielitz (Sachsen-Anhalt) und Sondershausen (Thüringen) weitere Untertage-Deponien für gefährliche Abfälle. Allein in Deutschland werden heute mehr als ein Dutzend unterirdische Standorte mit Tiefen zwischen 100 und 1.000 m für die Entsorgung von Sonderabfällen genutzt. Frankreich folgte dem deutschen Beispiel mit der Untertagedeponie Stocamine, die im September 2002 nach zweieinhalb Jahren Betrieb und einem Brand definitiv geschlossen wurde (Copil 2011). Stocamine ist seit diesem Zeitpunkt Gegenstand erbitterter technisch-wissenschaftlicher und politischer Auseinandersetzungen (Assemblée nationale 2018).

Auch in der Schweiz folgten Unternehmen und Beratungsbüros der Idee, Sonderabfälle unter Tage zwischenzulagern oder definitiv in Bergwerke einzubringen. Ab 1985 untersuchte das Ingenieurbüro CSD die geologischen Gegebenheiten in den Galerien des alten Bergwerks von St-Ursanne im Kanton Jura und klärte die Möglichkeiten ab, darin ein Sonderabfallzwischenlager zu errichten (CSD 1993). Wie andernorts wurde für dieses Projekt ein Konsortium gebildet, an dem auch die Ciba-Geigy AG beteiligt war. Die Chemiefirma teilte aber bereits im März 1986 den am Projekt teilnehmenden Institutionen und Behörden mit, dass ihr Interesse an diesem Projekt beschränkt sei. Mit dem Inkrafttreten der TVA im Jahr 1990 war das Projekt eines „Zwischenlagers für rückholbare Abfallmaterialien“[19] vom Tisch. Das Projekt wurde danach in solches für eine Reststoffdeponie umgewandelt. Es scheitert schliesslich nach der Einlagerung von über 10'000 t Galvanikschlämmen, da das Bergwerk Wasser führte und dieses in direkter Verbindung mit der Trinkwasserfassung von St-Ursanne stand (Buser 2014). Auch das zweite Projekt einer Reststoffdeponie im Gipsbergwerk Felsenau bei Leibstadt (AG) scheiterte, vordergründig aufgrund der höheren Kosten für die Ablagerung der Reststoffe (Buser 2017). Die Felsenau führte allerdings Karstwasser und war daher als Standort für eine Reststoffdeponie ohnehin ungeeignet.

Diese negativen Erfahrungen hielten und halten die Schweiz auch heute nicht davon ab, ihre Sonderabfälle in Kali- und Salzbergwerke nach Deutschland zu exportieren. Schweizer Sonderabfälle werden heute in die Gruben Heilbronn oder Sondershausen bzw. in die seit 1972 betriebene Untertagedeponie (UTD) Herfa-Neurode eingelagert. Mit dieser Strategie rückt die Entsorgung

[19] GMR = gisement de matériaux récupérables

chemo-toxischer Abfälle in die Nähe der in Deutschland praktizierten Einlagerung von radioaktiven Abfällen in ausgedienten Kalibergwerken. Selbst Wolfram König, Präsident des Bundesamts für kerntechnische Entsorgungssicherheit, hat sich in einem Fernsehbeitrag zum Thema dahingehend geäussert, dass als Fakt gilt, *„dass letztendlich alle Bergwerke, insbesondere Salzbergwerke, irgendwann absaufen"* (Buser 2014). Es ist also nur eine Frage der Zeit, bis Wasser zu den eingelagerten Abfallstoffen vordringt und ein Prozess des langsamen Auswaschens in die Wege geleitet wird. Die meisten Bergbauingenieure und Geologen ausserhalb Deutschlands teilen diese Ansicht. Einmal mehr in der Geschichte der Entsorgung von toxischen Abfällen bestimmt also der Sachzwang durch bestehende Abfälle die geltende Praxis der Entsorgung, allen möglichen Bedenken zur Frage der Langzeitsicherheit zum Trotz. Unsere Gesellschaft fährt mit der Produktion langzeitig gefährlicher Abfälle weiter wie bisher, mit dem hauptsächlichen Unterschied, dass diese einfach in etwas tiefer gelegene geologische Schichten eingelagert werden.

7 Zur Grundsatzfrage der Endlagerung toxischer Abfälle

Die zentrale Frage was die Entsorgung hochgefährlicher chemischer oder radioaktiver Abfälle durch unsere Industriegesellschaften betrifft, lautet wie folgt: Ist die Praxis der Lagerung von hochtoxischen Abfällen im Untergrund nachhaltig, wenn damit künftige Generationen verpflichtet werden, eine Begleitung und Überwachung solcher Lagerstätten über tausende von Jahren sicherzustellen? Wird damit unsere Problemlasten nicht einfach in die Zukunft verlagert? Sind solche Praktiken nicht einfach als Alibi dazu da, das Gewissen der Abfallproduzenten und der Behörden zu beruhigen, um auf die gleiche Weise wie bisher weiter fahren zu können, ohne dass am jetzigen Kurs etwas geändert werden muss?

Wer die Entwicklung der Entsorgungspraktiken der letzten Jahrzehnte verfolgt (Buser & Wildi 2018), blickt der Zukunft mit einer gewissen Sorge entgegen. Schwere giftige Hinterlassenschaften schlummern im Untergrund, ohne die Möglichkeit, diese je wirksam sanieren zu können. Ein Blick über die Schweiz und Europa hinaus zeigt, dass grosse Industrienationen wie die USA oder Russland die seit Jahrzehnten praktizierte Verpressung von hochgiftigen flüssigen Abfällen in den Tiefuntergrund in aller Stille fortsetzen.

An die Altlasten durch organische Schadstoffe in den tiefen Grundwasserträgern scheinen sich unsere Institutionen angesichts der heutigen Unmöglichkeit, diese wirkungsvoll zu sanieren, „gewöhnt" zu haben. Die Benutzung alter Salzbergwerke zur Deponierung von Sonderabfällen ist namentlich in Deutschland breit akzeptiert, obschon diese Anlagen bei Problemen nicht saniert werden können. Die tieferliegenden Probleme der Abfallbewirtschaftung hat unsere Gesellschaften damit nicht im Griff.

Exemplarisch lassen sich die Probleme beim Umgang mit gefährlichen Abfällen auch anhand der Deponie Teuftal aufzeigen. In dieser sogenannten Hochsicherheitsdeponie ist es nur eine Frage der Zeit, bis die Sickerwässer den umhüllenden Beton soweit angegriffen haben, dass er mürbe und damit durchlässiger wird, und schlussendlich die ausgewaschenen Schadstoff-Frachten aus dem Sondermülllager im Grundwasser wieder ansteigen werden. Das betonierte Sondermülllager in der Deponie Teuftal ist somit nur ein auf Zeit einigermassen sicheres Zwischenlager. Es stellt ein Langzeitrisiko dar, welches nicht über rechnerische Sicherheitsnachweise oder Langzeitüberwachungsmassnahmen, sondern nur durch einen vollständigen Rückbau auf Kosten der Abfallproduzenten entschärft werden kann. Die Eigentümer werden also nicht darum herumkommen, Teuftal auszuheben und zu sanieren.

Dazu eine Überlegung zur Kostenfrage. Die Überwachung leckender Deponien kann teuer zu stehen kommen; ebenso die Sanierung von Deponien, deren Schadstoffe sich während Jahren und Jahrzehnten im Untergrund ausbreiten. Eine rasche Sanierung ist daher in der Regel einer Warteposition und der Pflege von Provisorien vorzuziehen.

8 Lehren zum Umgang mit toxischem Sonderabfall

Wenn man die Lehren aus dem bisherigen Umgang mit hochtoxischen Abfällen zieht, so sind vor allem drei Punkte herauszustreichen:

1. Probleme mit gefährlichen Stoffen und Langzeitcharakter lassen sich nie nur mit Technik bewältigen. Die historische Betrachtung des Umgangs mit Sondermüll zeigt den raschen Wandel in den Konzeptionen und in der Wahrnehmung von Risiken, sowie den Paradigmenwechsel bei der Umsetzung von Lösungsstrategien. Die Misserfolge bei der Langzeitbewirtschaftung der Nachsorge rufen nach einer grundsätzlichen Infragestellung der bisherigen Handlungsweise, die auf *„trial-and-error"* und den damit verbundenen Korrektur- und Reparaturaktionen basierte. Die zahlreichen Misserfolge und Pannen bei der Entsorgung von Sonderabfällen zeigen, dass die Abfallfrage grundsätzlich überdacht werden muss. Dies erfordert zuerst die Erstellung einer Bilanz der bisherigen Abfallstrategien und ihrer Resultate. Sodann gilt es zu analysieren, wie mit den alten und neu geschaffenen betasteten Standorten, inklusive mit den Untertagedeponien im In- und Ausland umzugehen ist. Und endlich gilt es, Strategien zur Vermeidung von Abfall zu entwickeln und umzusetzen. Denn einzig die Vermeidung von toxischem Abfall ist schlussendlich mit der Forderung nach Nachhaltigkeit vereinbar. Die Produktion und Produkte müssen auf eine Kreislaufwirtschaft ausgerichtet werden. Das heisst, sie müssen so hergestellt sein, dass sie vollständig rezykliert und nicht „*down-gecyclet*" werden, wie dies z. B. das Kreislaufkonzept *„Cradle to cradle"* vorsieht (Kaelin, 2016).

2. Wie die Erfahrungen aus der Vergangenheit zeigen, tendieren der Mensch und seine Institutionen dazu, Probleme zu vernebeln und in die Zukunft abzuschieben, statt diese grundlegend anzupacken und zu regeln. Im Abfallbereich sind diese kurzsichtigen Handlungsweisen besonders gut nachzuzeichnen. Es ist darum wichtig und dringend, Tun und Handeln systemisch zu hinterfragen, Schwachstellen grundlegend aufzudecken und zu korrigieren. Eine solche Analyse bezieht sich nicht nur auf technische und naturwissenschaftliche Fragestellungen, wie bestimmte Probleme technisch und organisatorisch angegangen werden sollen, sondern auch auf die soziologischen, politischen und schliesslich rechtlichen Rahmenbedingungen, denen die Abfallwirtschaft unterliegt. Damit stehen nicht nur grundlegende Fragestellungen der Produktion von Gütern und der Verwendung von Giftstoffen zur Diskussion, sondern auch Fragen der Entscheidungsfindung und -durchsetzung, der hierzu notwendigen Ressourcen und Kompetenzen im Kontext eines langfristigen Risikomanagements.

3. Der nachhaltige Umgang mit Sonderabfällen erfordert eine grundlegende Reorganisation. Als erstes sind die Ziele, namentlich Zeitmassstäbe, Vorgaben zur Abfallvermeidung, sodann zu den erlaubten Abfallformen und folglich der Abfallbehandlung und -konditionierung klarer zu formulieren. Ausserdem gilt die Forderung, dass für die inländische *sowie* für die Abfallbeseitigung im Ausland dieselben Kriterien anzuwenden sind. Privatrechtliche Parteien sollen einzig soweit den Prozess mitgestalten dürfen, als keine kurz-, mittel- und langzeitlichen, negativen Folgen für die Sicherheit von Mensch und Umwelt entstehen können. Ausserdem ist darauf zu achten, dass die Finanzierung der Entsorgung bei der Produktion des Abfalls garantiert ist. Auch die Frage einer eventuellen Rückholung der Abfälle und deren Finanzierung sind generell zu regeln.

   Eine Schwachstelle besteht in der Schweiz heute darin, dass die Umsetzung der nationalen gesetzlichen Vorgaben durch die verschiedenen Kantone auf sehr unterschiedliche Weise erfolgt. Das liegt sowohl an unterschiedlichen wirtschaftlichen Randbedingungen und den daraus erwachsenden politischen Konsequenzen, sondern auch an teilweise grossen fachlichen Lücken innerhalb der kantonalen Administrationen. Diese betreffen namentlich das Verständnis von Abbauprozessen und Abbauprodukten organischer Schadstoffe, Fragen der Toxizität und Langzeittoxizität solcher Stoffe, der Interpretation des Verhaltens dieser Stoffe in der Umwelt und der sich daraus ergebenden Bedingungen für eine nachhaltige Sanierung der Altlasten. Nun

fliesst kontaminiertes Wasser bekannterweise ohne Beachtung von Kantons- und auch von Landesgrenzen – und mit dem Wasser das Risiko für Mensch und Umwelt.

Literatur

Assemblée nationale 2018: Rapport d'information deposé par la mission d'information commune sur le site de stockage souterrain de déchets Stocamine. http://www.assemblee-nationale.fr/15/rap-info/i1239.asp.

BAFU 2015: Deponie Kölliken – das Mahnmal verschwindet, Dokumentation 25.11.2015, https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/altlasten/dossiers/magazin-umwelt-altlasten/sondermuelldeponie-koelliken--das-mahnmal-verschwindet.html.

BCI (2012): Die Sondermülldeponie Teuftal, eine Übersicht, Basler Chemische Industrie, Basel, März 2012.

Behnsen, H. 2008: Underground repositories for chemically toxic waste in German salt and potash mines. In Rempe, Norbert T., ed.: Deep Geological Repositories, The Geological Society of America, Reviews in Engineering Geology 19.

BFS 2017: History of the Morsleben repository, Federal Office for Radiation Protection, Bundesamt für Strahlenschutz.

Bundesministerium für Umwelt (2002): Neue Regeln für die untertägige Abfallverwertung, 29. Juli 2002. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/bergversatz_hintergrund.pdf.

BUS 1955: Bundesgesetz vom 16. März 1955 über den Schutz der Gewässer gegen Verunreinigung.

BUS 1986: Leitbild für die schweizerische Abfallwirtschaft, Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 51, Bundesamt für Umweltschutz, Juni 1986, S. II.

BUS 1990: Technische Verordnung über Abfälle (TVA), vom 10. Dezember 1990.

BUS 1998: Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlastenverordnung), vom 26. August 1998.

Buser, M. 1984: Umweltschutzgesetzgebung und Wirtschaftsverbände, Wirtschaft und Recht, 4.

Buser, M. 2014: Synthèse succincte de l'historique, de l'assainissement et du remblayage (rapport final), Actes de la Société jurassienne d'émulation 107.

Buser, M. 2017: Short-term und Long-term Governance als Spannungsfeld bei der Entsorgung chemo-toxischer Abfälle, ITAS-ENTRIA-Arbeitsbericht 2017-02.

Buser, M. & Wildi, W. 2018: Du stockage des déchets toxiques dans des dépôts géologiques profonds. Science et pseudo-sciences 324,33-41.

Bussmann, W. 1981: Gewässerschutz und kooperativer Föderalismus in der Schweiz. Haupt Bern/Stuttgart.

Copil 2011: Rapport d'expertise, Comité de pilotage Stocamine. http://www.stocamine.com/media/1061/Conclusions%20COPIL.pdf.

CSD 1993: Décharge de matériaux stabilisés de St-Ursanne, étude d'impact sur l'environnement, rapport interne pour la Fabrique de Chaux DMS SA, mars 1993.

CSD 2012: Sondermülldeponie Teuftal, Risikoanalyse 2007/2008, Zusammenfassung, Basler Chemische Industrie BCI, März 2012.

CSD 2018: Die Sondermülldeponie Teuftal, eine Übersicht, Basler Chemische Industrie, Basel. https://www.bve.be.ch/bve/de/index/direktion/organisation/awa/formulare_bewilligungen/Abflle.assetref/dam/documents/BVE/AWA/de/UMWELT/Abfälle/Anlagen%20in%20Nachsorge/SMDT_Übersicht_2018_DE.pdf

Der Spiegel 1983: Überall ist Seveso, Der Skandal mit den Dioxin-Fässern; Verschweigen, Abwiegeln und Dementieren, Der Spiegel 22/1983, 30. Mai 1983.

EKRA 2000: Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle. Bundesamt für Energie, Bern.

EKRA 2002: Beitrag zur Entsorgungsstrategie für radioaktiven Abfälle in der Schweiz. Bundesamt für Energie, Bern.

Forter, M. 2000: Farbenspiel. Chronos.

Forter, M. 2005: 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, Basel, 28.9.2015. http://www.martinforter.ch/images/news/2013_01_22/003/28092005-DioxinBCI_D.pdf

Forter, M. 2010: Falsches Spiel. Chronos.

Forter , M 2018a: Die BASF- und Novartis-Areale sowie Chemiemüll auf Allmend im Basler Stadtteil Klybeck: Stand der Untersuchung (historische und technische Untersuchungen 2000, 2003 und 2005 der BASF/Novartis-Fabrikareale 1, 2, 3/6 sowie Stand des Wissens zum Kinderspielplatz Ackermätteli), Basel, 21.5.2019. http://www.aefu.ch/fileadmin/user_upload/aefu-data/b_documents/Aktuell/20190521_Forter_Chemiemuell_Klybeck_Chemieareale_BASF_Novartis_Allmend.pdf

Forter, M 2018b: Beurteilung der Analyseresultate Roemisloch, Proben vom 29.1.2018 (Kurzbericht), im Auftrag der Einwohnergemeinde Allschwil (BL), Basel, 23.4.2018. https://www.allschwil.ch/de/inhalte/leben/umwelt/PDFs/Bericht-Roemisloch-Proben-29.1.2018-an-Allschwil.pdf

Forter, M. & Wildi, W. 2013: Deponie Feldreben: Fragen zum heutigen Kenntnisstand im Hinblick auf die Formulierung der Sanierungsziele und des Sanierungsprojektes, Im Auftrag der Allianz Deponien Muttenz (ADM), Basel/Versoix, 24.5.2012, Version vom 28.4.2013.

Forter, M. & Wildi, W. 2016: Teilsanierung der Deponie Feldreben, Sanierungsprojekt vom 17.7.2014 und Sanierungsverfügung gem. AltlV § 18 vom 16.8.2016. Eine kritische Analyse, Basel/Le Grand-Saconnex, 19.9.2016.

Forter, M. & Wildi, W. 2018: ‹Trinkwassermanagement Hardwald›, Notizen zum Fachbericht EAWAG-AUE Basel-Landschaft (2016-2017), insbesondere zur Frage der Trinkwassersicherheit Hardwald und des Einflusses der Chemiedeponie Feldreben in Muttenz (BL), Basel/Le Grand-Saconnex, 22.5.2018.

Gay, H. 2012: Before and after Silent Spring; From Chemical Pesticides to Biological Control and Integrated Pest Management - Britain, 1945 – 1980. AMBIX, 59/2.

Gruner, G., Jauslin, W. & Stebler, P. 1973: Etude de planification du dépôt de résidus chimiques de Bonfol, Propositions pour la construction d'une installation de décharge industrielle, rapport technique à l'attention de Ciba-Geigy SA, Muttenz, 29 mai 1973.

Gubser, H. 1976: Gesamtschau der Entsorgung. Anhang zu: Oekologie TK 2.1: Quartalsbericht 4/75 Oekologie TH 2.1, Ciba-Geigy-interner Bericht, Basel, 26.1.1976, S. 2.

IGDRB 2003: Historischer Bericht II, Historie der Entsorgung von Chemieabfällen der Werke der Basler Chemischen Industrie in der Regio Basel im Zeitraum 1940 – 1961.

Kälin, Albin, EPEA Switzerland GmbH: Kreislaufwirtschaft statt Downcyvling: Setzt die Recycling-Meisterin auf's falsche Pferd?, in: Oeksokop 2/16, Fachzeitschrift der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz (AefU), Basel, 30.6.2016, S. 17-19. http://www.aefu.ch/fileadmin/user_upload/aefu-data/b_documents/oekoskop/Oekoskop_16_2.pdf

Jorio, L. 2016: Sanierung Sondermülldeponie, Bonfol oder das Ende eines chemischen Alptraums, SWI swissinfo.ch. https://www.swissinfo.ch/ger/sanierung-sondermuelldeponie_bonfol-oder-das-ende-eines-chemischen-alptraums/42490056.

Moser, H.J. 1997: Sondermülldeponie Kölliken (AG), 22 Jahre Deponiegeschichte aus der Sicht des Geologen. Bull. Angew. Geol. 2/2, 113-121.

Müller, B., Zenger, J. & Semadeni, M. 2010: Umweltkonforme Nachsorge der Sondermülldeponie Teuftal. Tagungsband 10. Depo-Tech-Konferenz, Leoben, Eigenverlag IAE Institut, Montanuniversität Leoben, 3.-5. November 2010.

Rembold, S. & Aegerter, D. 1999: Historie der Entsorgung von Chemierückständen der ehemaligen Ciba-, Geigy-, Sandoz- und Durand&Huguenin-Werke (BS und BL) vor 1961. Chronologie jurassienne de l'époque romaine à nos jours. http://www.chronologie-jurassienne.ch/fr/004-ALPHABET/Industries/Diverses/Ce-ramique-industrielle-SA--Bonfol.html.

Ribeaud, J. 2014: Maudite décharge, Histoire d'un site contaminé et de son assainissement à la frontière franco-suisse. Alphil Editions.

Ruch, A. 1981: Gemischtwirtschaftliche Träger des Gewässerschutzes - die Basler ProRheno Aktiengesellschaften. Schweizerisches Jahrbuch für politische Wissenschaften 21, 255-273.

Schmalz, P. 2002: Das Konsortium SMDK und seine Deponie, SMDK Fachtagung 2002. Einlagerungs-Betrieb 1978-1985, Sondermülldeponie Kölliken. www.smdk.ch.

Schmassmann, H. 1982: Bericht über die Sondermüll-Deponie Bonfol 1961-1981, Teil II, zuhanden Ciba-Geigy AG, 25. August 1982.