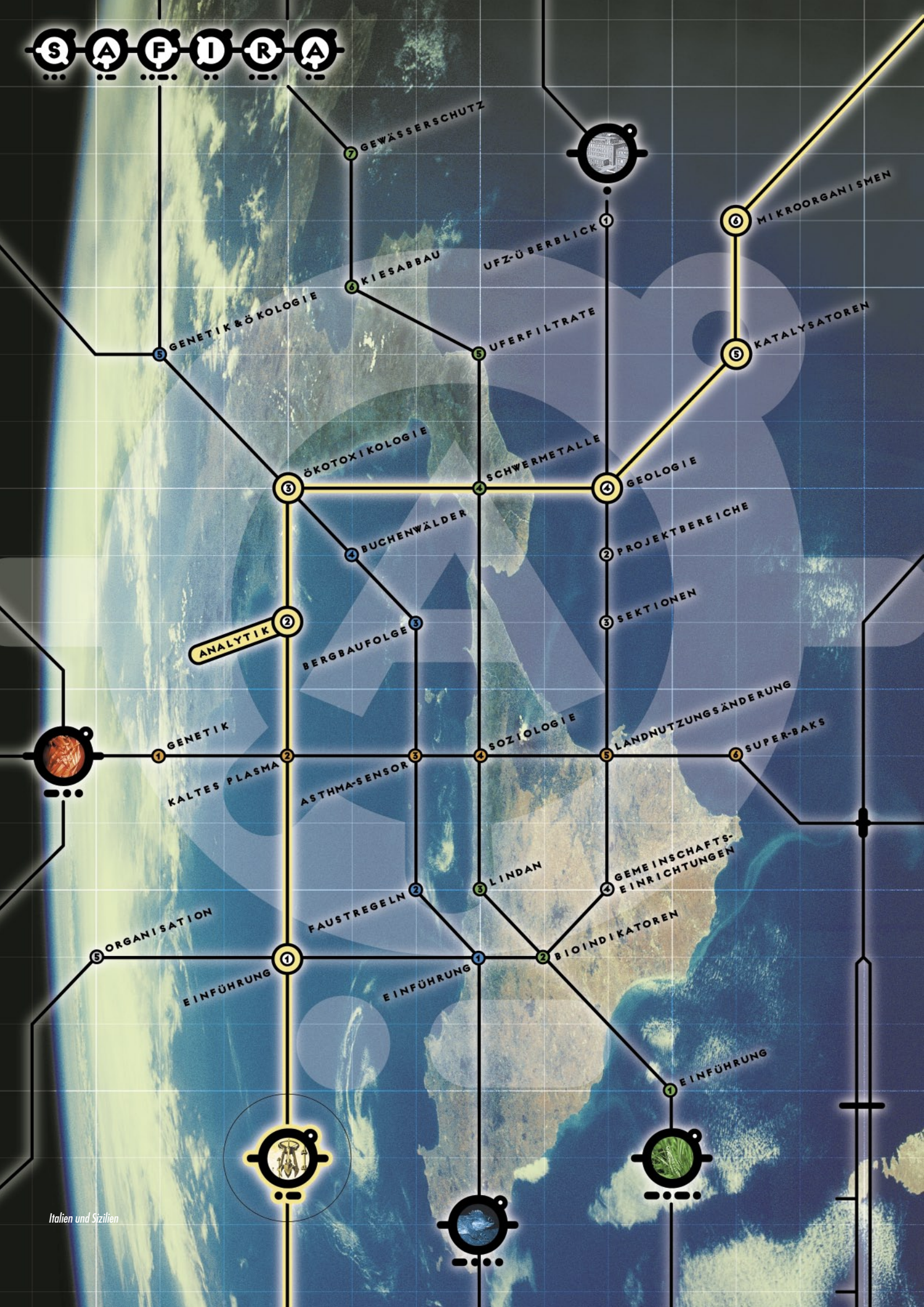


S A F I R A





DAS BITTERFELDER GRUNDWASSER – EIN GEFÄHRLICHER COCKTAIL

Peter Popp

Die Region Bitterfeld-Wolfen hat durch ihre großräumigen Umweltbelastungen weltweites Aufsehen erregt. Hauptverursacher der ungewöhnlich hohen Altlastenkonzentrationen sind die chemischen Betriebe, die große Flächen beanspruchten und diese erheblich verunreinigten. Die schadstoffbelasteten Abfallprodukte von mehr als 100 Jahren chemischer Produktion wurden vor allem in ausgekohlte Restlöcher des Braunkohlebergbaus verbracht und konnten von dort aus in das Grundwasser gelangen. Während die Kontamination der Böden vor allem das Gelände des ehemaligen Chemiekombinates Bitterfeld-Wolfen und die Altablagerungen und Deponien betrifft, ist das Grundwasser weiträumig verunreinigt.

Entsprechend der Vorgeschichte der jeweiligen Standorte variieren die Konzentrationen der organischen Schadstoffe im Grundwasser erheblich. Um einen Überblick über das Ausmaß dieser Kontaminationen zu erhalten, wurden an insgesamt 45 Grundwassermessstellen (GWM) Untersuchungen bezüglich der Konzentrationen der Verbindungen vorgenommen, die als »Hauptkomponenten« der organischen Verunreinigung definiert werden können. Es handelt sich dabei um Vinylchlorid, cis-1,2-Dichlorethen, trans-1,2-Dichlorethen, Benzen, Trichlorethen, Tetrachlorethen, 1,1,2,2-Tetrachlorethan, Chlorbenzen, 1,2-Dichlorbenzen und 1,4-Dichlorbenzen. Diese Substanzen gehörten entweder zum Produktionsspektrum des Chemiekombinates Bitterfeld-Wolfen oder es sind Produkte, die im Verlaufe des biotischen und



Bild 1: und 2: Industrieregion Bitterfeld (Fotos: Reinart Feldmann, UFZ)

abiotischen Abbaus von Chlorkohlenwasserstoffen entstehen. An drei Grundwassermessstellen erfolgten darüber hinaus umfangreichere Untersuchungen zum Schadstoffspektrum. Diese Messstellen liegen auf dem Gelände der Deponie »Antonie«, dem Gelände des ehemaligen Elektrochemischen Kombinates Bitterfeld und dem Standort der Untersuchungen zum SAFIRA-Projekt.

Grundwasserproben von der Deponie »Antonie«

Die an das Werksgelände des ehemaligen Elektrochemischen Kombinates Bitterfeld angrenzende Deponie »Antonie« enthält das höchste Gefährdungspotential des Bitterfelder Raumes. Zu den circa 5 Millionen Kubikmetern Deponieinhalt gehören allein 70.000 Tonnen gefährliche Rückstände der Lindanproduktion (Lindan wurde in den Jahren 1951-1982 als Insektizid hergestellt), nämlich Chlorbenzene und Hexachlorcyclohexan-Isomere. Die Grundwasserproben wurden einem in den letzten

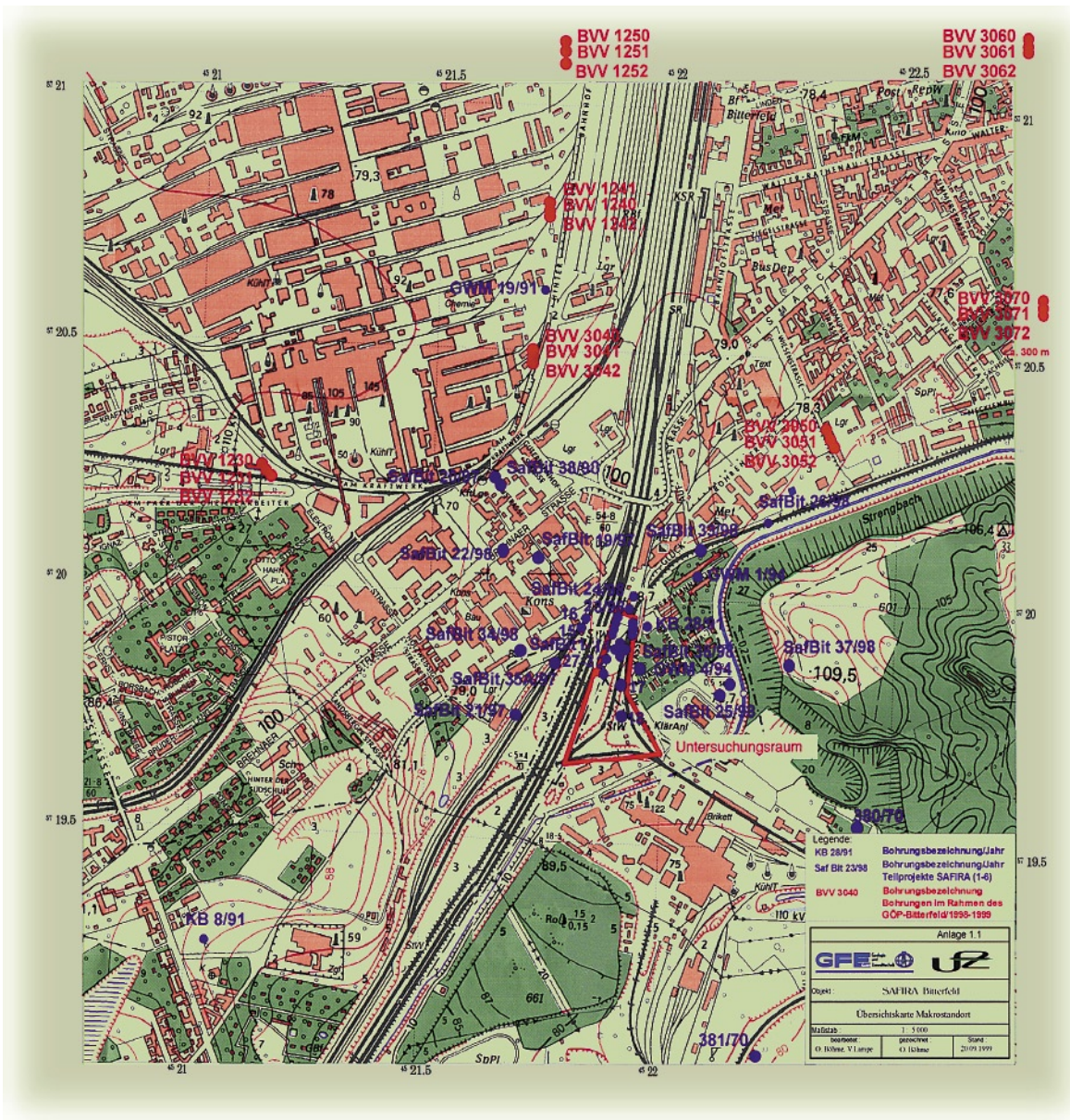


Bild 3: Geografische Lage der Grundwassermessstellen (GWM)



Bild 4: Analyse der Grundwasserproben mit gaschromatografischer Trennung und massenselektiver Detektion (Foto: Norma Neuheiser, UFZ)

Jahren entwickelten Verfahren, der sogenannten Festphasenmikroextraktion, unterzogen, das es erlaubt, ohne den Einsatz von Lösemitteln die organischen Substanzen von der Probenmatrix zu isolieren und ohne weitere Zwischenschritte zu analysieren. Als Analysengerät fand eine Kombination von Gaschromatografie und Massenspektrometrie Anwendung.

Die mengenmäßig dominanten Verbindungen, die beim Screening (Überprüfung) der Proben gefunden wurden, sind in Bild 5 dargestellt.

Ausgehend vom bekannten Schadstoffpotential der Depone sind die hohen Gehalte an Tri- und Tetrachlorethen, Tetrachlorethan, Chlorbenzenen und an Hexachlorcyclo-



Grundwasserproben vom Gelände des ehemaligen Elektrochemischen Kombines Bitterfeld (EKB)

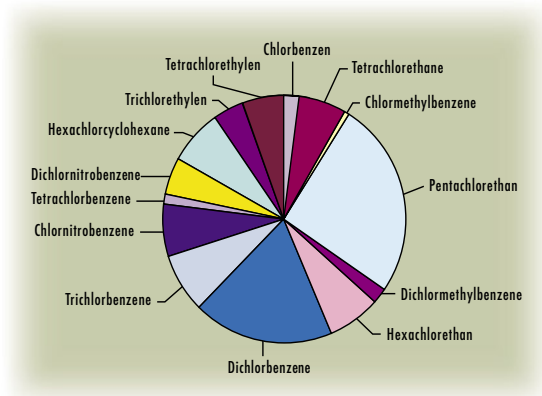


Bild 5: Hauptkomponenten des Grundwassers der Deponie »Antonie«

hexanen (HCHs) zu erwarten. Weiterhin ist bekannt, dass Pentachlor- und Hexachlorethan sowie Chlornitrobenzene im Produktionsprozess eine Rolle spielten und in hohen Konzentrationen anfielen, so dass ihre Ablagerung auf der Deponie erklärlich ist.

Die quantitativen Analysen bestätigen die erheblichen Kontaminationen des Grundwassers vor allem mit Trichlorethen, Tetrachlorethen, 1,1,2,2,-Tetrachlorethan, Chlorbenzenen und HCHs.

Nach den im Sanierungsrahmenkonzept Bitterfeld-Wolfen getroffenen Einschätzungen wird der untere Teil der Deponie vom Grundwasser durchströmt, wobei sich günstig auswirken soll, dass sich zurzeit westlich der Deponie eine Grundwasserscheide befindet und damit fast kein Grundwasserzustrom erfolgt. Der Abstrom erfolgt in nordöstliche bzw. östliche Richtung.

Substanz	Konzentration (µg/l)	Substanz	Konzentration (µg/l)
trans-1,2-Dichlorethen	20	Trichlorbenzene	87
cis-1,2-Dichlorethen	180	Tetrachlorbenzene	12
Benzen	140	Pentachlorbenzen	0,3
Trichlorethen	4500	Hexachlorbenzen	0,02
Tetrachlorethen	4440	α-HCH	680
Chlorbenzen	510	β-HCH	200
1,1,2,2,-Tetrachlorethan	12560	γ-HCH	425
1,4-Dichlorbenzen	850	δ-HCH	1330
1,2-Dichlorbenzen	6440		

Tabelle 1: Konzentrationen der Hauptkomponenten der organischen Verunreinigung im Grundwasser der Deponie »Antonie«

In Grundwasserproben des ehemaligen EKB (Pegel GWM 19/91) wurde die toxikologisch relevante Verbindung O,O,S-Trimethyldithiophosphorsäureester (O,O,S-Trimethyldithiophosphat), ein unerwünschtes Beiprodukt der Dimethoat-Herstellung – ebenfalls aus der Palette der Pflanzenschutzmittel – gefunden. Daraufhin wurde gezielt nach weiteren toxischen Abbau- bzw. Nebenprodukten dieser Produktionslinie gesucht.

Die Extraktionstechniken, die dabei angewendet wurden, sind die bereits erwähnte Festphasenmikroextraktion und die Festphasenextraktion mit Styren-Divinylbenzen als Sorbens. Das Spektrum der analysierten Substanzen ist in Bild 6 dargestellt.

Auffallend ist, dass neben leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen – bedingt durch das Produktionsprofil am Standort – eine größere Zahl von Schwefelverbindungen (u.a. Dimethyldisulfid, Dimethyltrisulfid und Tetrachlorthiophen) gefunden wurde. Einen nicht unbeträchtlichen Anteil an der Gesamtfläche der auftretenden Peaks im Gaschromatogramm nimmt das O,O,S-Trimethyldithiophosphat ein. In einem zeitaufwendigen Verfahren (Kopplung der genannten Extraktionstechniken mit der Gaschromatografie und mit selektiven Detektoren (massenselektiver Detektor, gepulster Flammenfotometerdetektor) gelang es, zahlreiche Schwefel- bzw. Schwefel-Phosphorverbindungen zu identifizieren. Dazu gehören Schwefelkohlenstoff, Dimethyldisulfid, Chlorthiophosphorsäuremethylester, Di-

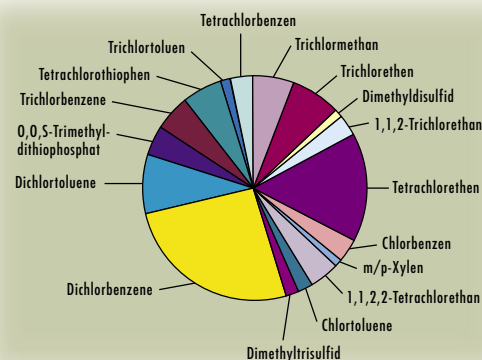


Bild 6: Hauptkomponenten der Grundwasserprobe GWM 19/91

methyltrisulfid, O,O,O-Trimethylthiophosphat, Benzylmercaptan, O,O,S-Trimethylthiophosphat, Dimethyltetrasulfid, Benzothiazol, Tetrachlorthiophen, O,S,S-Trimethyldithiophosphat, Benzylmethyldisulfid, Diphenylsulfid und Schwefel (S₈). Die Konzentration des toxischen O,O,S-Trimethyldithiophosphat (LD₅₀-Wert: 638 mg/kg Ratte)* wurde anhand eines Standards zu 4,0 mg/l bestimmt. An diesem Beispiel wird deutlich, wie sehr die Produktion mit ihren Abfällen, Beiprodukten und Degradationsprodukten die lokale Grundwassersituation beeinflusst, und es ist eine Frage der Strömungsrichtung und der Fließgeschwindigkeit, wie schnell sich derartige Verbindungen ausbreiten.

Analytik von Bohrkerne und Grundwasserproben am SAFIRA-Standort

Während des Niederbringens der Bohrungen wurde Material aus Bohrkerne untersucht. Die Kernproben der Bohrung SAFBIT 2/96 wurden dabei einem Screening über das gesamte Profil von 0 - 48,5 Meter Tiefe hinweg unterzogen. Relative Empfindlichkeiten, die den Konzentrationen der Hauptkomponenten an diesem Standort proportional sind, wurden in Bild 9 zusammengestellt.

Die aliphatischen Halogenkohlenwasserstoffe und Benzen treten vor allem in Schichtungen von 19,5 Metern bis 24,5 Metern (also direkt über der Kohleschicht und in deren oberem Bereich) auf, während Chlorbenzen und die Dichlorbenzene in den Schichten zwischen 12 Metern und 22,65 Metern zu finden sind. Das rasche Abklingen der Konzentrationsprofile hängt damit zusammen, dass diese



Bild 7: Bohrkerne (Foto: Ralf Trabitzsch, UFZ)

Substanzen in der Kohle stärker adsorptiv gebunden werden. Zur analytischen Begleitung der Abbauersuche an der mobilen Testeinheit, die im SAFIRA-Versuchsfeld installiert ist, wurden über einen Zeitraum von 15 Monaten hinweg wöchentlich größere Probenmengen untersucht. Die dominante Verbindungen im Zustrom ist das persistente, also in der Umwelt schwer abbaubare, Chlorbenzen mit Konzentrationen zwischen 18.000 und 25.000 µg/l. In relevanten Konzentrationen wurden weiterhin Vinylchlorid (0-20µg/l), 1,2-cis-Dichlorethen (0-20µg/l), Cyclohexan (0-80µg/l), Benzen (100-120 µg/l), 1,1,2,2-Tetrachlorethan (20-40µg/l), Chlortoluen (20-40µg/l), 1,4-Dichlorbenzen (250-300µg/l) sowie 1,2-Dichlorbenzen (40-50 µg/l) gemessen. Im Zulauf wurden außerdem Phenol sowie 2- und 4-Chlorphenol gefunden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Bitterfelder Grundwasser weiträumig kontaminiert ist. Die Pegel im Bereich der Deponie »Antonie« und der Chemie-AG spiegeln das Spektrum der abgelagerten bzw. produzierten Organika, ihrer Abprodukte und Metaboliten wider, während am SAFIRA-Standort Chlorbenzen als konzentrationmäßig höchste Kontamination vorliegt.

* LD: Letale Dosis. Bezeichnet die für Mensch und Tier innerhalb eines bestimmten Zeitraumes tödliche Dosis (aufgenommene Gesamtmenge) eines Stoffes. LD₅₀ gibt bei Tierversuchen die mittlere tödliche Dosis (50% der Versuchstiere werden durch den betreffenden Stoff getötet), an.

(Mitarbeiter im Projekt: Kerstin Beiner, Barbara Hauser, Monika Möder, Gudrun Oppermann, Steffi Schrader, Uwe Thuß, Holger Weiß)



Bild 8: Grundwasserproben am Standort SAFIRA (© Presse- und Informationsamt der Bundesregierung)



SAFBIT 2/96

Schadstoffprofile des Bohrkerns

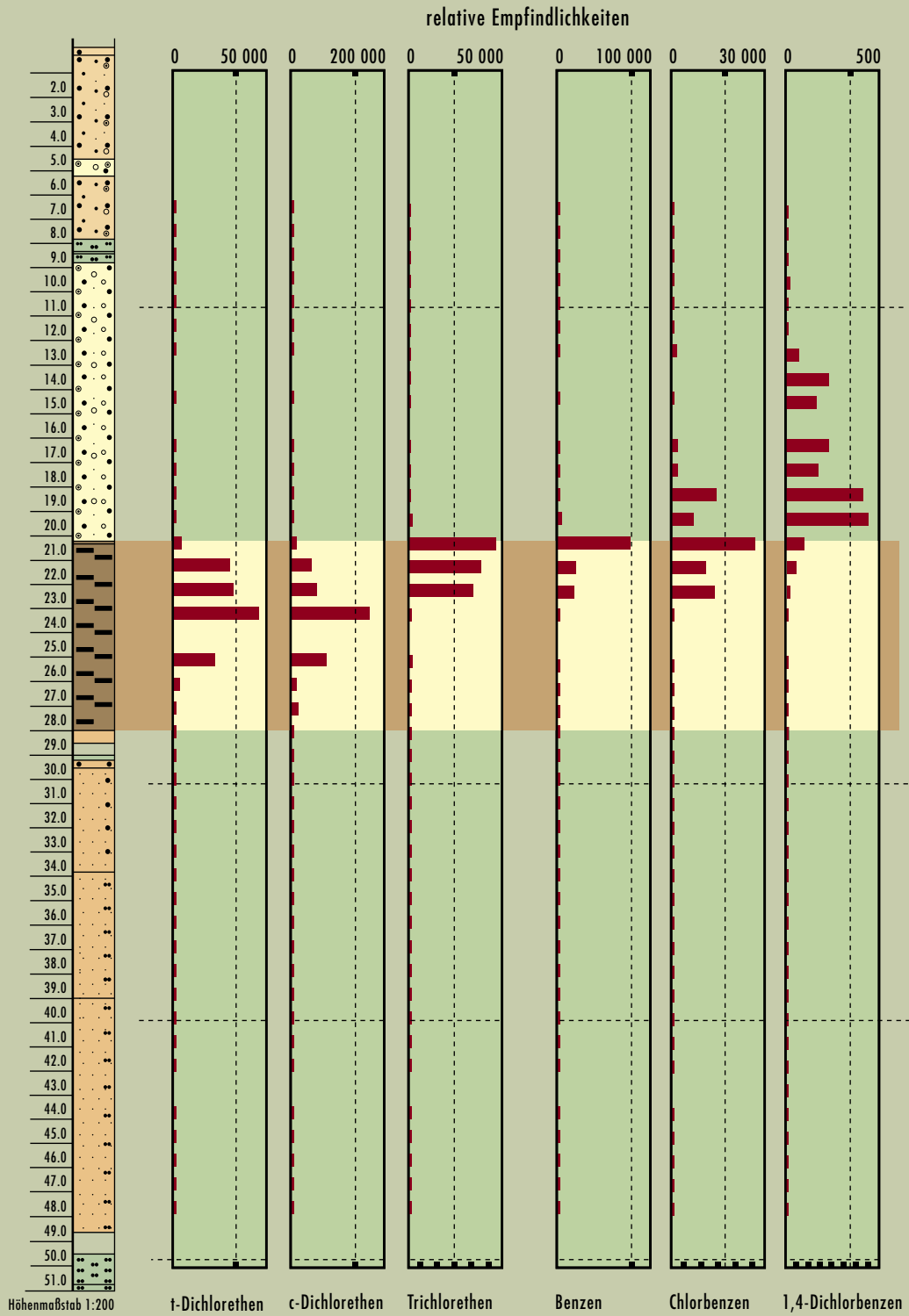


Bild 9: Schadstoffprofile des Bohrkerns (SAFBIT 2/96)

English Abstract

The groundwater in Bitterfeld – a dangerous cocktail

Peter Popp

The region of Bitterfeld-Wolfen is notorious for its widespread environmental pollution. The main reason for this high concentration of contaminated sites is the sprawling chemical plants, which covered and severely polluted huge areas. Contaminated by-products created by more than a century of chemical production were mainly disposed of in disused opencast lignite mining pits, from where they penetrated the groundwater. Although soil contamination chiefly affects the sites of the former Bitterfeld-Wolfen chemical combine along with the old deposits and waste dumps, much of the groundwater has been polluted as well.

The concentrations of organic pollutants in the groundwater vary considerably depending on each site's history. To obtain an overview of the degree of contamination, the concentration of the main components of organic pollution was measured at 45 monitoring wells. The compounds studied were vinyl chloride, cis-1,2-dichloroethene, trans-1,2-dichloroethene, benzene, trichloroethene, tetrachloroethene, 1,1,1,2-tetrachloroethane, chlorobenzene, 1,2-dichlorobenzene and 1,4-dichlorobenzene – substances which were either produced by the Bitterfeld-Wolfen chemical combine, or which were created by the biotic and abiotic degradation of chlorinated hydrocarbons. In addition, more extensive investigations into the pollutant spectrum were carried out at three monitoring wells located at the Antonie dump, the former Bitterfeld electrochemical combine, and the site of the investigations being carried out under Project SAFIRA.