

Chimia 44 (1990) 187-188
© Schweiz. Chemiker-Verband; ISSN 0009-4293

Methodik und Problemlösungskonzepte der Bodensanierung

André Bachmann*

Beim Brand des Chemielagers in Schweizerhalle am 1. November 1986 wurden Hunderte von t von Chemikalien in die Umwelt freigesetzt. Als Folge der Löscharbeiten sind mit dem Löschwasser Pestizide und Organoquecksilberverbindungen teils in den Rhein geflossen, teils ins Erdreich eingetragen worden.

Anhand der Arbeiten, die zum Lösungskonzept der Sanierung des kontaminierten Bodens in Schweizerhalle führten, soll im folgenden kurz auf Methodik und Lösungskonzept für Sanierungen kontaminierter Böden eingegangen werden.

Die nach dem Brand rasch in Angriff genommenen *Sofortmassnahmen* dienten der Abwehr von Sekundärschäden, im speziellen dem Schutze des Grundwassers. Neben der Entsorgung des Chemieschuttes wurden die folgenden Massnahmen ergriffen:

- Erfassen der Schadstoffverteilung und -menge im Boden mittels Bodenprobenanalysen (Kernbohrungen),
- Ermittlung der physikalisch-chemischen Bodenparameter zur Abschätzung des Verhaltens der Schadstoffe im Boden,
- Verhinderung der Schadstoffausbreitung durch die Errichtung eines Drainagegrabens zur Unterbindung des seitlichen Bodenwasserzuflusses sowie einer oberflächlichen Abdichtung des ganzen Geländes zur Vermeidung der Meteorwassereinsickerung,
- Errichtung eines Containerdörfchens mit Feldlabor, Büroräumlichkeiten und Kühlraum vor Ort,
- Entwicklung neuer analytischer Methoden (Leitparameter) zwecks schnellerer Erfassung der Schadstoffkonzentration.

Im Anschluss an diese Sofortmassnahmen wurde mit der Ausarbeitung eines an die projektspezifischen Bedürfnisse (Schadstoffe, Bodencharakteristik, hydrogeologische Verhältnisse etc.) angepassten Konzeptes zur Durchführung einer *chemischen Risikoanalyse* begonnen. Neben der

obenerwähnten physikalisch-chemischen Charakterisierung des Bodens mussten die folgenden Basisdaten ermittelt werden:

- natürliche und anthropogene Belastung der Umwelt,
- physikalisch-chemische sowie toxikologische Charakterisierung der Schadstoffe,
- Richtwerte bezüglich der Schadstoffe,
- geologische, hydrogeologische sowie klimatische Verhältnisse des Standortes.

Da in der Literatur praktisch keine Angaben bezüglich des Verhaltens von Organoquecksilber im Boden zu finden waren, mussten die entsprechenden Daten in einer rund 1½-jährigen Laborstudie erarbeitet werden. Die Chemodynamik des Quecksilbers wie auch der Pestizide beeinflussen direkt die später beschriebenen toxikologischen Abklärungen, die hydrogeologischen Modelle als auch das Langzeitverhalten der im Boden verbleibenden Substanzen.

Ausgehend von im Verlaufe der Risikoanalyse laufend angepassten hydrogeologischen Szenarien wurde für den ungesättigten wie auch den gesättigten Bodenbereich kontaminationshydrogeologische Modellberechnungen durchgeführt mit dem Ziel, den Einfluss der Schadstoffkonzentration im Boden auf das Grundwasser zu ermitteln.

Die toxikologischen Abklärungen gaben Auskunft über die maximal zulässige Schadstoffbelastung des Bodens im Hinblick auf die direkte Gefährdung von Mensch, Tier und Pflanze. Wichtige Kenngrößen bilden dabei die sogenannten MAK-Werte (= maximale Arbeitsplatzkonzentration), die dem unmittelbaren Schutz des Menschen dienen.

Diese beiden Betrachtungsweisen (Toxikologie sowie Kontaminationshydrogeologie) führten zum Schluss, dass das Grundwasser resp. dessen Schutz den limitierenden Faktor bei der Festlegung der Grenzwerte (maximal zulässiger Schadstoffgehalt) für die Bodensanierung Schweizerhalle darstellte.

Den so ermittelten Grenzwert galt es anschliessend in mehreren Durchläufen zu überprüfen: der Grenzwert beeinflusst direkt die bautechnischen Möglichkeiten und diese wiederum sind eine der Inputgrößen für die hydrogeologischen Szenarien.



André Bachmann: geboren 1950 in Rüti, Kanton Zürich. Studium des Bauingenieurwesens an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich; Dipl. Bau-Ing. ETH, 1977. Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Eidgenössischen Anstalt für Wasser, Abwasser und Gewässerschutz (EAWAG) 1977-1978. Ausbildung in Environmental Engineering and Science an der Stanford University (USA); Ph.D. 1985. 1985-1987 Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter (Bioreaktor für Bodendekontamination) am Department of Microbiology der Agricultural University Wageningen (Niederlande). 1987-1989 Leiter des Bereichs Altlastensanierung und Abwassertechnik bei *EWI Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG*, Zürich. Seit 1989 Geschäftsleiter der *MBT Umwelttechnik AG*, Zürich.

Die für das Bodensanierungsprojekt SABO erforderliche Risikoanalyse erwies sich als äusserst komplex und sehr zeitintensiv; der Zeitbedarf für die gesamte Risikoabschätzung belief sich auf 2 bis 2½ Jahre.

Dieser enorme Aufwand ist im Rahmen eines Grossprojektes wie SABO sicher gerechtfertigt; die Relation zur Projektgrösse muss jedoch gewahrt bleiben. Für kleinere Havariefälle wie z. B. ein umgekipptes Ölfass kann normalerweise natürlich keine vollständige Risikoanalyse ausgearbeitet werden, da der Aushub des verunreinigten Bodens mit anschliessender biologischer Behandlung oder Verbrennung als Standardfall bezeichnet werden kann; eine Risikoanalyse erübrigt sich somit.

Bei jeder Erarbeitung eines Sanierungskonzeptes, sei es für einen kleinen Unfall oder ein Grossprojekt, gilt es, das Gesamtsystem unter Berücksichtigung aller Teilaspekte wie Energiebilanz, Umweltbilanz usw. zu optimieren.

Bereits nach Vorliegen erster, noch zu verifizierender Resultate der Risikoanalyse liessen sich die Anforderungen an die Verfahrenstechnik vorläufig definieren; die Evaluation der besten verfahrenstechnischen Lösungsvariante konnte somit eingeleitet werden. Im Falle des Projektes SABO wurden verschiedene Bodenwaschverfahren, thermische Behandlungsmethoden sowie Verfestigungsvarianten geprüft und teilweise auch in praktischen Versuchen getestet.

Die Ausarbeitung des gesamten Sanierungskonzeptes findet seinen Abschluss mit der Wahl der definitiven verfahrenstechnischen Behandlungsvariante inklu-

* Korrespondenz: Dr. A. Bachmann
MBT Umwelttechnik AG
Vulkanstr. 110
CH-8048 Zürich

sive der allenfalls notwendigen Entsorgung einzelner Materialkomponenten (z. B. Konzentrate, Schlämme etc.).

In unserem Modellfall Schweizerhalle wird mit einer Kombination verschiedener Verfahrenstechniken gearbeitet:

Das gesamte zu reinigende Bodenmaterial wird in einer eigens für das Projekt SABO konzipierten Flotationsanlage behandelt. Bei der Flotation werden in mehreren Stufen mit physikalisch-chemischen Verfahren die Schadstoffe mit den Feinstanteilen (Schluff) vom gröberen Bodenmaterial getrennt, was einer Aufkonzentration der Schadstoffe gleichkommt. Die Reinigung des Prozessabwassers sowie die Abluftreinigung müssen als flankierende Massnahmen in den Bodenreinigungsprozess integriert werden. Der erzielbare Reinigungsgrad mit diesem speziell umweltschonenden Verfahren liegt je nach Schadstoffart und -konzentration zwischen 80% und 99%. Bei sehr hohem Verschmutzungsgrad ist eine Nachbehandlung jedoch unumgänglich. Als geeignete Methoden erweisen sich hierbei chemische oder zumindest teilweise mikrobiologische Nachreinigerungsverfahren.

Für die Entsorgung der Schlämme mit den aufkonzentrierten Schadstoffen gelangen materialspezifische Verfahren zur An-

wendung. Anhand des Projektes SABO zeigt sich, dass eine thermische Behandlung verfahrenstechnisch und ökologisch gesehen häufig die einzig gangbare Möglichkeit darstellt.

Wo stehen wir im Sanierungsprojekt Schweizerhalle heute? Die in einer eigens dafür konzipierten Halle – zur Vermeidung von Geruchsbelästigungen wird im Innern mit einem kleinen Unterdruck gearbeitet – ist die Flotationsanlage fertiggestellt worden. Die Pilotphase zur Optimierung der verfahrenstechnischen Abläufe wird in 1–2 Monaten abgeschlossen; mit der eigentlichen Bodenreinigung kann somit in diesem Frühjahr, rund 3½ Jahre nach dem Brand, begonnen werden. Der Zeitbedarf für diese letzte Projektphase wird mit nochmals rund 2 Jahren veranschlagt. Für die gesamten verfahrenstechnischen Abklärungen zur Reinigung des Bodens, begonnen im Reagenzglas im Oktober 1987, wurden also ca. 2½ Jahre investiert.

Wie hoch kommen jedoch die Kosten für eine komplette Bodenreinigungsanlage zu stehen? Der Investitionsbedarf für eine Flotationsanlage inklusive betonierter Wanne, Halle sowie Ver- und Entsorgungsleitungen kann mit rund 10 Mio sFr. veranschlagt werden. Mit der notwendigen Infrastruktur (Zwischenlagerplätze, La-

bors für Analytik, Sicherheits- und Qualitätskontrollsystem, Nachreinigungsanlagen etc.) ist mit einem Gesamtaufwand von 15–20 Mio. sFr. zu rechnen. Für eine einzelne, kleinere Bodenverschmutzung wäre dieser Aufwand deshalb unverhältnismässig. Der Bau von zentral gelegenen, regionalen Bodenentsorgungszentren käme daher billiger zu stehen und die Qualität der Arbeiten könnten besser überwacht werden als bei irgendwelchen improvisierten Lösungen.

Mit der beschriebenen Flotationsanlage wird zur Zeit ein erstes Bodenentsorgungszentrum in der Schweiz in Betrieb genommen. Allein für Sanierung der beim Brand des Chemielagers in Schweizerhalle entstandenen Bodenverschmutzung ist die Anlage sicher für die nächsten zwei Jahre voll ausgelastet. Zudem muss der Standort – die Anlage steht mitten in einem chemischen Industriebetrieb – zumindest mittelfristig überprüft werden.

Wie auch in anderen Sparten der Umwelttechnik fehlen uns also immer noch die elementarsten Teile der Infrastruktur zur Behandlung von Umweltschäden und zur Minimierung der Belastung unserer Umwelt. Ein Umdenken und Mut zum Handeln sind daher angezeigt. Die Zeit drängt.

Chimia 44 (1990) 188–194
© Schweiz. Chemiker-Verband; ISSN 0009-4293

Abfallminderung, ein zentrales Anliegen der chemischen Industrie

Urs Gujer*

1. Abfälle aus der chemischen Industrie

1.1. Abfallquellen

Die chemische Industrie unterscheidet sich in einem Punkt wesentlich von anderen, ebenfalls hochtechnischen Industriezweigen: durch die Eigenheiten chemischer Umsetzungen. Bei diesen entstehen durch chemische Reaktionen neue Stoffe. Was für neue Stoffe, mit Bezug auf die Ausgangsstoffe, dabei entstehen, hängt von den Energieverhältnissen ab.

Naturgesetze bedingen, dass es auch in der Chemie treibende Kräfte gibt, durch

welche energiereich verknüpfte Bausteine von Ausgangsstoffen sich so neu kombinieren, dass ein günstigeres, d. h. energieärmeres Verknüpfungssystem entsteht. Durch diese Neukombinationen bilden sich neben den gewünschten Produkten zwangsläufig auch Nebenprodukte. Chemische Umsetzungen verlaufen somit in den seltensten Fällen zu 100% in einer Richtung. Nebenprodukte sind meistens unerwünscht bzw. nicht wiederverwendbar oder verwertbar und müssen durch geeignete Verfahren abgetrennt werden. Ferner werden bei chemischen Umsetzungen zur Steigerung von Ausbeute und Qualität die unterschiedlichsten Hilfsstoffe, wie Katalysatoren, Filterhilfsmittel, Lösungsmittel, Adsorptionsmittel usw., eingesetzt. Diese



Urs Gujer: Geboren am 18.1.1940 in Istanbul/Türkei. Ausbildung: Chemiestudium an der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich: 1960–1967 (Dipl. Ing. Chem.); 1970 (Dr. Sc. techn.). Berufliche Erfahrung: 1970–1972 Ciba-Geigy Basel, Forschung Chemie Pflanzenregulatoren. 1972–1974 Marktforschung Pflanzenschutz. 1974–1980 Marketing Umwelttechnik – Beratung und Anlagenbau. 1980–1986 Umweltschutz-Audit. Ab 1986 Koordination Umweltschutz im Ciba-Geigy Konzern, Schwergewicht Abfallbewirtschaftung, Recycling, Ausbildung.

Hilfsstoffe müssen ebenfalls nach Abschluss der Reaktion vom gewünschten Produkt abgetrennt werden und sind typische, chemiespezifische Abfälle.

Es ist eine oft übersehene Tatsache, dass sich Materie nicht vernichten lässt. Sie

* Korrespondenz: Dr. U. Gujer
Ciba-Geigy AG
CH-4002 Basel