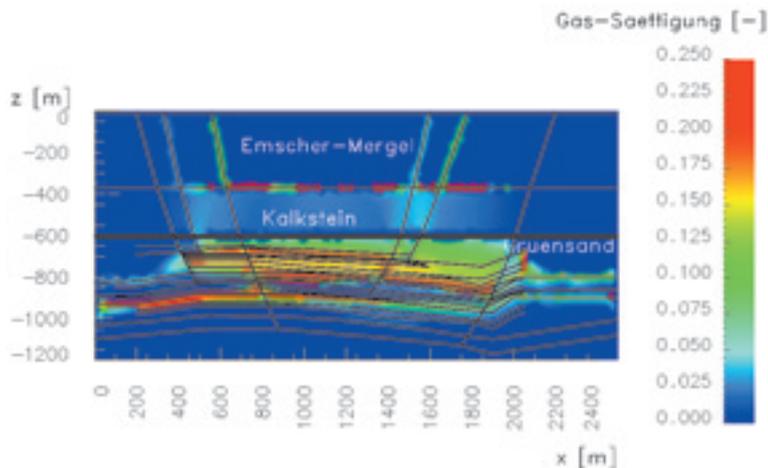


Gase im Untergrund



Modellierung des Ausbreitungsverhaltens umwelt- und klimagefährdender Gase im Untergrund

1. Einleitung

Strömungs- und Transportprozesse sind für viele Aufgaben in der Umweltschutztechnik und im Bauingenieurwesen von zentraler Bedeutung. Die Vorhersage der mit dem Wasserkreislauf verbundenen natürlichen Strömungen in Grund- und Oberflächengewässern ist hierbei eine Voraussetzung für die Beurteilung von Eingriffen des Menschen in die Natur und der mit Bauwerken und Speicherung von Schadstoffen verbundenen Änderungen der Strömungsverhältnisse, des Wasserhaushaltes und der Gewässergüte. Außerdem sind die natürlichen Strömungsvorgänge maßgebend für Ausbreitungs- und Transportvorgänge in der Umwelt und bestimmen somit – in Wechselwirkung mit physikalischen, chemischen und mikrobiologischen Prozessen – das Ausmaß der Auswirkung von Schadstoffemissionen.

Fortschritte bei der Vorhersage von Strömungs- und Transportprozessen können nur im Verbund von experimenteller und numerischer Prozessforschung erzielt werden. Hierbei fällt der numerischen Simulation und Visualisierung eine immer größere Bedeutung zu, besonders bei der Berechnung komplexer praxisrelevanter Probleme wie z.B. der Bilanzierung und Bewirt-

schaftung von Grundwassersystemen, der Sanierung kontaminierter Aquifersysteme und in jüngster Zeit der quantitativen Beschreibung der Ausbreitungsvorgänge von klimagefährdenden Gasen wie Methan und CO_2 in die Atmosphäre. Während für Grundwasserströmungsmodelle zur Bilanzierung von Aquiferkompartimenten hinreichend abgesicherte mathematisch-numerische Modellkonzepte zur Verfügung stehen, bereitet die Prognose von Mehrphasensystemen aufgrund der stark gekoppelten Prozesse und der großen, meist nicht hinreichenden Quantifizierung der Untergrundeigenschaften Schwierigkeiten. Wenn neben den Phasenverdrängungsvorgängen Massentransferprozesse berücksichtigt werden müssen, dann ergeben sich komplexe Systeme, für deren Anwendung eine Differenzierung und Vereinfachung unter Beschränkung auf die maßgebenden Prozesse notwendig ist.

In erster Näherung bilden Gase wie Methan und CO_2 ähnlich wie nicht in Wasser lösliche Schadstoffe eine eigene fluide Phase. Spielen Lösungs- (Lösung von Methangas im Wasser) und Massentransferprozesse (Transfer von in der Wasserphase gelöstem Gas in die Gasphase) eine nicht mehr zu vernachlässigende Rolle, so sind die Problemstellungen für (nicht-isotherme) Mehrphasen / Mehrkomponenten Strömungs- und Transportprozesse im Untergrund im physikalisch-konzeptionellen Modell deutlich komplexer. Sie

erfordern numerisch wesentlich anspruchsvollere und aufwendigere Simulationsmethoden verglichen mit Mehrphasenströmungen ohne Komponentenbetrachtung. Aufgrund der bei Atmosphärendruck ca. 1000-fach geringeren Dichte der Gase im Vergleich zu Wasser entsteht in den Wasser gefüllten Schichten eine 'starke' Auftriebsströmung der Gase. In den mit Bodennluft gefüllten Bereichen strömt Methan ebenfalls aufwärts, da es eine etwas geringere Dichte als Luft aufweist.

Methan (CH_4) hat sich in den letzten Jahren zu einem großen Problem im Umfeld von Steinkohlebergwerken entwickelt. Es ist ein Gruben- und Treibhausgas, und es ist ab gewissen Konzentrationen toxisch und explosiv. Anzumerken ist, dass Methan etwa 20-mal wirksamer zum Treibhauseffekt beiträgt als eine entsprechende Menge CO_2 . Methan ist in der Kohle adsorptiv

Kontakt

Rainer Helmig, Reinhard Hinkelmann, Holger Class, Thomas Breiting, Kenichiro Kobayashi, Andreas Bielinski
Lehrstuhl für Hydromechanik und Hydrosystemmodellierung, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 61, 70569 Stuttgart, Tel. 0711-6854749, Fax 0711-6857020
<http://www.iws.uni-stuttgart.de>
e-mail: vorname.name@iws.uni-stuttgart.de
Hussam Sheta, Deutsche Montan Technologie GmbH, Essen
Am Technologiepark 1, 45307 Essen, Tel. 0201-1721526, Fax 0201-1721735,
<http://www.gasandfire.de>
e-mail: Sheta@dmr.de

gebunden und entweicht in den Abbaubereichen. Während des Betriebs der Bergwerke wird es größtenteils durch eine Bewetterung kontrolliert an die Erdatmosphäre abgeführt. Im Zuge der Stilllegung von Steinkohlebergwerken, die zur Zeit nicht nur in Deutschland, sondern auch in vielen anderen europäischen und außereuropäischen Ländern durchgeführt wird, wird die Bewetterung eingestellt, so dass ein großer Teil des Methans unkontrolliert durch den Untergrund an die Erdoberfläche migrieren kann. In bebauten Gebieten im Umfeld von stillgelegten Steinkohlebergwerken (z.B. Ruhrgebiet, Saarland) stellen Methanausgasungen ein derzeit schwer einschätzbare Gefährdungspotential dar und haben bereits zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Nutzung von Bauwerken geführt. Zur Gefahrenabwehr werden passive oder aktive Entgasungsbohrungen in die Bergwerke oder in den Untergrund, wo anhand der geologischen Strukturen die Ansammlung von Methan zu erwarten ist, eingebracht, oder es werden betroffene Gebäude mit Gasdrainage versehen. Aktiv abgesaugtes Methan kann energetisch genutzt und beispielsweise Blockheizkraftwerken zugeführt werden.

Mit numerischer Simulation sollen verschiedene Ziele verfolgt werden. Zunächst soll ein Prognosewerkzeug entwickelt werden, welches die Methanmigration durch den Untergrund nachbilden und Aussagen über Austrittsmengen sowie -orte an der Erdoberfläche treffen kann. Aufgrund der sehr komplexen Prozesse und komplexen geologischen Strukturen im Untergrund (mehrschichtige Systeme, Scherzonen, Klüfte usw.), deren 'genaue' räumliche Verteilung und prozessrelevante physikalischen Parameter i.d.R. nur an wenigen Stellen bekannt sind, ist dies nicht trivial. Die Prognosesicherheit eines solchen Modells muss im Abgleich mit Naturmessungen ermittelt werden, was für einen Feldfall bislang weltweit noch nicht durchgeführt worden ist. Ein solches Modell kann dann beispielsweise zur Bestimmung optimaler Bohrpositionen eingesetzt werden, was zu erhebliche Kosteneinsparungen führen kann.

Kohlendioxid (CO_2) ist ebenfalls ein Treibhausgas, das insbesondere in industrialisierten Gebieten aus verschiedenen Quellen in großen Mengen in die Atmosphäre gelangt und so als Hauptverursacher des sogenannten Treibhauseffektes gilt. Eine Reduktion des CO_2 -Ausstoßes wird von den meisten Industrienationen mehr oder weniger intensiv vorangetrieben. Eine Möglichkeit der Reduktion besteht in der Verbesserung der Technik am Entstehungsort, z.B. schadstoffärmere Autos oder effizientere Kraftwerke. Eine weitere Möglichkeit, den Ausstoß von CO_2 in die Atmosphäre zu verringern, ist in jüngster Zeit in den Blickpunkt des Interesses gerückt. CO_2 soll in tiefe geologische Strukturen unterhalb sehr gering durchlässiger Bodenschichten (beispielsweise in abgebauten Gaslagerstätten) eingebracht werden. Dabei ist derzeit noch unklar, ob das CO_2 tatsächlich 'dauerhaft' im Untergrund verbleibt bzw. wann es durch Advektions- oder Diffusionsprozesse durch die Untergrundschichten oder durch Klüfte und Scherzonen im Laufe durch langer Zeiträume (Jahre bis Jahrhunderte) wieder an die Erdoberfläche gelangt. Für den Fall, dass das CO_2 tatsächlich nachhaltig in geeigneten tiefen geologischen Strukturen gespeichert werden kann, ist im Moment weiter unklar, ob eine entsprechende (noch zu entwickelnde) Technologie wirtschaftlich wäre. Ähnlich wie bei den Methanmigrationsprozessen müssen hier sehr komplexe physikalische Prozesse in sehr komplexen geologischen Strukturen simuliert werden. Da es weltweit nur wenige numerische Simulationswerkzeuge gibt, die diese Prozesse modellieren können, werden zunächst diese Simulationswerkzeuge anhand definierter Problemstellungen (Benchmarks) im Rahmen einer Vergleichsstudie auf ihre Eignung für diese Fragestellungen überprüft.

2. Methanmigration aus Bergwerken

Im Rahmen der in der Einleitung geschilderten Methangasproblematik werden numerische Simulationen an einem stillgelegten Bergwerk im Ruhrgebiet mit dem Modellierungssystem MUFTE-

UG (Helmig, 1997) durchgeführt. Eine Prinzipskizze der Untergrundstrukturen ist in Abbildung 1 gegeben. Es liegt ein mehrschichtiges System aus Grundwasserleitern und -stauern vor, das bereichsweise von Klüften und Störungszonen durchzogen ist. In den Abbaubereichen müssen Schächte, Versorgungswege sowie abgebaute und nicht abgebaute Flöze integriert werden. Die Geometrie der unterschiedlich dimensionalen Strukturen (Schichten 3D, Flöze 2D, Schächte 1D) ist mit dem CAD-System AutoCAD aufgenommen worden, während die physikalischen Parameter mit Hilfe der Datenbank MySQL eingebunden wurden. In Abbildung 2 sind sämtliche abgebauten Flöze im Grundgebirge dargestellt, wobei die unterschiedlichen Farben unterschiedliche Abbautiefen unter Geländeoberkante kennzeichnen. Für die gekoppelt dimensionalen Netze wurde der Netzgenerator ART3D eingesetzt. Nähere Informationen können Breiting et al., 2003, und Hinkelmann, 2003, entnommen werden.

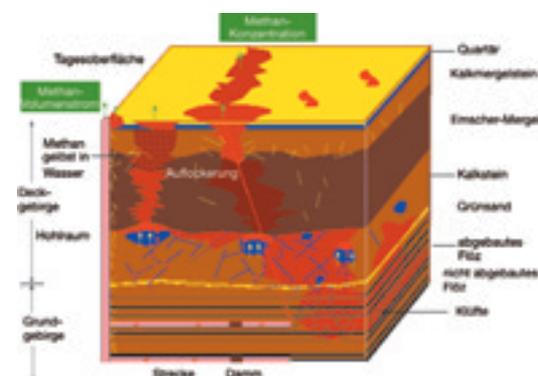


Abb. 1: Prinzipskizze zum Aufbau des untersuchten Bergwerkes.

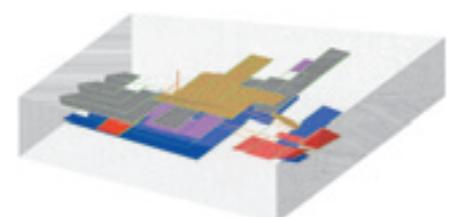


Abb. 2: Darstellung der abgebauten Flöze im Grundgebirge.

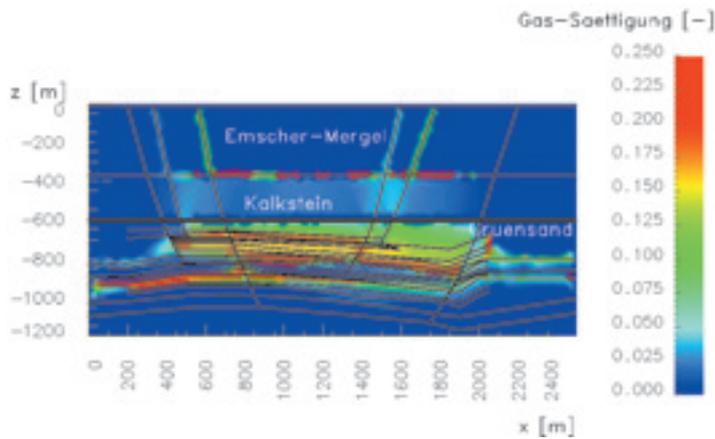


Abb. 3: Gassättigungsverteilung am 2D Schnitt mit Störungszonen bis an die Geländeoberkante.

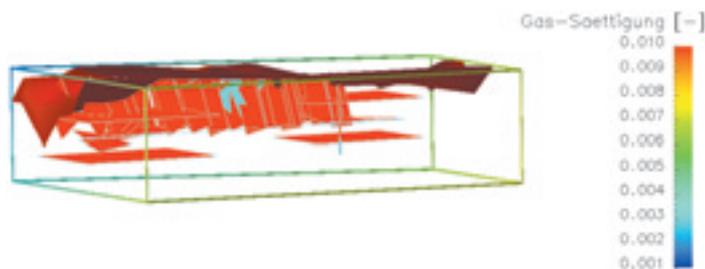


Abb. 4: Gassättigungsverteilung im geklüfteten Grundgebirge.

Die numerischen Berechnungen werden mit dem Simulator MUFTE-UG (Multiphase Flow, Transport and Energy Model on Unstructured Grids; Helmig, 1997) auf dem Parallelrechner des Lehrstuhls (Linux-Cluster mit 56 Prozessoren) durchgeführt. Abbildung 3 enthält Ergebnisse, die mit dem Zweiphasenströmungsmodell an einem zweidimensionalen Schnitt ermittelt und mit dem Visualisierungsprogramm TECPLOT dargestellt worden sind. In dieser Simulation wurde untersucht, wie sich Störungszonen, die sich von den Abbaubereichen bis an die Erdoberfläche erstrecken, auf die Ergebnisse auswirken. Anhand der Gassättigungsverteilung ist deutlich zu erkennen, dass sich das Methangas bevorzugt durch die Störungszonen nach oben bewegt und dass es zu einem gewissen Teil auch durch die Gesteinsmatrix migriert. In Abbildung 4 sind Ergebnisse gezeigt, die mit dem Zweiphasenströmungsmodell im dreidimensionalen Grundgebirge berechnet und mit dem fortgeschrittenen Visualisierungssystem Data Explorer grafisch aufbereitet worden sind. Neben den unten liegenden horizontalen Flözen, aus denen das Methangas entweicht, sind anhand geologischer Informatio-

nen quasi vertikal verlaufende Klüftscharen geostatistisch generiert und in die Berechnungen integriert worden. Mit dieser Simulation ist zum einen untersucht worden, wieviel Methan kontrolliert über die Schächte und wieviel 'unkontrolliert' über die Gebirgsmatrix entweicht, und zum anderen, wie diese Prozesse von zu erwartenden Unsicherheiten in den Parameterfeldern beeinflusst werden. Die Gassättigungsverteilung in Abbildung 4 zeigt, dass sich das Methangas wesentlich schneller durch die Klüfte nach oben ausbreitet als durch die Gebirgsmatrix.

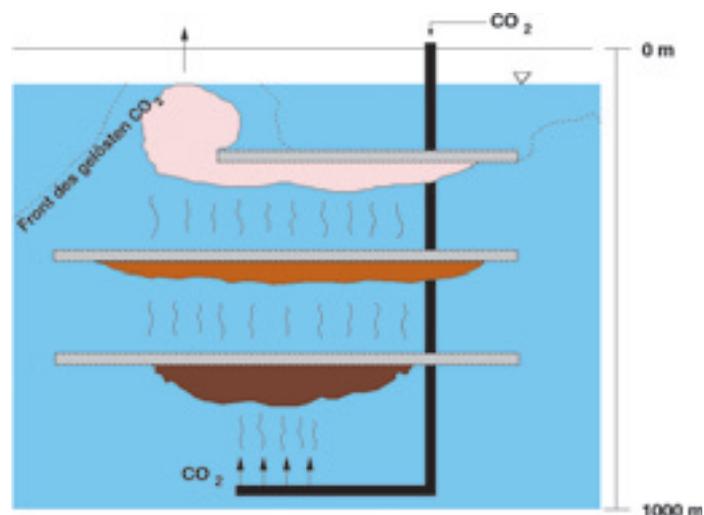


Abb. 5: Prinzipskizze zum Aufbau des Systems für die CO₂-Einbringung.

Die Simulationsergebnisse wurden ebenfalls in der CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) des Rechenzentrums der Universität Stuttgart visualisiert. Detaillierte Informationen befinden sich in Sheta et al., 2003, und Hinkelmann, 2003.

3. CO₂-Einbringung in tiefe geologische Formationen

Im Rahmen der in der Einleitung angesprochenen Vergleichsstudie (Code Intercomparison Study) wurden verschiedene Benchmarks durchgeführt (Pruess et al., 2003). In einem der Benchmarks wurde untersucht, wie sich in der untersten Schicht eingebrachtes CO₂ in einem System mit homogenem Hintergrundmaterial, das von mehreren gering durchlässigen Zonen durchzogen ist, ausbreitet (siehe Abb. 5). Im Vergleich zur Simulation der Methanausbreitung ist hier anzumerken, dass CO₂ in dem hier relevanten Druck- und Temperaturbereich wesentlich komplexere Fluideigenschaften als Methan aufweist, da hier abhängig von der genauen Situation unterschiedliche Phasengrenzlinien überschritten werden können (gasförmig-flüssig, überkritisch-flüssig, überkritisch-gasförmig). Dieses Beispiel wurde anhand eines realen Testfalls entworfen, wobei jedoch einige Vereinfachungen getroffen worden sind. So wurde beispielsweise der Übergang vom überkritischen in den unterkritischen Druck- und Temperaturbereich des Kohlendioxids aus der Problemstellung ausgeklammert.

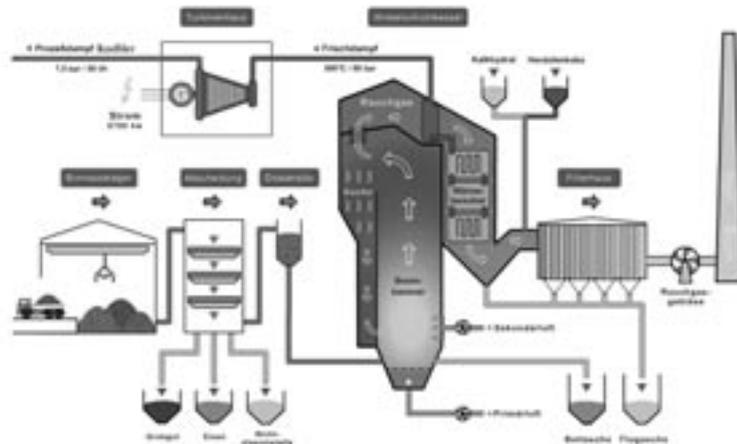
Biomasse-HKW Kehl

- ein innovatives Energiekonzept für eine Papierfabrik

Die Papierfabrik Koehler wird seit Dezember 2002 aus einem neuen mit Biomasse gefeuerten Heizkraftwerk mit Energie versorgt. In einer Rekordbauzeit von 15 Monaten und bei Investitionen von rund 28 Mio. € wurde ein innovatives Energiekonzept für eine wirtschaftliche, ressourcen- und umweltschonende Energieversorgung der Papierfabrik realisiert.

Kernstück des Biomasse-HKW ist ein Dampferzeuger mit zirkulierender Wirbelschichtfeuerung und nachgeschalteter Gegendruck-Dampfturbine. Mit der Wirbelschichtfeuerung können Brennstoffe verschiedenster Art und Qualität bei optimalen Verbrennungsbedingungen verfeuert werden. Brennstoffe sind gegenwärtig Althölzer der Klassen A1 und A11.

Die bei der Verbrennung entstehenden Rauchgase werden mechanisch (Gewebefilter) und chemisch (Zugabe von Kalkhydrat und ggf. Herdofenkoks) gereinigt. Die Holzbrennstoffe werden in einem 6.500 m³ (Nutzvolumen) großen Lager bevorratet. Das Holzlager ist in 2 Linien mit Schubböden, vollautomatischen Kränen, Abscheider



(für Holzübergrößen und Metalle) und Trogkettenförderern zum Kessel ausgestattet.

Die Gesamtanlage ist voll automatisiert und wird mit geringem Personaleinsatz bei hoher Verfügbarkeit betrieben.

Der mit dem Biomasse-HKW erzeugte Strom (ca. 65 Mio. kWh/a) wird unter Nutzung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Der Abdampf wird nach Austritt aus der Dampfturbine in der nahe liegenden Papierfabrik zur Papierherstellung genutzt (ca. 263 Mio. kWh/a).

Damit wird ein hoher Brennstoffnutzungsgrad von rund 90,6 % erreicht. Gegenüber einer herkömmlichen Wärmeversorgung mit Erdgas und einer Stromerzeugung in Kon-

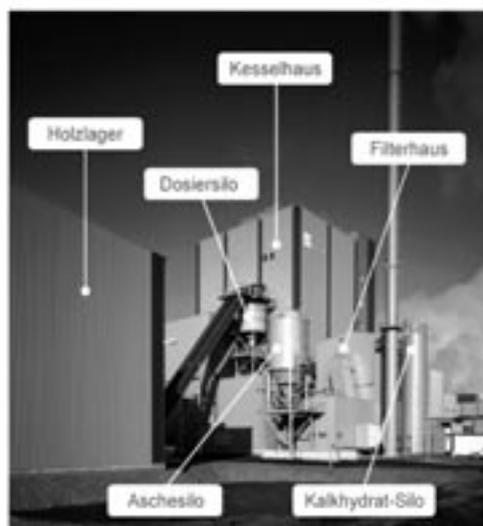
densationskraftwerken werden rund 100.000 t/a Ausstoß an Kohlendioxid-Emissionen vermieden.

Die wesentlichen Daten des Biomasse-HKW sind:

- Frischdampftemperatur: 500°C
- Frischdampfdruck: 90 bar
- Frischdampfleistung: 59 t/h
- Stromerzeugung: 8,7MW
- Produktionsdampf ca.: 50 t/h
- Holzbedarf ca.: 50 m³/h

Das Biomasse-HKW errichtete und betreibt die HKW Kehl GmbH, ein Gemeinschaftsunternehmen der Papierfabrik August Koehler AG, Oberkirch und der Harpen Energie Contracting GmbH, Dortmund.

Die Gesamtplanung, Bauüberwachung und Inbetriebnahme wurde von Eproplan GmbH Beratende Ingenieure Stuttgart durchgeführt. Die bautechnische Planung mit Objektüberwachung erfolgte durch das Büro Erb Friesenheim.



Eproplan GmbH
Beratende Ingenieure
Schöttlestr. 34 A
70597 Stuttgart
Tel.: (07 11) 7 69 88-0
Fax: (07 11) 7 69 88-51

eiproplan

Internet: www.eiproplan.de
E-Mail: info@eiproplan.de

Gutachten - Beratung - Planung - Bauüberwachung

- Energiemanagement
- Energie- u. Klimaschutzkonzepte
- Contracting
- Strom- und Gasbeschaffung
- CO₂-Emissionshandel
- CAD/CAE-Dokumentation und Betriebshandbücher
- Nah- und Fernwärmeversorgung
- BHKW, Heizwerke, Heizkraftwerke
- Holzfeuerungen/regenerative Energien
- Techn. Gebäudeausrüstung (HLSE)
- Elektro- und Leittechnik
- Prozessautomatisierung für Klärwerke und Energiezentralen

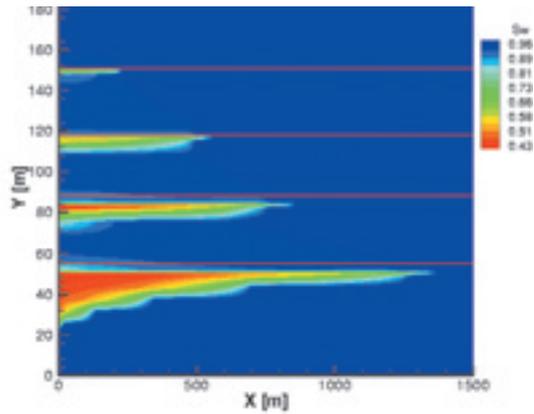
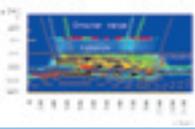


Abb. 6: Gassättigungsverteilung 2 Jahre nach CO₂-Einbringung.

In Abbildung 6 sind die mit dem nicht-isothermen Zweiphasen-Zweikomponenten Strömungs- und Transportmodell (Class et al., 2002) von MUFTE-UG berechneten und mit TECPLOT aufbereiteten Simulationsergebnisse nach zwei Jahren simulierter Modellzeit gegeben. Anhand der steilen Anstiege der Gassättigungen unter den gering durchlässigen Schichten ist ersichtlich, dass sich das CO₂ hier aufstaut. Über die Dicke der gering durchlässigen Schichten reduzieren sich die Gassättigungen dann wieder sehr stark. Bis zum untersuchten Zeitpunkt ist noch kein CO₂ in die oberste Schicht und somit auch nicht an die Erdoberfläche gelangt. Die hier erzielten Ergebnisse zeigen gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen, die mit anderen numerischen Simulatoren im Rahmen der Vergleichsstudie berechnet wurden. Für weitergehende Untersuchungen

müssen verschiedene Weiterentwicklungen in MUFTE-UG wie auch in den anderen verwendeten numerischen Simulatoren durchgeführt werden. So müssen z.B. die sehr komplexen Fluideigenschaften und Phasen-/Komponentengleichgewichte (Löslichkeiten) genauer sowie auch für stark variable Druck- und Temperaturbedingungen erfasst werden.

4. Ausblick

Zur Sicherstellung der langfristigen Speicherung bzw. kontrollierten Nutzung von Treibhausgasen müssen Prognoseinstrumente zur Erfassung der langfristigen Nutzung bereitgestellt werden. Hierzu ist die großräumige numerische Modellierung des Untergrunds, die wichtige kleinskalige Effekte mit einschließt, erforderlich. Dabei bekommen Hydrosystemmodelle, die neben leistungsfähigen physikalischen, mathematischen und numerischen Modellkonzepten auch eine schnelle Integration großer Datenmengen und eine anschauliche Darstellung der komplexen gekoppelten Prozesse zulassen, eine immer größere Bedeutung.

Literatur

Breiting,Thomas, Hinkelmann,Reinhard, Sheta,Hussam und Helmig,Rainer: Coupling of Hydroinformatics' Methods and Techniques for the Simulation of Gas-Water Flow Processes in the Subsurface. In: Ganoulis,J., Prinos,P., Kor-

fiatis,G. und Christodoulou,G. (eds.): Theme D - Hydroinformatics and Advanced Data Technology in Engineering Practice, pp. 263-270, XXX IAHR Congress, Thessaloniki, Greece, 2003

Class, Holger, Helmig, Rainer und Bastian, Peter (2002): Numerical Simulation of Nonisothermal Multiphase Multicomponent Processes in Porous Media - 1. An Efficient Solution Technique, Advances in Water Resources 25, pp.533-550

Helmig, Rainer (1997): Multiphase Flow and Transport Processes in the Subsurface - A Contribution to the Modeling of Hydrosystems, Springer, Berlin, Heidelberg, New York

Hinkelmann, Reinhard (2003): Efficient - Numerical Methods and Information-Processing Techniques in Environment Water, Habilitation, Mitteilungen Heft 117, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart

Pruess, Karsten et al. (2003): Code Intercomparison Builds Confidence in Numerical Models for Geologic Disposal of CO₂, Paper submitted to Energy, LBNL-52211, University of Berkeley, CA

Sheta,Hussam, Helmig,Rainer und Hinkelmann,Reinhard: Dreidimensionale numerische Modellierung von Methanmigrationsprozessen im Untergrund. Oberhausener Grubengas-Tage 2003: CMM Technologie - Erfahrungen und Aussichten in Deutschland und international, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, UMSICHT-Schriftenreihe Band 44, pp. 135-150, 2003

Anzeige

www.Tecplot.de Automobil- und Flugzeugbau • Bau- und Umwelttechnik • Forschung • Entwicklung • CFD

Scientific Data Visualization

Visualisierung von Simulations- und Messdaten für die perfekte Präsentation

- X/Y-, Polar-, 2D- und 3D-Plots
- Contour-, Vektor-, Scatter-Plots
- Slices, Iso-Surfaces, Blanking
- Animationen & Makros
- Linux / Windows / Unix / Mac OS X
- div. Programmierschnittstellen

Kostenlose Demo-Version unter www.Tecplot.de

VEGAS – Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung am Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart

Die Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung, VEGAS, ist eine Forschungseinrichtung der Universität Stuttgart, die in den Jahren 1993 bis 1995 mit Finanzmitteln (je 50%) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF, früher BMFT) und des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (UVM) eingerichtet wurde. Sie steht bundesweit Forschungsinstituten der öffentlichen Hand und der freien Wirtschaft sowie Planungsbüros, Behörden etc. zur Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten schwerpunktmäßig zur In-situ-Grundwasser- und Bodensanierung zur Verfügung.



Bild 1: Blick in die Versuchshalle von VEGAS

Technische Ausstattung

Zentrales Element der VEGAS-Einrichtung ist eine Versuchshalle (**Bild 1**) mit ca. 670 m² Fläche (36 m x 18,5 m) und mit mehreren Großbehältern (max. ca. 750 m³). Damit sind reproduzierbare Untersuchungen an realitätsnahen Bodenprofilen in mittel- bis großskaliger Dimension auch unter Einhaltung der Umweltauflagen möglich. Im Gegensatz zu Felduntersuchungen bietet VEGAS kontrollierte Bedingungen, die Grundlage für Ermittlung von Stoffbilanzen und numerische Modellierungen sind:

- **große Versuchsrinne** (L x B x H: 16 m x 1 m x 3 m), verglast zur visuellen Kontrolle der Versuche
- **rechteckiger Großbehälter** (18,5 m x 9 m x 4,5 m) unterteilt in 3 gleiche Abschnitte
- **zwei transportable rechteckige Behälter** (6,5 m x 2,2 m x 2,5 m)
- **zylindrischer Behälter** (Durchmesser ca. 3 m, Höhe 6,5 m)
- **kleine Versuchsrinne** (10 m x 0,2 m x 0,7 m), **thermostatisch regulierbar** für Versuche zu mikrobiellen Abbauvorgängen in Grundwasserleitern
- **Analytiklabor:** GC/MS, GC/ECD/FID, HPLC, TOC mit SSM, UV/Vis-Photometer, ICP-OES, ASE, etc.
- **Sonstige Versuchs- und Nebenräume**

VEGAS-Forschungsziele und Themen

Übergeordnetes VEGAS-Thema ist die Sanierung von Kontaminationen im Boden und Grundwasser. Die Forschungsziele reichen von Grundlagenfragen zum Verhalten von Schadstoffen und den im Untergrund ablaufenden Prozessen über die Bewertung kontaminierter und gereinigter Standorte bis zur Entwicklung von Mess-/Vor-Ort-Erkundungsmethoden, Versuchstechniken und Sanierungsverfahren und deren Transfer in die Praxis. Hierbei werden auch numerische Methoden zur Nachbildung der Experimente und zur Übertragung auf Feldanwendungen (upscaling) entwickelt und eingesetzt. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich des Flächenrecyclings. Derzeit werden in VEGAS zahlreiche interdisziplinäre Forschungsprojekte durchgeführt, größtenteils als Verbundvorhaben mit externen Partnern.

Technologietransfer (Feldanwendungen, Markteinführung)

Ein wichtiges Element der VEGAS-Projekte ist der Transfer der Ergebnisse und Entwicklungen in die Praxis. Daher werden Pilotanwendungen neuer Technologien angestrebt. Beispiele hierfür sind:

- Ehemaliges Gaswerk A: In-Situ-Tensidspülung eines PAK-Schadens (Demonstration der Eignung zur Sanierung).
- Ehemaliges Gaswerk B: Thermisch unterstützte Bodenluftabsaugung durch Dampf injektion (TUBA) BTEX-Schaden (pilothafte Sanierung, Prüfung der Effizienz).
- Pilothafte Sanierung einer CKW Kontamination in der ungesättigten Bodenzone unter einer ehemaligen Sondermülldeponie mit dem TUBA-Verfahren, **Bild 2**.
- Sanierung eines CKW-Schadens mit dem Heber-Reaktor (DHR) Verfahren.
- In-situ-Sanierung einer Altlast (organische Schadstoffe) mit dem innovativen Verfahren THERIS (Thermische In-situ-Sanierung mit festen Wärmequellen), Beginn Ende 2003

Kontaktadresse

VEGAS – Versuchseinrichtung zur
Grundwasser- und Altlastensanierung
Universität Stuttgart, Institut für
Wasserbau

Pfaffenwaldring 61
D-70550 Stuttgart

Tel.: +49 711 685 4717/16

Fax: +49 711 685 7020

E-mail: vegas@iws.uni-stuttgart.de
Internet: <http://www.vegasinfo.de>

Air- and liquid extraction,
cooling,
phase separation

Ring of
extraction wells



Bild 2: Pilotsanierung TUBA

Personelle Ausstattung

VEGAS stehen als Grundausrüstung drei Stellen im wissenschaftlichen Bereich sowie drei Stellen im technischen bzw. Verwaltungsbereich zur Verfügung. Über Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie über Drittmittelaufträge sind derzeit ca. 15 wissenschaftliche und fünf technische Mitarbeiter aus allen relevanten wissenschaftlichen und technischen Fachgebieten finanziert.

Weitere Informationen

Die Homepage von VEGAS unter <http://www.vegasinfo.de> bietet vielfältige Möglichkeiten zur Information über die aktuellen Aktivitäten in VEGAS und ist für die Anwender aus der Praxis auch eine Informations- und Kontaktmöglichkeit für Kooperationen.



Innovationen aus Haiterbach



Der Name MEVA steht für technisch hochwertige Schalungs-Systeme, kontinuierliche Produktentwicklung und ein umfassendes Dienstleistungspaket. Wir zählen zu den führenden, international tätigen Unternehmen in der Schalungstechnik.

Unsere Niederlassungen, Tochtergesellschaften und kompetenten Partner planen, beraten und unterstützen Bauunternehmen weltweit bei der Errichtung von wirtschaftlich hochqualitativen und normgerechten Betonbauwerken.



MEVA Schalungs-
Systeme GmbH
Industriestraße 5
D-72221 Haiterbach
Tel. (0 74 56) 6 92-01
Fax (0 74 56) 6 92-66
www.meva.de

Weber-Ingenieure GmbH
Bauschlötter Str. 62
75177 Pforzheim
Tel. 07231/583-0
Fax 07231/583-100
info@weber-ing.de
www.weber-ing.de



- Abwasserreinigung
- Wasserversorgung/Wasseraufbereitung
- Wasserbau/Energieanlagen
- Infrastruktur
- Regenwasserbehandlung
- Boden/Grundwasser/Altlasten
- Abfallwirtschaft
- Sicherheits- und Gesundheitsschutz-Koordination
- Tragwerksplanung/Geotechnik
- Bauoberleitung/Bauüberwachung



Analytik + Umweltengineering

- Projektmanagement
- Technische Erkundungen
- Sanierungsplanung
- Gutachten
- Baugrund
- Altlasten
- Hydrogeologie
- Analysen
- Qualitätskontrolle

BERGHOF Analytik +
Umweltengineering GmbH & Co. KG
Ob dem Himmelreich 9
72074 Tübingen
Tel. +49 7071 9878-0
www.berghof-pbu.de



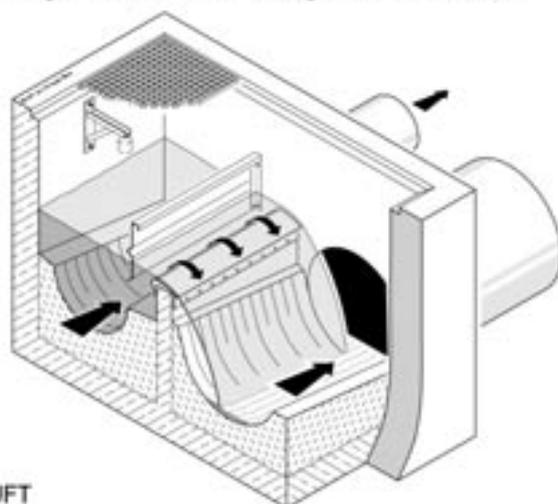
ANALYTIK + UMWELTENGINEERING

Ein Unternehmen der BERGHOF Gruppe

UFT Ausrüstung für die Regenwasserbehandlung

Tragflügelmesswehr TFM FluidWing

Breitkroniges Messwehr mit Tragflügelprofil zur hysterese-freien und genauen Messung der Überlaufaktivität von Regenentlastungen aller Art, ohne Belüftung der Strahlunterseite.



UFT
Umwelt- und Fluid-Technik
Dr. H. Brombach GmbH
Steinstraße 7, 97980 Bad Mergentheim, Germany · Allemagne
Tel.: +49 7931 9710-0 Fax: +49 7931 9710-40
E-Mail: uft@uft-brombach.de Internet: www.uft-brombach.de