

Sanierung des Gaswerks Plauen

In-situ-chemische Oxidation als Verfahren auch für gaswerkstypische Stoffe eingesetzt

Eberhard Goldbach, Denny Schanze

Am Standort des ehemaligen Gaswerks Plauen in Sachsen sind Boden und Grundwasser kontaminiert. Eine hydraulische Grundwassersanierung läuft bereits seit 1998. Als deutlich wurde, dass die Zielwerte mit der ursprünglichen Strategie nicht erreicht werden, entwickelte Arcadis als neuer Generalauftragnehmer ein neues Konzept. Seit 2008 wird saniert – unter komplizierten Rahmenbedingungen und mit innovativen Verfahren.



Nachdem das Gaswerk II Plauen Anfang des letzten Jahrhunderts in Betrieb ging, produzierte es mehr als sieben Jahrzehnte lang Stadtgas für die Stadt im südlichen Sachsen. Die Gasherstellung war allerdings nicht ohne Spuren geblieben. Die Untersuchungen 1998 zeigten folgende Grundwasserbelastungen:

- Mineralölkohlenwasserstoffe bis 3,9 mg/l
- BTEX (Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol) bis 50 mg/l
- Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) bis 24 mg/l
- Phenole bis 5,8 mg/l

■ lokale Teerphasenanreicherungen
Neben einer frühzeitigen lokalen Bodensanierung wurde 1998 eine flächenhafte Grundwassersanierung begonnen und verschiedene ergänzende Sanierungsverfahren angewendet (z. B. Luftinfiltration) bzw. im Rahmen eines Forschungsverfahrens überprüft.

Neun Jahre später waren die angeordneten Sanierungsziele bezüglich des Schutzgutes Grundwasser jedoch immer noch nicht erreicht. Der Sanierungsverpflichtete, die Envia Mitteldeutsche Energie AG, erkannte, dass die hydraulische Sanierung noch Jahrzehnte dauern würde. Eine grundsätzliche Änderung des Sanierungskonzepts war erforderlich. Arcadis über-

zeugte mit einem neu erarbeiteten Konzeptvorschlag und erhielt im Januar 2008 den Auftrag für die Planung und Ausführung der Sanierung.

Komplexe Sanierung mit verschiedenen Verfahren

Voruntersuchungen zeigten, dass die Bodenkontaminationen in einzelnen Bereichen noch deutlich stärker waren als bisher bekannt. Zur Optimierung des Bodenaushubs und der begleitenden hydraulischen Sicherungsmaßnahmen wurde ein Kontaminations- und geohydraulisches Modell erstellt und damit die relevanten Konturen der Bodenbelastungen dreidimensional abgebildet. Der von Arcadis vorgelegte Plan umfasste die Sanierung mehrerer Schwerpunkte mit unterschiedlichen Verfahren:

- Beseitigung des Schadstoffpotenzials in den Quellen und Eintragsherden mit relevanten Phasenanreicherungen durch Bodenaushub
- Anwendung des ISCO-Verfahrens als aktive *In-situ*-Sanierung in bautechnisch komplizierten Bereichen
- Einrichtung eines geschlossenen hydraulischen Spülkreislaufs in der an den Fluss „Weiße Elster“ grenzenden Altlastenfläche

- Optimierung der hydraulischen Sanierung abstromig relevanter Schadstoffausstragsbereiche

ISCO-Verfahren

Wesentlicher innovativer Teil der Sanierungsstrategie war die Anwendung der *In-situ*-chemischen Oxidation (ISCO) in den Bereichen Teer- und Ammoniakgruben und Scheibengasbehälter, wo ein Bodenaushub nicht möglich oder unverhältnismäßig aufwändig war.

Der wesentliche Vorteil dieses Verfahrens, bei dem oxidierende Chemikalien über Injektionspegel in den Grundwasserleiter eingebracht werden, ist die schnelle und effektive Eliminierung von Schadstoffen. Deutschlandweit beschränkte sich die Anwendung des ISCO-Verfahrens bisher überwiegend auf die Sanierung von Altlasten mit leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen (LCKW). Als Oxidationsmittel dient vorrangig Permanganat.

Der Einsatz dieses Verfahrens auf Standorten mit komplexen gaswerkstypischen Schadstoffen in Deutschland ist kaum bekannt, jedoch hat das niederländische, zur Arcadis-Gruppe gehörende Unternehmen In-Situ-Technieken, es auf mehreren Standorten in Europa erfolgreich angewandt. In-

Situ-Techniken führte die Laboruntersuchungen und die ISCO-Maßnahme durch.

Beim ISCO-Verfahren kommt das Fentons-Reagenz, ein Gemisch aus Wasserstoffperoxid und zweiwertigem Eisen, zum Einsatz. Es dient als Katalysator bei der Oxidation verschiedener Verbindungen. Hierdurch entstehen sehr reaktive Hydroxylradikale und weitere reaktive Teilchen, die als starke unspezifische Oxidantien mit vielen verschiedenen Verunreinigungen gleichzeitig reagieren. Die Stärke der Hydroxylradikale liegt im Spalten von C=C-, C-C- und C-H-Verbindungen, die in organischen Verunreinigungen vorherrschen. BTEX und PAK werden zu Wasser und Kohlendioxid abgebaut. Bei der Oxidation chlorierter Kohlenwasserstoffe bildet sich zusätzlich Chlorid, das auch natürlicherweise im Boden vorhanden ist.

Um die Machbarkeit der ISCO-Sanierung am Standort Plauen zu überprüfen, wurden in einer ersten Etappe folgende Basisparameter des Bodens untersucht:

- die Pufferkapazität
- die Eisenverfügbarkeit
- die Wechselwirkung mit dem Fentons-Reagenz zur Optimierung der chemischen Oxidation

■ der natürliche Oxidationsmittelbedarf
Die Ergebnisse zeigten, dass der Boden sich prinzipiell für eine Sanierung mit dem ISCO-Verfahren eignet. Die Schadstoffverringerungen wiesen auch auf einen mikrobiellen Abbau hin.

In einer zweiten Testreihe wurde im Labor untersucht, in welchem Umfang das Oxidationsmittel die vorliegende Mischkontamination von BTEX, PAK, Mineralölkohlenwasserstoffen und Phenolen abbaut. Die Behandlung mit Fentons-Reagenz wies Schadstoffreduzierungen um bis zu 80 % aus. Nachgewiesen wurde außerdem die Desorption der Schadstoffe aus der Bodenmatrix, wodurch diese für den Abbau in der Wasserphase verfügbar gemacht werden.

Sanierung unter anspruchsvollen Rahmenbedingungen

Aufgrund der positiven Ergebnisse der Machbarkeitsstudie und nach der Genehmigung durch die Wasserbehörde konnte Arcadis mit der Umsetzung des Sanierungskonzepts und damit auch des ISCO-Verfahrens beginnen. Um den Prozess effektiv gestalten zu können, übernahm Arcadis dazu die bestehende Grundwasseraufbereitungsanlage.

Vor der eigentlichen Bodensanierung waren umfangreiche vorbereitende Maßnahmen erforderlich. Es mussten ca. 1400 m Kabel und Rohrleitungen in neuer Trasse umverlegt werden. Auch bestand die Gefahr, auf eventuell noch vorhandene Kampfmittel zu stoßen. Dies erforderte, jeden Bohrpunkt vorher zu überprüfen. Zum Schutz der bestehenden Gebäude und Anlagen waren zum Teil besondere Siche-



Gesichertes Kabelband im Bereich Teer- und Ammoniakgruben

ungsmaßnahmen erforderlich – beispielsweise für einen 182 m hohen Schornstein.

Während dieser Vorbereitungen und der Sanierungsarbeiten war die Produktion des auf dem Gelände seit 1998 befindlichen Heizkraftwerks der WVP – Wärmeversorgung Plauen GmbH, dem bedeutendsten Wärmelieferanten der Stadt, ununterbrochen zu gewährleisten. Auch beim ebenfalls betroffenen Stahlbaubetrieb hatte der laufende Produktionsbetrieb höchste Priorität. Durch das Heizkraftwerk stand für die Sanierung zudem wenig Platz zur Verfügung, was eine gute Logistik erforderte.

Für die ISCO-Sanierung wurden in den Bereichen Teer- und Ammoniakgruben und Scheibengasbehälter ca. 80 Infiltrations- und Überwachungsanzlen in den Untergrund in unterschiedlichen Tiefen eingebracht. Im Bereich der größten Aushubflä-

Ergebnisse der Bodensanierung und des ISCO-Verfahrens

Die Bilanz nach Abschluss der Bodensanierungsarbeiten ist äußerst positiv: Mit der Entsorgung von ca. 16 000 t kontaminiertem Boden und Bauschutt wurden ca. 80 t Schadstoffe entfernt. Daneben wurden mehr als 30 t Phasengemische entsorgt. Allein dies bestätigt die Einschätzung, dass die hydraulische Sanierung noch sehr langfristig hätte betrieben werden müssen. Nur mit der Beseitigung wesentlicher phasenführender Quellbereiche ist eine deutliche und dauerhafte Schadstoffreduzierung im Grundwasser möglich. Der flächenhafte Bodenaushub hatte einen zusätzlichen positiven Effekt: Die Belüftung in den Baugruben und die Beseitigung des Schadstoffpotenzials führte zu verbesserten Milieuvhältnissen im Unter-

Der Einsatz des Fentons-Reagenz führte neben der Oxidation der im Wasser gelösten Schadstoffe zu einer Desorption der an der Bodenmatrix adsorbierten Kontaminanten

che, dem Benzolofen, wurde wegen des nicht auszuschließenden Auftretens unverwitterter Diabasgänge eine Kombination aus Berliner Verbau und einer in das Festgestein einbindenden tiefliegenden Dichtwand realisiert. Dies erhöhte auch die bautechnische Sicherheit der angrenzenden Produktionsgebäude und minderte den Lärm für die umliegenden Anwohner und am Standort tätigen Firmen.

Äußerst kompliziert gestaltete sich der geplante Bodenaushub im Bereich Teer- und Ammoniakgruben. Durch diese Baugrube verlief ein zentrales Medienband mit ca. 60 Einzelkabeln, das die Energie- und Wärmeversorgung der Stadt Plauen mit sicherte, sodass dessen Verlegung technisch und zeitlich riskant gewesen wäre. Daher wurde eine andere Lösung entwickelt: Die Leitungen wurden unterfahren und an Baugrubenaussteifungen abgefangen.

grund und förderte somit das natürliche Selbstreinigungspotenzial.

Auch das ISCO-Verfahren erweist sich als zielführend: Die Infiltration von ca. 60 t Wasserstoffperoxid und ergänzenden Chemikalien in zwei Injektionskampagnen reduzierte die Schadstoffe erheblich. Sowohl in den Ausgangskonzentrationen als auch in den Überwachungsergebnissen zeigten die pegelbezogenen Grundwasseranalysen während und nach der Injektion dabei extreme lokale Unterschiede in den Schadstoffkonzentrationen auf, die teilweise deutlich von den in den Sanierungsbrunnen gemessenen Gehalten als flächenhafte Belastung abwichen. Dies erforderte eine pegelbezogene Steuerung des Infiltrationsregimes. Deutliche Unterschiede traten auch zwischen den einzelnen Altlastenflächen auf.

Durch das ISCO-Verfahren wurden in einzelnen Injektionspegeln Abreicherungs-



Für die ISCO-Sanierung wurden in den Bereichen Teer- und Ammoniakgruben und Scheibengasbehälter ca. 80 Infiltrations- und Überwachungsanlagen in den Untergrund in unterschiedlichen Tiefen eingebracht

raten der gelösten Schadstoffe für einige Kontaminanten bis unter die Nachweisgrenze erreicht. Insbesondere bei den PAK gab es lokal unterschiedliche Schadstoffreduzierungen. Die Absenkung des für das Verfahren erforderlichen pH-Werts (bis pH-Wert 5) konnte durch die Steuerung der Prozesse auf einen lokalen Wirkradius be-

Hinsichtlich der PAK-Einzelkomponenten hatte sich das Analysenspektrum vor und nach der Injektion deutlich verschoben. Während etwa das Naphthalin fast vollständig abgebaut wurde, sind die Abbauraten für die komplexeren Stoffe Acenaphthen, Fluoren und Phenanthren deutlich geringer. Ursachen sind die geringere Wasserlös-

Die Infiltration von Wasserstoffperoxid und ergänzenden Chemikalien reduzierte die Schadstoffe erheblich

schränkt bleiben: Innerhalb eines kurzen Zeitraums stellten sich im Grundwasser bis auf wenige Ausnahmen wieder neutrale pH-Werte ein. Die ablaufenden exothermen Reaktionen führten zu örtlich begrenzten Temperaturerhöhungen um bis zu 15 °C.

lichkeit und damit geringere Verfügbarkeit für die Oxidationsreaktion und der erhöhte Oxidationsmittelbedarf zur vollständigen Mineralisation.

Der Einsatz des Fentons Reagenz führte neben der Oxidation der im Wasser gelösten Schadstoffe zu einer Desorption der an

der Bodenmatrix adsorbierten Kontaminanten (vorrangig BTEX und PAK). Diese überlagernden Desorptionsprozesse wirkten auch nach Abschluss der Infiltration und des schnell ablaufenden Oxidationsprozesses noch nach. So waren im Grundwasser bereichsweise noch deutlich erhöhte Schadstoffkonzentrationen feststellbar. Um die Steigerung der Effektivität zu erhöhen, wurde die ISCO-Sanierung mit einer nachlaufenden Zwei-Phasen-Extraktion kombiniert: Mittels Unterdruck wird ein Luft-Wasser-Gemisch aus den Infiltrations- und Überwachungspegeln wechselseitig abgepumpt und in der vorhandenen Grundwasserreinigungsanlage aufbereitet. Dieser Prozess erwies sich als wesentlich für die flächenhafte und dauerhafte Schadstoffreduzierung und wird gegenwärtig noch betrieben.

Sanierungserfolge

Das Erreichen des Ziels einer deutlichen Schadstoffreduzierung im Grundwasser innerhalb eines Jahres ist anhand der aktuellen Grundwasserwerte grundsätzlich gegeben. Durch die Umsetzung des Sanierungskonzepts wurden wesentliche Schadstoffpotenziale beseitigt: Drei Monate nach Abschluss der wesentlichen Sanierungsmaßnahmen war eine Reduzierung der Schadstoffe im Grundwasserbelastung eingetreten, nach weiteren drei Monaten ist unmittelbar abstromig der behandelten Kontaminationsherde in verschiedenen Grundwassermessstellen eine Unterschreitung der Zielwerte nachweisbar. Dies gilt es, im Rahmen des weiteren Grundwassermonitorings dauerhaft zu bestätigen. ■

AUTOREN DIESER AUSGABE

Hans Joachim Schmitz

Pressebüro HJS, Buntspechtweg 19,
55442 Stromberg, Tel.: 06724/602869,
Fax: 06724/602871,
E-Mail: hjschmitz43@web.de

Dr. Ismail Mahmutoglu

Bauer Umwelt GmbH, In der Scherau 1,
86529 Schrobenhausen,
Tel.: 08252/97-3153, E-Mail: ismail.mahmutoglu@bauerumweltgruppe.com

Dipl.-Ing. Thomas Schmidt-Modrow

Bauer Umwelt GmbH, In der Scherau 1,
86529 Schrobenhausen,
Tel.: 08252/97-3102,
E-Mail: thomas.schmidt-modrow@bauerumweltgruppe.com

Dr. Eberhard Goldbach

Arcadis Deutschland GmbH,
Rosenstraße 30, 01067 Dresden,
Tel.: 0351/263588-73,
E-Mail: e.goldbach@arcadis.de

Dipl.-Ing. Denny Schanze

Arcadis In-Situ Techniken,
Het Rietveld 59a,
NL-7321 CT Apeldoorn,
Tel.: +31 55/5815-999,
E-Mail: denny.schanze@insitu.nl

Dr. Kurt D. Fibian

Universität Rostock, Agrar- und
umweltwissenschaftliche Fakultät,
Institut für Landnutzung,
Fachgebiet Pflanzenernährung,
18051 Rostock,
E-Mail: kurt.d.fibian@t-online.de

Prof. Dr. Willy Gombler, Dipl.-Ing. Edgar Grüssing, Dipl.-Ing. Sybille Janssen-Weets, Prof. Dr. Michael Schlaak

Fachhochschule Emden-Leer,
Institut für Umwelttechnik-EUITEC,
Constantiaplatz 4, 26723 Emden,
E-Mail: gombler@nwt.fho-emdem.de,
gruessing@nwt.fho-emdem.de,
janssen-weets@fho-emden.de,
schlaak@nwt.fho-emdem.de

Impressum

TerraTech

WLB-Supplement für Altlasten und Bodenschutz
erscheint 2010 im 9. Jahrgang (19. Jahrgang der
vorher selbstständigen Zeitschrift TerraTech)

Chefredakteurin: Dipl.-Ing. (FH) Eva Linder (eli)
(verantwortlich für den redaktionellen Inhalt),
Tel.: 06131/992-325

Redaktion:

Dipl.-Chem. Katja Friedl (kf), Tel.: 06131/992-336
Dipl.-Ing. (FH) Inga Ronsdorf (iro), Tel.: 06131/992-344

Redaktionsassistentz:

Petra Ansel, Tel.: 06131/992-347
E-Mail: redaktion@wasser-luft-und-boden.de

Verlag: Vereinigte Fachverlage GmbH,
Lise-Meitner-Straße 2, 55129 Mainz,
Postfach 100465, 55135 Mainz,
Tel.: 06131/992-0, Fax: 06131/992-100

Anzeigenleitung: Gundula Unverzagt
(verantwortlich für den Anzeigenteil),
Tel.: 06131/992-206
E-Mail: g.unverzagt@vfmz.de

Anzeigenverwaltung: Kirsten Bergmann,
Tel.: 06131/992-249
E-Mail: k.bergmann@vfmz.de

Anzeigenpreise: Zur Zeit ist Anzeigenpreisliste Nr. 20
ab 1. Oktober 2010 gültig

Erscheinungsweise: 4-mal jährlich als Supplement
der Zeitschrift WLB „Wasser, Luft und Boden“

Lieferbedingungen: Der Bezug von TerraTech ist
nur über das Abonnement der WLB „Wasser, Luft und
Boden“ möglich. Näheres dazu in deren Impressum.