

21. Doktorandentreffen der Hydrogeologen

5. - 7. Mai 2011 in Berlin

Programm und Kurzfassungen der Beiträge

Unterstützt von:



Programm 21. Doktorandentreffen der Hydrogeologen, 5. bis 7. Mai 2011 TU Berlin

Donnerstag	09:00	18:00	Messebesuch	"Wasser Berlin International" auf Einladung der DWA, Messedamm 22, S-Bhf. Messe Süd	
	20:00		Biergarten	"Schleusenkrug", Müller-Breslau-Str., S+U-Bhf. Zoologischer Garten	
Freitag	08:00			Treffpunkt für Exkursion: TU Berlin, Ackerstraße 76, S-Bhf. Nordbahnhof, U-Bhf. Voltastraße	
	08:00	13:00		Exkursion ins Ökologische Großprojekt Berlin - Industriegebiet Spree mit Besuch des Wasserwerks Wuhlheide (auf Einladung der SenGesUmV und der BWB)	
	13:00	14:00		Mittagspause	
	14:00	14:05		Begrüßung am FG Hydrogeologie durch Dr. Dirk Radny (AK Ausbildung der FH-DGG)	
	14:05	14:25	V	Susanne Laumann	Application of nanoscale zero-valent iron (nZVI) for in situ remediation of groundwater contaminated by chlorinated solvents
	14:25	14:45	V	Tessa Strutz	Charakterisierung des Transportverhaltens von Nano-Eisenpartikeln zur Sanierung von Grundwasserschadensfällen
	14:45	15:05	V	Victoria Burke	Laborversuche zur Redox-Sensitivität organischer Spurenstoffe im Grundwasser
	15:05	15:25	V	Stefan Banzhaf	Investigations in the hyporheic zone of a low permeable riverbank
	15:25	15:45	V	Aline Henzler	Modellierung des redox-sensitiven Abbaus von pharmazeutischen Spurenstoffen
	15:45	16:15			Kaffeepause
	16:15	16:35	V	Sebastian Jakschik	Untersuchungen zur Effektivität der Kooperation zwischen Land- und Wasserwirtschaft zur Verminderung des Nitrateintrages in das Grundwasser im Bereich der Wassergewinnung Liedern (Bocholt)
	16:35	16:55	V	Christoph Haase	Unsicherheiten in der geochemischen Modellierung der CO ₂ -Speicherung durch Verwendung unterschiedlicher Programme, thermodynamischer Datenbanken und Zusammensetzung der Sekundärminerale
	16:55	17:10	P	Yvonne Cherubini	Impact of single faults on the fluid flow and heat transport: Results from 3D finite element simulations
	17:10	17:25	P	Jana von Freyberg	Investigation of Subsurface Flow Processes on a Hillslope in the Rietholzbach Catchment, Switzerland
	17:25	17:40	P	Alireza Hassanzadegan	Temperature dependency of drained poroelastic parameters
	17:40	17:55	P	Beate Müller	Trace compounds in groundwater as indicators for transport processes on the catchment scale
17:55	18:25			Diskussionsrunde	
20:00			Kneipe	"Aufsturz", Oranienburger Str. 67, S-Bhf. Oranienburger Straße	

Samstag

09:20	9:40	V	Sven Fuchs	Bestimmung von kontinuierlichen Wärmeleitfähigkeit-Logs
09:40	10:00	V	Klaus Hebig	Parameter determination in a deep coastal sedimentary basin by single-well ("push-pull") tests
10:00	10:20	V	Björn Onno Kaiser	The role of different heat drivers within the Northeast German Basin - Results from 3D numerical modelling of the coupled fluid and heat transfer
10:20	10:40	V	Christiane Streb	Hydraulische Modellierung eines gefluteten Bergwerks zur geothermischen Nutzung des Grubenwasserpotentials
10:40	11:00		Kaffepause	
11:00	11:20	V	Maren Brehme	The integrated view on a geothermal reservoir
11:20	11:40	V	Sebastian Fischer	Mineralogische und petrophysikalische Änderungen des Reservoirsandsteins vom Pilotstandort Ketzin unter Beeinflussung von CO ₂ – Ergebnisse aus Langzeitversuchen
11:40	12:00	V	Carla Wiegers	CO ₂ leakage in shallow aquifers: Impact of geology, leakage rate and groundwater flow on the CO ₂ gas phase body and monitoring strategies
12:00	13:00		Mittagspause	
13:00	13:20	V	Ahmed Al-ameri	The hydrogen and oxygen isotopic composition of Yemen's rainwater
13:20	13:40	V	Tania Röper	Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Salz-/Süßwassergrenze am Beispiel der Nordseeinsel Spiekeroog
13:40	14:00	V	Robert Sieland	Investigation of the hydraulic and hydrochemical properties of the Salar de Uyuni, Bolivia
14:00	15:00		Abschlussdiskussion	

Inhaltsverzeichnis:

Application of nanoscale zero-valent iron (nZVI) for in situ remediation of groundwater contaminated by chlorinated solvents.....	1
Charakterisierung des Transportverhaltens von Nano-Eisenpartikeln zur Sanierung von Grundwasserschadensfällen	3
Laborversuche zur Redoxsensitivität organischer Spurenstoffe im Grundwasser	5
Investigations in the hyporheic zone of a low permeable riverbank.....	7
Modellierung des redox-sensitiven Abbaus von pharmazeutischen Spurenstoffen.....	9
Untersuchungen zur Effektivität der Kooperation zwischen Land- und Wasserwirtschaft zur Verminderung des Nitrateintrages in das Grundwasser im Bereich der Wassergewinnung Liedern (Bocholt)	11
Impact of single faults on the fluid flow and heat transport: Results from 3D finite element simulations	13
Investigation of Subsurface Flow Processes on a Hillslope in the Rietholzbach Catchment, Switzerland.....	15
Temperature Dependency of Drained Poroelastic Parameters	17
Trace compounds in groundwater as indicators for transport processes on the catchment scale.....	19
Unsicherheiten in der geochemischen Modellierung der CO ₂ -Speicherung durch Verwendung unterschiedlicher Programme, thermodynamischer Datenbanken und Zusammensetzung der Sekundärminerale	21
Bestimmung von kontinuierlichen Wärmeleitfähigkeit-Logs	23
Parameter determination in a deep coastal sedimentary basin by single-well ("push-pull") tests	25
The role of different heat drivers within the Northeast German Basin - Results from 3D numerical modelling of the coupled fluid and heat transfer	27
Hydraulische Modellierung eines gefluteten Bergwerks zur geothermischen Nutzung des Grubenwasserpentials.....	29
The integrated view on a geothermal reservoir	31
Mineralogische und petrophysikalische Änderungen des Reservoirsandsteins vom Pilotstandort Ketzin unter Beeinflussung von CO ₂ – Ergebnisse aus Langzeitversuchen.....	33
CO ₂ leakage in shallow aquifers: Impact of geology, leakage rate and groundwater flow on the CO ₂ gas phase body and monitoring strategies	35
The hydrogen and oxygen isotopic composition of Yemen's rainwater	37
Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Salz- / Süßwassergrenze am Beispiel der Nordseeinsel Spiekeroog	39
Investigation of the hydraulic and hydrochemical properties of the Salar de Uyuni, Bolivia....	41

Application of nanoscale zero-valent iron (nZVI) for in situ remediation of groundwater contaminated by chlorinated solvents

SUSANNE LAUMANN, V. MICIĆ, & T. HOFMANN

University of Vienna, Department of Environmental Geosciences, Althanstraße 14, A-1090 Wien
susanne.laumann@univie.ac.at

Remediation of groundwater contaminated by chlorinated solvents is a demanding task, since these compounds are present in form of both, dissolved phase and residual or pooled dense non aqueous phase liquids (DNAPLs). The prevailing in situ technology to restore such contaminated groundwater has been through permeable reactive barriers that employ dechlorination via zero-valent iron (ZVI). This technology appears effective in removal of the dissolved contaminant plume. Addressing the contamination source in form of residual or pooled DNAPL trapped in the aquifer matrix is still challenging. Application of highly reactive nanoscale ZVI (nZVI) has been recognized as a potential in situ technology to access and reduce this portion of contaminants [1].

Surface modifications of nZVI particles such as amphiphilic macromolecules are specifically designed to target the DNAPL/water interface [2]. Nevertheless, these modified nZVI particles hardly attach to the DNAPL/water interface [3]. Targeting residual and pooled DNAPL requires optimization of the nanoparticle surface. The ability of nZVI particles to reach the contaminant in the source zone depends not only on the nature of the nZVI particle but also on hydrogeochemistry of the system (e.g., pH, ionic composition and strength, dissolved organic carbon), hydraulic conditions (flow velocity) and the properties of the aquifer material (e.g. surface charges of media grains, organic carbon content).

The aims of this project are (1) to synthesize surface modified nZVI particles that can effectively dechlorinate chlorinated solvents and that are able to target the contaminant source zone, and (2) to elucidate the influence of groundwater chemistry, hydraulic conditions, and the properties of the aquifer material on the mobility of these surface modified nZVI particles. Batch experiments and the corresponding analytical techniques (gas and liquid phase sampling) will be implemented to determine the efficiency of the synthesized nZVI particles to dechlorinate chlorinated solvents (e.g. trichloroethene) and to target the DNAPL/water interface. Transport studies will be carried out in column experiments.

The project is funded by the Austrian Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management (BMLFUW); Management by the Kommunalkredit Public Consulting GmbH.

[1] WIESNER & BOTTERO, 2007, Chapter 8. Lowry

[2] SALEH, N. ET AL. Nano Letters, 5 (12), 2489-2494.

[3] BAUMANN, T. ET AL., 2005, American Geophysical Union, San Francisco.

Charakterisierung des Transportverhaltens von Nano-Eisenpartikeln zur Sanierung von Grundwasserschadensfällen

TESSA STRUTZ, R. KÖBER, A. DAHMKE

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Olshausenstraße 40, 24118 Kiel

ts@gpi.uni-kiel.de

Elementare Nano-Eisenpartikel (≤ 100 nm) können zur Sanierung von chlorierten Kohlenwasserstoffen, Schwermetallen und anorganischen Verbindungen angewandt werden. In Form einer wässrigen Suspension werden die Partikel in den kontaminierten Bereich injiziert und zeigen aufgrund ihrer großen spezifischen Oberfläche von ≥ 10 m²/g eine hohe Reaktivität mit den Schadstoffen, wodurch sie ein großes Potential zur Grundwassersanierung besitzen. Vorteile bei der Sanierung mit nanoskaligem Eisen sind sowohl die Anwendung als Fahnen- und/oder in-situ Quellensanierung als auch die Flexibilität bei der Lokalisation der Injektionspunkte z.B. mittels Direct-Push-Methoden, da keine fest installierten Baumaßnahmen durchgeführt werden müssen.

Allerdings bestehen noch Herausforderungen dieses Sanierungsverfahrens in einer kosteneffektiveren Herstellung der Partikel und der Gewährleistung eines ausreichend weiten Partikeltransports. Für die Dimensionierung und Optimierung einer Sanierung mit Nano-Eisenpartikeln ist es notwendig, die Einflussfaktoren auf den Partikeltransport, wie Abstandsgeschwindigkeit, kf-Wert und Porosität möglichst genau zu quantifizieren.

Ziele des Verbundprojektes NAPASAN („Nanopartikel zur Grundwassersanierung“) beschäftigen sich mit der Weiterentwicklung der Herstellungsprozesse von Partikeln, um den Transport zu optimieren, der Durchführung von Transport- und Reaktionsversuchen, der Entwicklung eines numerischen Modells, der Konzeptionierung sowie Durchführung eines Feldversuches anhand der experimentell ermittelten Daten und der Entwicklung von Messtechniken zum quantitativen Nachweis der Partikel im Boden.

Da es bisher keine systematischen Untersuchungen der Transporteigenschaften von Nano-Eisenpartikeln gibt, werden an der Universität Kiel im Rahmen von NAPASAN verschiedene Experimente (1D und 2D) durchgeführt, um das Transportverhalten der Nano-Eisenpartikel genauer zu untersuchen und zu quantifizieren. Dazu werden Säulen- und Gerinneversuche mit unterschiedlichen Nano-Eisenpartikeln, Partikelkonzentrationen, Abstandsgeschwindigkeiten, Permeabilitäten, konstantem Gradienten sowie unterschiedlichen Sedimenten (u. a. vom Feldstandort) durchgeführt. Außerdem werden neue Analyseverfahren entwickelt, um die Konzentration der mobilen Partikel zu bestimmen. Auf Grundlage der gewonnenen Daten wird ein numerisches Modell entwickelt und parametrisiert, um anschließend Partikelinjektionen standort-spezifisch optimieren zu können, wie dies auch für den Feldversuch vorgesehen ist. Erste Ergebnisse weisen auf eine gute Übereinstimmung zwischen experimentell

ermittelter und anhand des entwickelten Modells prognostizierter Partikelverteilung im Sediment hin.

Laborversuche zur Redoxsensitivität organischer Spurenstoffe im Grundwasser

VICTORIA BURKE¹, U. DUENNBIER², G. MASSMANN¹

¹ Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Institut für Biologie und Umweltwissenschaften, AG Hydrogeologie und Landschaftswasserhaushalt, 26111 Oldenburg

² Berliner Wasserbetriebe, Labor Jungfernheide, 10864 Berlin

victoria.burke@uni-oldenburg.de

Abwasserbürtige, organische Spurenstoffe werden zunehmend in Grund- und Trinkwasser nachgewiesen. Das trifft vor allem auf das Konzept der halbgeschlossenen Wasserkreisläufe in städtischen Gebieten zu. Der Nachweis dieser Spurenstoffe ist typischerweise auf deren schlechte Abbaubarkeit unter den im Aquifer vorherrschenden Bedingungen zurückzuführen. Verschiedene Untersuchungen an Berliner Uferfiltratstandorten zeigten, dass das Abbau- und Transportverhalten einiger organischer Spurenstoffe deutlich von der räumlichen und zeitlichen Dynamik der Redoxbedingungen entlang des Grundwasserfließweges beeinflusst wird. Abgesehen von den qualitativen Informationen welche die Geländedaten lieferten, sind systematische Untersuchungen mit dem Ergebnis quantitativer Informationen zum redoxsensitiven Abbau organischer Spurenstoffe rar.

Derartige Untersuchungen stehen im Fokus unseres aktuellen Forschungsvorhabens. Mit dem Ziel einer ersten Abschätzung wurden Redox-Screenings in Form von Fässerversuchen unter oxidischen und anoxischen Bedingungen durchgeführt. Untersucht wurden die Analgetika Phenazon und Propyphenazon, sowie die phenazon-artigen Metaboliten 1-Acetyl-1-methyl-2-dimethyl-oxamoyl-2-phenylhydrazid (AMDOPH), 1-Acetyl-1-methyl-2-phenylhydrazid (AMPH), Acetylaminoantipyrin (AAA), Formylaminoantipyrin (FAA) und 1,5-dimethyl-1,2-dehydro-3-pyrazolon (DP). Im Rahmen der Versuche wurden insgesamt sieben Edelstahlfässer mit dem anoxischen Grundwasser eines Berliner Feldstandortes gefüllt. Der Standort wurde ausgewählt, weil die untersuchten Substanzen hier in relevanten Konzentrationen im Wasser vorliegen. Anhand von drei Fässern wurden oxidische Bedingungen simuliert, während in vier Fässern anoxische Bedingungen herrschten. Den Fässern wurden jeweils nach 1, 5, 11, 22 und 46 Tagen Proben entnommen und via Festphasenextraktion aufbereitet. Das analytische Verfahren zur Quantifizierung der Spurenstoffkonzentrationen besteht aus Flüssigkeitschromatographie gekoppelt mit Tandem-Massenspektrometrie (HPLC-MS/MS).

Die Untersuchungsergebnisse ergaben, dass der Abbau von sechs der sieben untersuchten Substanzen von den herrschenden Redoxbedingungen beeinflusst wird. Phenazon, Propyphenazon, DP, AAA, FAA und AMPH zeigten einen effizienten Abbau unter oxidischen Bedingungen, während kein Abbau in den anoxischen Fässern beobachtet wurde. Einzig AMDOPH erwies sich, unabhängig vom herrschenden Redoxmilieu, als äußerst persistent.

In einem nächsten Schritt sollen redox-spezifische Abbauraten für die untersuchten Substanzen Stoffe abgeschätzt werden. Zu diesem Zweck ist die Durchführung von Säulenversuchen mit natürlichen Sedimenten geplant.

Investigations in the hyporheic zone of a low permeable riverbank

STEFAN BANZHAF¹, A. KREIN² & T. SCHEYTT¹

¹ Technische Universität Berlin, Department of Applied Geosciences, Hydrogeology Research Group, Ackerstrasse 76, 13355 Berlin, +49(0)30-314-72921

² Centre de Recherche Public - Gabriel Lippmann, Department of Environment and Agro-Biotechnologies (EVA), rue du Brill 41, 4422 Belvaux, Luxembourg
s.banzhaf@tu-berlin.de

The interaction of groundwater and surface water in the hyporheic zone has attracted both hydrogeologists and hydrologists worldwide. The investigation of this complex system is of great interest as a lot of processes are observed which are relevant for the quality of both water bodies, influenced by processes like retardation and degradation of contaminants. For example processes in the hyporheic zone affect the use of bank filtration for drinking water supply. However, this hyporheic zone is not yet fully understood in its function. A unifying model does not exist which encourages further research in this field. Furthermore most studies of hyporheic processes focus on the riverbed only and investigate sediments which have a high hydraulic permeability.

In the present field study in the Grand Duchy of Luxembourg the hydraulic and hydrochemical interactions of surface water and groundwater in the riverbank of an alluvial stream were investigated (BANZHAF ET AL., 2011). Hydraulic conductivities in the riverbank are low and the aquifer is confined. Gauged surface water levels and groundwater levels were recorded over several months to observe potential effluent and influent aquifer conditions. Water samples were taken under different hydraulic conditions in the stream and three observation wells in the riverbank. These samples were analysed for inorganic parameters and selected dissolved pharmaceuticals. The recorded groundwater levels in the riverbank responded almost without delay to changes in stream stage which is very dynamic with a range of nearly two metres. Frequent changes from effluent to influent aquifer conditions were observed during the investigation time. The detection of selected ions and pharmaceutical compounds support the assumption that the pharmaceuticals enter the riverbank via the stream only. The chosen trace elements are therefore suitable as anthropogenic tracers for groundwater and surface water interactions at this field site. They prove that water exchanges also take place in riverbanks even where the hydraulic conductivity is low and for this reason indicate the existence of a hyporheic zone in the investigated section of the stream.

In the next step of the study two multilevel observation wells were installed at the field site in Luxembourg in order to gain more detailed information about potential zoning or preferential flow paths in the riverbank. The wells both have three filter screens at different depths which each have a screen length of 10 cm. The uppermost screen is located below the lowest observed water level and the other two 1 and 2 m below the first, respectively. These wells also were sampled and analysed for ionic contents and some pharmaceuticals. One well shows

depth-dependent trends for selected ions and pharmaceuticals whereas the other delivers indifferent results, which are probably due to inhomogeneities in the riverbank.

To investigate the transport behaviour of the pharmaceutical compounds detected on-site column experiments with sediment from the field site are currently conducted under defined conditions in the laboratory.

BANZHAF, S., KREIN, A. & SCHEYTT, T. (2011). Investigative approaches to determine exchange processes in the hyporheic zone of a low permeability riverbank. *Hydrogeology Journal* 19 (3), p. 591-601.

Modellierung des redox-sensitiven Abbaus von pharmazeutischen Spurenstoffen

ALINE HENZLER

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Institut für Biologie und Umweltwissenschaften, AG Hydrogeologie und Landschaftswasserhaushalt, 26111 Oldenburg

aline.henzler@uni-oldenburg.de

Durch die zunehmende globale Verschmutzung der aquatischen Umwelt mit einer Vielzahl organischer Spurenstoffe, wie z.B. pharmazeutischer Rückstände, stehen die Umweltauswirkungen von Chemikalien im Vordergrund des wissenschaftlichen und öffentlichen Interesses. Das angestrebte Promotionsthema ist in ein von der DFG finanziertes Projekt eingebunden, das sich mit der Problematik von Grundwassergefährdung durch organische Spurenstoffe, im Speziellen pharmazeutische Rückstände, beschäftigt.

Im Rahmen des Projektes soll das Verhalten abwasserbürtiger organischer Spurenstoffe im Grundwasser untersucht werden, mit dem Schwerpunkt auf der Redox-Sensitivität und Langzeit-Persistenz verschiedener Substanzen. Mit Datengrundlagen aus umfangreichen Laborversuchen und Feldversuchen zum redox-sensitiven Abbau werden numerische reaktive Transportmodelle erstellt, um Abbauprozesse von organischen Spurenstoffen in Abhängigkeit verschiedener hydrodynamischer und hydrogeochemischer Randbedingungen zu analysieren.

Als Datengrundlage wird auf ein Versuchsfeld am Tegeler See in Berlin zugegriffen, das im Zeitraum von 2002 bis 2005 diversen Untersuchungsreihen unterlag, um das Verhalten von Spurenstoffen, insbesondere pharmazeutischer, Herkunft zu charakterisieren.

Untersuchungen zur Effektivität der Kooperation zwischen Land- und Wasserwirtschaft zur Verminderung des Nitratreintrages in das Grundwasser im Bereich der Wassergewinnung Liedern (Bocholt)

SEBASTIAN JAKSCHIK

Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl Angewandte Geologie, Universitätsstrasse 150, 44801 Bochum
sebastian.jakschik@rub.de

Die Bocholter Energie- und Wasserversorgung betreibt im deutsch-niederländischen Grenzraum das Wasserwerk Liedern mit 14 Heberbrunnen zur Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser. Trotz hoher landwirtschaftlicher Nutzung der Einzugsgebietsfläche der Wassergewinnung (WG) werden im geförderten Rohwasser nur geringe Nitratkonzentrationen von etwa 5 mg/L beobachtet. In zwei Mehrfachmessstellen, die im Nahbereich der Grundwasserförderbrunnen der WG lokalisiert sind, wurden erhöhte Nitratkonzentrationen von 60 mg/L bzw. 80 mg/L im oberflächennahen Grundwasserbereich festgestellt. Dies legt die Vermutung nahe, dass sich eine Nitratbelastungsfront durch den Grundwasserleiter bewegt, deren vertikale und horizontale Lage nicht hinreichend bekannt ist. Jedoch scheint die Nitrat-abbauleistung des Grundwasserleiters hoch, da diese oberflächennah gemessenen Konzentrationen im geförderten Rohwasser der Heberbrunnen, die eine Zweiteilung in jeweils 7 nördliche und 7 südliche Heberbrunnen aufweisen, nicht beobachtet werden. Aufgrund eines Neubaus der gesamten Förderbrunnen der Wassergewinnung, der mit einer Reduzierung der Grundwasserheberbrunnen von 14 auf 8 verbunden war, war es möglich tiefenspezifische Sedimentproben an diesen neuen Heberstandorten zu gewinnen. Eine anschließende C-S-Analytik der gewonnenen Sedimentproben zeigte, dass die vorhandenen Pyrit-Schwefel-Gehalte im Grundwasserleiter gering sind und teils eine Zonierung dieser besteht. In zwei Heberbrunnen konnte der Pyrit-S-Gehalt nicht valide bestimmt werden, da dieser unterhalb der Bestimmungsgrenze von Pyrit-S lag (0,02 Gew.-%). Die Gehalte an Corg zeigten in den nördlichen Heberbrunnen eine Zunahme mit steigender Probtiefe, während in den südlichen Heberbrunnen das Gegenteil zu beobachten war. Zusätzlich wurden mit dem Sedimentmaterial insgesamt sechs Säulenversuche durchgeführt, bei dem der anteilig ablaufende Nitrat-abbauprozess bestimmt wurde. Die Ergebnisse deuteten in vier von sechs Säulenversuchen auf einen verstärkt organotroph geprägten Nitrat-abbauprozess hin (>78%). Ein dominierender lithotropher Abbauprozess (68%) wurde nur in einem Säulenversuch beobachtet. Um die Lebensdauer der Nitrat-abbaukapazität zu bestimmen, die nach Erschöpfung der reaktiven Mineralphasen im Grundwasserleiter einen Anstieg der Nitratkonzentration im geförderten Grundwasser bewirken würde, wurden zwei Prognoserechnungen durchgeführt. „NitraSim“, ein speziell auf diesen Grundwasserleiter zugeschnittenes Nitrat-Prognosetool, ermöglicht aufgrund einer Kopplung der hydrochemischen und hydraulischen Verhältnisse des Grundwasserleiters eine prospektive Ermittlung der künftigen NO₃- Konzentration im

geförderten Rohwasser. „NitraSim“ liefert im Ergebnis einen geringen Anstieg der NO_3^- - Konzentration im Mischrohwater von 5 mg/L auf 8 mg/L bis zum Jahr 2025. Die zweite Prognoserechnung der Lebensdauer der Nitratabbaukapazität beinhaltet die in den Säulenversuchen festgestellten Nitratreduktionsprozesse, die Sedimentchemie sowie die abgeschätzte vertikale Verlagerung des Grundwassers. Hier wird eine Lebensdauer der Nitratabbaukapazität ermittelt, die minimal 230 Jahre und maximal bis zu 845 Jahre beträgt. Insgesamt zeigen diese Berechnungen, dass eine „akute“ Belastung des Grundwasserleiters nicht besteht, die unverzüglichen Handlungsbedarf erfordert. Jedoch sollte die Verwendung mineralhaltigen Düngers, sowie der Einsatz von Wirtschaftsdünger auf das Bedarfminimum reduziert werden, um die Langlebigkeit der Nitratabbaukapazität zu gewährleisten.

Impact of single faults on the fluid flow and heat transport: Results from 3D finite element simulations

YVONNE CHERUBINI^{1,2}, M. CACACE^{1,2}, M. SCHECK-WENDEROTH¹, M.G. BLÖCHER^{1,3}, B. LEWERENZ¹

¹ Helmholtz Centre Potsdam - GFZ German Research Centre for Geosciences, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, +49 331 288 2810

² University of Potsdam, Am Neuen Palais 10, 14469 Potsdam

³ Brandenburg University of Technology, Konrad-Wachsmann-Allee 1, 03046 Cottbus

yvonne.cherubini@gfz-potsdam.de

Fractures and faults are likely to have a significant impact on the solute, fluid and heat transport in the subsurface. Depending on their hydraulic properties, faults can act either as preferential pathways or as barriers to fluid flow.

To investigate the influence of faults on the hydrogeothermal field, 3D simulations of the coupled fluid and heat transport are carried out. Such models allow to quantify the effects of different fault geometries and physical rock properties on the temperature distribution.

In general, it is a challenging task to investigate processes occurring in geological faulted systems due to their complex geometry with variable dipping and intersecting fractures. Furthermore, the huge number of faults encountered in many geological settings inhibits an exactly understanding of the respective role played by each individual fault. Therefore, it is crucial first to understand the impact of single faults on the fluid and heat transport before modelling more complex structural settings. These numerical models with simple fault geometries involve variations in fracture size, orientation, aperture and variable physical rock properties.

The faults are represented as 2D planar discrete structures embedded in an outer boundary tetrahedral volume. Results from modelling of simple fault systems show that faults have a significant impact on the fluid and heat flow by locally influencing the hydrostatic pressure, velocity and temperature field.

Investigation of Subsurface Flow Processes on a Hillslope in the Rietholzbach Catchment, Switzerland

JANA VON FREYBERG & M. SCHIRMER

Eawag – Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland

jana.vonfreyberg@eawag.ch

Understanding subsurface flow processes is an ongoing task for hydrologists and hydrogeologists as well. Groundwater levels and soil moisture contents within a single hillslope react temporary very heterogeneous and predictions of following precipitation or drought responses are difficult to accomplish. KIRCHNER (2003) outlined these problems as the so called double paradox with 1) the rapid mobilization of old water after a rain event and 2) the variable chemistry of this remobilized old water.

Therefore, in our study we want to attend the following research questions:

- How does water flow through a hillslope after a storm event or during a drought? What proportion of groundwater contributes to the stream runoff (hydrograph separation)?
- Why is old groundwater stored in the underground and remobilized at special circumstances (double paradox)?
- How do climate conditions affect groundwater recharge and runoff generation in a pre-alpine catchment?
- What are optimal approaches for field investigations, monitoring and sampling technologies in high-elevation areas?
- How can we simulate interactions between soil water, groundwater, surface water, and the atmosphere?

To perform a field-based process study at hillslope scale under consideration of meteorological and hydrogeological data and to investigate those subsurface flow processes we are installing a hydrogeological research setup consisting of approximately 30 piezometers and data loggers (electrical conductivity, temperature, hydraulic head, soil moisture) in the pre-alpine Rietholzbach catchment. The upper margin of the field site is a well-equipped meteorological research station of the ETH Zurich, which provides high-resolution hydrological and climatic data since 1975. The lower boundary is the Rietholzbach whose runoff is detected continuously at a gauging station.

To get a 3D-understanding of the flow conditions and groundwater recharge at the site we will perform dye and salt tracer tests, as well as detect natural stable isotopes (hydrograph separation). ³H and noble gas analysis of pore water will help to determine the quasi in situ groundwater residence time at specific positions in space. Additionally, we will improve our process understanding of surface water and groundwater interactions using their specific chemical and physical signatures. For that, we will perform detailed temperature measurements at the groundwater-surface water interface near the Rietholzbach and install on-line

data loggers at identified hot spots for constant temperature and electrical conductivity detection.

For modeling the water fluxes and chemical transport in the entire Rietholzbach catchment, 3D, variably saturated simulations will be performed, including soil water, groundwater and surface water flow. This study will be performed using the numerical code HydroGeoSphere (SUDICKY ET AL., 2006). For the proposed work relevant here, it is important to gain an understanding of the feedback processes between soil water, groundwater, surface water, and the atmosphere, i.e. the most globally interesting and relevant aspects. Therefore, it is necessary to apply a fully coupled model that ideally can simulate water recharge and flow between soil, groundwater, and surface water. Based on the developed model we can compare our results with other alpine hydrogeological field research and upscale the simulations.

KIRCHNER, J.W., 2003. A double paradox in catchment hydrology and geochemistry. *Hydrol. Proc.*, 17, 871-874.

SUDICKY, E.A., ET AL., 2006. Simulating complex flow and contaminant transport dynamics in an integrated surface-subsurface modelling framework. *Geol. Soc. America Abstr. with Programs*, 38(7), 258.

Temperature Dependency of Drained Poroelastic Parameters

ALIREZA HASSANZADEGAN^{1,2}, G. BLÖCHER¹, G. ZIMMERMANN¹

¹ Helmholtz Centre Potsdam - GFZ German Research Centre for Geosciences, Telegrafenberg, 14473 Potsdam

² Technische Universität Berlin, Straße des 17. Juni, 135, 10623 Berlin

alireza@gfz-potsdam.de

This research addresses the thermo-mechanical response of a saturated sandstone. The complete thermo-physical description of porous media requires knowing the thermal coefficient of expansion and the isothermal bulk modulus and their pressure and temperature dependency. Several experiments were performed using a triaxial testing system to investigate thermal effects on poroelastic parameters of Flechtinger sandstone. Since the poroelastic and thermoelastic responses are volumetric effects, the volumetric changes of rock and fluid were recorded. The experiments were conducted at hydrostatic condition. The measured unjacketed bulk modulus of Flechtinger sandstone (41.2 GPa) is in agreement with theoretical values. In jacketed drained experiment confining pressure was cycled, pore pressure was maintained constant and temperature was increased step-wise. Drained bulk modulus is strongly pressure dependent due to change in contact area (Hertzian contact) and crack closure. Temperature dependency of drained bulk modulus differs at low and high confining pressure which can be assigned to actual stress state of solid grains. Biot's coefficient is measured by employing direct and indirect methods. The Biot's coefficient was decreasing from 0.745 to 0.72 by increasing temperature from 30°C to 140°C. Once the poroelastic parameters have been determined, stress changes within a reservoir can be estimated.

Trace compounds in groundwater as indicators for transport processes on the catchment scale

BEATE MÜLLER, T. SCHEYTT

Technische Universität Berlin, Department of Applied Geosciences, Hydrogeology Research Group, Ackerstrasse 76, 13355 Berlin, +49(0)30-314-72921

beate@mailbox.tu-berlin.de

Transport processes on the catchment scale are usually difficult to quantify due to the multitude of processes that influence these processes. Laboratory experiments help to elucidate the general type of process but upscaling of these results leads to ambiguous interpretation. Therefore, a combination of field scale experiments and additional laboratory column experiments yielded best results for interpretation of occurrence of trace compounds in groundwater.

Due to the multitude of compounds introduced into the aquatic system via sewage treatment, agriculture, or atmospheric input, many organic and inorganic compounds can be detected in groundwater and surface water in trace concentrations. Pharmaceutically active substances and metabolites are found at concentrations up to the microgram/L-level in groundwater samples from the Nuthegraben lowland area south of Berlin (Germany). Among the compounds detected in groundwater are clofibric acid (blood lipid regulator), diclofenac (anti-inflammatory), carbamazepine and primidone (both antiepileptic drugs). Pharmaceuticals are measured up to the $\mu\text{g/L}$ range in surface and groundwater. However, concentrations detected in groundwater are generally much lower and there is significant variation in the distribution of pharmaceuticals in groundwater.

Groundwater and surface water was sampled for the main ions, for organic carbon and selected trace substances. Experiments in the laboratory were conducted using sediment material from the Berlin area to evaluate the transport and sorption behavior of selected drugs in the aquifer under conditions comparable to those in the Nuthegraben area. Results of the column experiments show that clofibric acid exhibits no degradation and almost no retardation ($R_f = 1.1$). Diclofenac shows quite high retardation at lower pH values indicating that most of diclofenac was sorbed in the unsaturated zone. Carbamazepine shows no degradation in the soil column experiments but significant retardation under the prevailing conditions. Based on carbamazepine and primidone concentrations we conclude that groundwater has been effected significantly by former land use practices whereas actual land use has only minor influence. The hydrochemical zones in groundwater, an aerobic zone near the groundwater surface and anaerobic conditions downstream lead to a specific set of compounds detected in the different zones, especially due to their different degradation behavior in these zones.

Unsicherheiten in der geochemischen Modellierung der CO₂-Speicherung durch Verwendung unterschiedlicher Programme, thermodynamischer Datenbanken und Zusammensetzung der Sekundärminerale

CHRISTOPH HAASE

Institut für Geowissenschaften, Universität Kiel, Ludewig-Meyn-Str., 24118 Kiel

chh@gpi.uni-kiel.de

- Freigabe des Abstracts durch Projektleiter nicht erteilt -

Bestimmung von kontinuierlichen Wärmeleitfähigkeit-Logs

SVEN FUCHS

GFZ Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam, Sektion 4.1 Reservoirtechnologie, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, +49 331 2882842

fuchs@gfz-potsdam.de

Thermische Eigenschaften sedimentärer Formationen, wie Wärmeleitfähigkeit, Temperatur und Wärmestromdichte, kontrollieren maßgeblich die vertikale und laterale Wärmeverteilung eines Sedimentbeckens. Um trotz der begrenzten Verfügbarkeit von Bohrkernen entlang der Bohrsäule kontinuierliche Wärmeleitfähigkeitslogs zu entwickeln können bohrlochgeophysikalischen Standard-Messverfahren und hochaufgelöste Temperaturlogs genutzt werden.

Als ersten Teil dieses Ansatzes wurde die Wärmeleitfähigkeit von mesozoischen Sandsteinformationen an dreizehn, vorwiegend geothermischen, Tiefbohrungen im östlichen Teil des Nordostdeutschen Beckens (NEDB) bestimmt. Die Messungen erfolgten an trockenen und saturierten Kernproben mit der optischen Scan-Methode nach Popov. In-situ-Wärmeleitfähigkeiten für mesozoische Sandsteine wurden im Bereich zwischen 2,1 und 3,9 W/m/K bestimmt (FUCHS & FÖRSTER, 2010).

Typischerweise zeigten mesozoische Sandsteine große effektive Porositäten zwischen 16 % und 30 %. Die Matrix-Wärmeleitfähigkeiten schwankten zwischen 3,4 und 7,4 W/m/K. Höheren Werte spiegeln hier einen höheren Quarzanteil im jeweiligen Sandstein wieder. Aus den ermittelten in-situ-Wärmeleitfähigkeiten wurde mit den jeweils zugehörigen Intervall-Temperaturgradienten die Wärmestromdichte nach dem Gesetz von Fourier bestimmt. Die räumlichen Temperaturgradienten wurden aus hochaufgelösten, ungestörten und kontinuierlichen Temperaturmessungen (Logs) berechnet. Am Standort Stralsund wurde die Wärmestromdichte in einer Tiefe zwischen 1405 und 1521 m im mittleren Buntsandstein mit Werten zwischen 74 mW/m² (Gt Ss 1/85) und 78 mW/m² (Gt Ss 2/85) bestimmt, was in guter Übereinstimmung mit früher veröffentlichten Wärmestromdichtewerten im NEDB steht. Auf Basis der bestimmten Intervall-Wärmestromdichte und der berechneten Temperaturgradienten-Logs wurde die Wärmeleitfähigkeit auch für solche Bereiche mit fehlendem Kernmaterial bestimmt. Im Mesozoikum und Känozoikum wurden Formationswerte im Bereich zwischen 1,5 und 3,8 W/m/K ermittelt. Weitere Arbeit ist notwendig um diese Formationswerte an anderen Standorten in NEDB zu verifizieren.

FUCHS, S. & FÖRSTER, A. (2010). Rock thermal conductivity of Mesozoic geothermal aquifers in the Northeast German Basin. *Geochemistry*, 70, Suppl. 3, 13-22.

Parameter determination in a deep coastal sedimentary basin by single-well ("push-pull") tests

KLAUS H. HEBIG¹, N. ITO², T.J. SCHEYTT¹, A. MARUI³

¹ Technische Universität Berlin, Department of Applied Geosciences, Hydrogeology Research Group, ACK 2-1, Ackerstr. 76, 13355 Berlin

² NEWJEC Inc., 1-12-13 Shin-Ohashi, Koto-ku, 135-0007, Tokyo, Japan

³ Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Chuo 7, 1-1-1 Higashi Tsukuba-shi 305-8567, Ibaraki, Japan

klaus.hebig-schubert@tu-berlin.de

Recently, investigations were conducted for geological and hydrogeological characterisation of the sedimentary coastal basin of Horonobe, which is located at the north-western coast of the northern Japanese main island of Hokkaido. The basin is composed of poorly compacted neozoic sand-, silt- and mudrocks. The base of the basin consists of volcanic sediments and is located in depths of about 3,000 to 5,000 metres. Due to the periglacial influence the landscape is very gently. However, Hokkaido was not glaciated in the past. Coastal basins are typical geological settings in Japan, which are less tectonically active than the mountain ranges and good accessible by ship. For that reasons, coastal basins are considered as potential host rocks for the Japanese final repository for radioactive waste program.

The knowledge and the understanding of the history and the future development of dynamic deep groundwater systems are crucial for questions that have to be solved, e.g. groundwater velocities at depths of more than 1,000 metres; the "age" of groundwater; the evolution of these systems depending on different sea levels, etc. Methods and procedures are required for hydrogeological deep basin characterisation. In Horonobe, a test site including two deep boreholes (100 and 1,100 metres depth, respectively) was installed to develop and enhance test methods for hydrogeological parameter determination in greater depths. A major difficulty in deep groundwater flow research is the limited access. A standard tracer test with several involved groundwater monitoring wells is generally not possible at these depths. For that reason a Single-well ("push-pull") test was conducted. This method was already used as partitioning push-pull test to quantify organic pollutants at contaminated sites in relatively shallow depths of about 10 to 20 metres (e.g. ISTOK ET AL., 1997). In a push-pull test a known amount of several solutes including a conservative tracer is injected into the aquifer ("push") and afterwards extracted ("pull"). The measured breakthrough curve during the pumping back phase can be analysed by transport and reaction parameters. The aims of the push-pull test in the 100 metres deep borehole were to prove the scientific and technic applicability of the method in larger depths than 20 metres for the intended later adaption on the 1,000 metres deep well. For determination of different aquifer and fluid behaviour depending on the density of groundwater (due to saltwater-freshwater interface in coastal areas) the test was conducted twice: a groundwater-tracer mix and distilled water was injected and afterwards re-pumped, respectively.

The results and the experiences of this study should be used for a push-pull test in the 1,000 metres deep borehole. The findings of both tests are part of a better understanding of deep groundwater systems, and its previous and future evolution. The final goal of the project is a numerical model to make predictions about the long-term behaviour of groundwater flow and transport depending on parameters that change significantly at our time (e.g. sea level changes due to man-made climate change or regular Ice Ages; changing recharge and discharge areas and changing saltwater-freshwater interface due to sea level changes; changing amounts of precipitation).

ISTOK, J.D., ET AL. 1997. Single-well, "push-pull" test for in situ determination of microbial activities. *Ground Water*, 36. 619-631

The role of different heat drivers within the Northeast German Basin - Results from 3D numerical modelling of the coupled fluid and heat transfer

BJÖRN ONNO KAISER¹, M. CACACE^{1,2}, M. SCHECK-WENDEROTH², B. LEWERNZ²

¹ University of Potsdam

² Helmholtz Centre Potsdam, GFZ German Research Centre for Geosciences

kaiser@gfz-potsdam.de

The goal of the present study is to investigate and quantify main physical heat driving processes affecting the present-day subsurface thermal field within a complex geological setting, the Northeast German Basin (NEGB). By means of 3D numerical simulations we explore the role of heat conduction, pressure and density driven groundwater flow.

The NEGB is characterised by the presence of an Upper Permian Zechstein salt layer. Geologically, the Zechstein salt is highly structured due to local salt tectonic movements. Spatial variations in salt geometry are manifested by local salt structures piercing their sedimentary overburden and locally reaching nearly the surface. Gradients in thermal conductivities between the highly conductive salt and the relatively poorly conductive surrounding sedimentary clastics cause thermal anomalies to evolve nearby major salt structures. At the same time, the Zechstein salt is impervious to fluid flow thus acting as an internal natural no flow boundary.

These two properties make the Zechstein salt an important stratigraphic layer playing a major role in controlling the internal temperature distribution within the basin.

Based on a 3D geological model of the NEGB different coupled fluid flow and heat transfer numerical simulations are carried out to study the basin-wide temperature distribution. From the model results, the regional temperature distribution within the basin is likely to result from interactions between regional pressure forces as driven by topographic gradients and thermal diffusion locally enhanced by thermal conductivity contrasts between the different sedimentary rocks with the highly conductive salt playing a prominent role. Additionally, buoyancy forces triggered by temperature dependent fluid density variations may affect locally the internal thermal configuration. Locations, geometry and wavelengths of convective thermal anomalies are mainly controlled by the permeability field and thickness values of the respective geological layers.

Moreover, results from different numerical simulations in terms of the discrete resolution imposed likely point towards a mesh dependency of the numerical results. Wavelengths of advective and convective thermal perturbations show a spatial distribution and localization partially influenced by the degree of the mesh resolution. Quantification of mesh dependent results for coupled problems on a regional scale is part of current research and will be discussed with regard to above mentioned conclusions.

Hydraulische Modellierung eines gefluteten Bergwerks zur geothermischen Nutzung des Grubenwasserpotentials

CHRISTIANE STREB

Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Institut für Geowissenschaften, Becherweg 21, 55099 Mainz
igem-Institut für geothermisches Ressourcenmanagement, Am Langenstein 21, 55411 Bingen
Christiane.Streb@uni-mainz.de

Der im Rheinischen Schiefergebirge bis z.T. in mehr als 1000 m umgehende Bergbau hat großräumige und komplex verzweigte Strukturen im Untergrund hervorgebracht. Diese hochpermeablen Bereiche (Schächte, Stollen, Abbaubereiche) durchziehen die ansonsten eher gering durchlässigen, überwiegend tonig bis siltig-sandigen und schwach metamorphen Einheiten des Rheinischen Schiefergebirges. Einhergehend mit der Stilllegung der Gruben in den 1960er-Jahren wurde die Wasserhaltung eingestellt und die Grubengebäude geflutet. Dies führt dazu, dass das über die Schächte aufsteigende Grundwasser in der Regel über die Tiefen Stollen (topographisch tiefste Stollen mit übertägigem Kontakt) der Bergwerke entwässert (WIEBER & OFNER 2008). Abhängig von der jeweiligen Lokalität sind Schüttungen der Tiefen Stollen zwischen 10 und 35 l/s mit Temperaturen zwischen 17 und 25°C bekannt. Diese im freien Gefälle austretenden Wässer können mittels Wärmepumpentechnik zum Heizen genutzt werden.

Neben der geothermischen Nutzung des frei auslaufenden Grubenwassers ist es auch möglich, das Potential des eingestauten Grubenwassers nutzbar zu machen. Um eine Verringerung des Potentials hinsichtlich der Temperatur und der Schüttung am freien Auslauf zu verhindern, muss ein thermohydraulisches Modell des gefluteten Bergwerkes erstellt werden. Damit ist es möglich, Lokalitäten und Entnahmemengen innerhalb des Grubengebäudes zu modellieren und deren Einfluss auf den freien Auslauf zu überprüfen. Für diese Modellierung wird mit FeFlow (DHI-Wasy) ein Finite-Elemente-3D-Modell aufgebaut. Die Schächte und Stollen dominieren die hydraulischen Bedingungen der gefluteten Grube und werden in das Modell als '1D-discrete elements' mit hohen Fließgeschwindigkeiten eingebaut. Die eindimensionalen Strukturen innerhalb des Bergwerkes (Schächte, Stollen, etc.) stellen im Hinblick auf den Wärmetransport über-dimensionale Wärmetauscher dar. Verfüllte Abbaubereiche weisen normalerweise sehr hohe Durchlässigkeiten und eine große Speicherkapazität auf. Sie werden als Bereiche mit höherer Permeabilität als das umgebende Gestein in das Modell integriert. Die Gesteinsmatrix selbst kann als dreidimensionales Element angesehen werden. Neben den durch den Bergbau verursachten guten Durchlässigkeiten können sich auch durch Tektonik Bereiche höherer Durchlässigkeit ausgebildet haben. So werden z.B. antiklinale Strukturen und Störungen als zweidimensionale Elemente in das Modell eingefügt.

Über das Modell können verschiedene Nutzungs- und Entnahmeszenarien erprobt werden. Dadurch ist es theoretisch möglich, größere Wasser- bzw. Wärmemengen aus dem einge-

stauten Grundwasserreservoir geothermisch zu nutzen. Das dem gefluteten Grubengebäude entnommene Wasser muss nach der Nutzung und erfolgter Abkühlung in das Bergwerk zurückgeführt werden. Dies stellt sicher, dass das hydraulische System der kommunizierenden Röhren nicht gestört wird und sich die Fließbedingungen im Grubengebäude nicht negativ verändern. Das Grubenwasser wird idealerweise in Bereiche infiltriert, von denen ein ausreichend langer Fließweg (= Fließzeit) besteht, damit sich das Wasser wieder erwärmen kann. Auch der Weg der Reinfiltration ist idealerweise über das Modell im Vorfeld zu ermitteln.

WIEBER, G. & OFNER, C. (2008): Geothermische Potentiale gefluteter Erzbergwerke. bbr-Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau, Jahresmagazin 12/2008: S. 72-77.

The integrated view on a geothermal reservoir

MAREN BREHME¹, M. ANDHIKA^{1,2}, G. ZIMMERMANN¹, S. REGENSPURG¹

¹ Helmholtz Centre Potsdam - German Research Centre for Geosciences (GFZ), International Centre for Geothermal Research, Telegrafenberg, 14473 Potsdam

² Pertamina Geothermal Energy, Skyline Building, MH. Thamrin No.9, Jakarta 10340, Indonesia
brehme@gfz-potsdam.de

As Indonesia with its many islands is located at the “ring of fire” it represents a very good environment for geothermal energy utilization. Indonesian geothermal sites are mostly high enthalpy fields located often close to volcanoes. The total potential of geothermal areas in Indonesia is estimated to be 27 GWe (SURYADARMA ET AL., 2010). However, due to site-specific geologic conditions each geothermal site deals with certain problems such as various types of scaling, acid water, or rapid cooling of the reservoir.

In this work, available hydraulic, geological, and hydrochemical properties of an operated Indonesian geothermal location were reviewed. Additionally, water samples of wells and hot springs were taken. The physicochemical parameters pH, electrical conductivity, redox potential, temperature as well as HCO₃-concentration were measured in-situ. The samples taken were then analysed for major ions at GFZ laboratories.

At the location investigated, three reservoirs with different fluid composition, located at different depths provide the steam for electricity production. One reservoir is represented by medium to high Si- and Cl-concentrations (350 and 440 mg/L). One other reservoir shows extremely high SO₄- and Cl-concentrations (1600 and 1500 mg/L). Beside the ions the pH value is typical for every reservoir. The water of one reservoir is characterized by extremely acid water with a pH of 1.1. All sample values were plotted in a Giggenbach-diagram. As they have low or no HCO₃-concentrations the samples plot on the line between Cl and SO₄ and the source is assessed to be acid or neutral chloride water.

In order to understand subsurface water pathways and the connection between the reservoirs a thermal-hydraulic model will be generated during my PhD work. Additionally, the development of a hydrochemical transport model will be employed to help explain water-mixing processes. These models and the gathered information about geology, geological structures, hydraulic information, water and rock chemistry will lead to an integrated view on this geothermal site.

SURYADARMA, ET AL. (2010). The Role of Pertamina Geothermal Energy (PGE) in Completing Geothermal Power Plants Achieving 10,000 MW in Indonesia, Proceedings World Geothermal Congress 2010 Bali, Indonesia

Mineralogische und petrophysikalische Änderungen des Reservoirsandsteins vom Pilotstandort Ketzin unter Beeinflussung von CO₂ – Ergebnisse aus Langzeitversuchen

SEBASTIAN FISCHER^{1,2}, K. ZEMKE¹, A. LIEBSCHER¹ UND DAS KETZIN-TEAM

¹ Deutsches GeoForschungszentrum Potsdam – GFZ, Zentrum für CO₂-Speicherung

² Technische Universität Berlin, Fakultät VI, Angewandte Geowissenschaften, Fachbereich Mineralogie

fischer@gfz-potsdam.de

Im brandenburgischen Ketzin, ~25 km westlich Berlins, befindet sich der einzige nationale Pilotstandort für die geologische CO₂-Speicherung in einem salinaren Aquifer. Zielhorizont ist die triassische Stuttgart Formation in Teufen unter 600 m. Kernproben dieser fluviatilen Sedimente wurden experimentell mit CO₂ beaufschlagt, um mögliche mineralogische und petrophysikalische Änderungen des Reservoirgesteins zu untersuchen. Dafür wurden die Gesteinsproben unter in situ P-T-Bedingungen (5 MPa und 40 °C) zusammen mit reinem CO₂ und synthetischem Reservoirfluid für bis zu 40 Monate in Edelstahl-Autoklaven inkubiert. Nach 15 bzw. 21 Monaten wurden die ersten beiden Probenserien entnommen. Mit Hilfe von Dünnschliffmikroskopie, Röntgendiffraktometrie, Mikrosondenanalyse und Rasterelektronenmikroskopie wurden diese Proben mineralogisch, petrografisch und geochemisch untersucht und mit den Daten der unbehandelten Proben verglichen. Die petrophysikalischen Parameter Porengrößenverteilung, Porosität und davon abgeleitet die Permeabilität wurden mittels Kernspinrelaxometrie (NMR) und Quecksilberporosimetrie ermittelt. Die betrachteten Proben sind Sandsteine mit relativ einheitlicher Zusammensetzung. Hauptphasen sind Quarz (28-38 Gw.%) und Plagioklas (27-37 Gw.%). Kalifeldspat (5-9 Gw.%), Illit plus Muskovit (9-20 Gw.%), Chlorit plus Biotit (2-4 Gw.%) und Hämatit (1-5 Gw.%) treten in geringeren und variablen Mengen auf. Die Sandsteine sind wenig konsolidiert, wobei Anzlim, Anhydrit und untergeordnet auch Dolomit als Zement auftreten. Porositäten der unbeeinflussten Proben schwanken zwischen 17 und 32 %, Permeabilitäten zwischen 1 und 100 mD (ZEMKE ET AL., 2010). Über die betrachteten Zeiträume zeigen sich keine eindeutigen oder signifikanten Trends für die jeweiligen Mineralphasen. Einzig Anhydritgehalte nehmen einheitlich mit der Zeit ab. Auf Bruchflächen von Plagioklasen und Kalifeldspäten CO₂-beeinflusster Proben sind Korrosionserscheinungen erkennbar. Die Mikrosondenanalyse zeigt einen kompositionellen Trend für die Plagioklase von überwiegend intermediären hin zu hauptsächlich calciumarmen bzw. natriumreichen, albitischen Zusammensetzungen im Verlauf der Experimente. Geringe Veränderungen treten ebenfalls bei den petrophysikalischen Größen auf. Für die ersten beiden Probenserien konnten generell leicht angestiegene Porositäten nebst einem erhöhten Auftreten größerer Poren festgestellt werden. Die zugehörigen, berechneten Permeabilitäten steigen zunächst ebenfalls an, werden dann aber kleiner. Die Wasserchemie zeigt mit zunehmender Inkubation u.a. ansteigende

Calcium, Kalium und Sulfat Konzentrationen, die z.T. sogar über den Reservoirgehalten liegen (WANDREY ET AL., 2010).

Die mineralogisch-chemischen Untersuchungen verdeutlichen zum einen eine bevorzugte Lösung der Calciumkomponente in Plagioklas (Albitisierung), zum anderen eine (verstärkte) Löslichkeit von Kalifeldspat und Anhydrit. Zudem erhöhen sich die Porositäten mit fortschreitender CO₂-Exposition, während die Permeabilitäten leicht abnehmen. Aufgrund der Heterogenität in der fluviatil entstandenen Stuttgart Formation ist es zuweilen sehr schwierig die natürliche Variabilität von experimentell durch CO₂ hervorgerufenen Veränderungen zu unterscheiden.

WANDREY, ET AL. (2010). Monitoring petrophysical, mineralogical, geochemical and microbiological effects of CO₂ exposure – Results of long-term experiments under in situ condition. Energy Procedia, GHGT-10, in press.

ZEMKE ET AL. (2010). Petrophysical analysis to investigate the effects of carbon dioxide storage in a saline aquifer at Ketzin, Germany (CO₂SINK). Int J Greenhouse Gas Control 2010; doi: 10.1016/j.ijggc.2010.04.008.

CO₂ leakage in shallow aquifers: Impact of geology, leakage rate and groundwater flow on the CO₂ gas phase body and monitoring strategies

CARLA WIEGERS, R. KÖBER, D. SCHÄFER, A. DAHMKE

Institute of Geosciences, University of Kiel

cw@gpi.uni-kiel.de

Influx of CO₂ into near-surface freshwater aquifers can on the one hand cause undesirable impacts like low pH, mineral dissolution, release of inorganic contaminants or increasing salt content in groundwater. To ensure intactness of the protected natural resource groundwater legislative directives for Carbon Capture and Storage (CCS) or Enhances Gas Recovery (EGR) demand the development and implementation of appropriate site-specific groundwater monitoring concepts. Against this backdrop virtual modelling scenarios, supported by the geology and hydrology of a potential EGR site in Germany are developed in the research project CLEAN Mo3 to test different approaches for CO₂ monitoring in shallow aquifers.

Radiallysymmetric simulations with various CO₂ leakage rates ($1,16 \cdot 10^{-8}$ kg/s to $1,16 \cdot 10^{-3}$ kg/s) have been performed to evaluate the extension of CO₂ gas phase bodies below impermeable layers. The results show that the radius of the gas phase body ranges from 10 m to 600 m after one year depending on the leakage rate and that the gas phase creates only a very thin layer. Since the simulated thickness of these layers depends severely on the vertical grid discretisation, optimised discretisation has to be used for prediction of the appropriate monitoring depth.

3D scenarios with varied leakage rate and groundwater flow velocity showed a distinct influence of the groundwater flow on the shape of the gas phase body. Whereas the CO₂ gas phase body is nearly circular at high leakage rate and low groundwater flow velocity, the shape is stretched in flow direction at high groundwater flow velocities and low leakage rates. In the second case dissolved CO₂ spreads faster than the gas phase.

We will show this different leakage scenario and discuss their impact on monitoring strategies to detect CO₂ gas phase bodies and plumes of dissolved CO₂.

CLEAN is part of the geoscientific research and development programme "GEOTECHNOLOGIEN" and is funded by the German Federal Ministry for Education and Research.

The hydrogen and oxygen isotopic composition of Yemen's rainwater

AHMED AL-AMERI

Institut für Geologische Wissenschaften, Arbeitsgruppe Hydrogeologie, Freie Universität Berlin
ahmadalamery@yahoo.com

The isotopes composition oxygen-18 (^{18}O) and deuterium (^2H) of 248 rainwater samples collected from 2008 to 2010 from different geographic regions in Yemen were used to construct two regression lines considered as local meteoric water lines (LMWL). The two derived equations represent the first published LMWL's based on direct precipitation for any location in the country. One line was constructed for the highland region with slope 7.1 ($n=127$). It differs slightly from the global slope 8.0 and was named as Yemen Highland's meteoric water line (YHMWL) defined by the equation: $\delta\text{D} = 7.1 \cdot \delta^{18}\text{O} + 8.2\text{‰}$. The other one was derived for the coastal regions named Coastal meteoric water line (Coastal MWL) for Yemen with slope is 4.9 ($n=88$) which is typical for evaporated water and defined by the equation: $\delta\text{D} = 4.9 \cdot \delta^{18}\text{O} + 7.2\text{‰}$.

The most important factors affecting the isotopic composition in Yemen's rainwater are the altitude, temperature, rainfall amount and the humidity. The rainfall events falling on coastal plain are characterized by their content of the heavier isotope composition $\delta^{18}\text{O}$ and δD . The slope of the line 4.9 indicates that these samples are strongly affected by evaporation due to the higher temperature in this region. In contrast, the rainwater in Yemen's highland is depleted in the heavier isotopes composition and the samples are little affected by the evaporation due to the low temperature associated with the increase in the altitude and rainfall amount.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Salz- / Süßwassergrenze am Beispiel der Nordseeinsel Spiekeroog

TANIA RÖPER

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Institut für Biologie und Umweltwissenschaften, Arbeitsgruppe Hydrogeologie und Landschaftswasserhaushalt, Carl-von-Ossietzky Straße 11, 26129 Oldenburg

tania.roeper@uni-oldenburg.de

Die Salz-/Süßwassergrenze im Bereich küstennaher Grundwasserleiter ist das unterirdische Pendant zu Flussmündungen, in denen Süß- und Salzwasser aufeinander treffen. Der submarine Grundwasseraustritt, oft reich an Nähr- oder Schadstoffen, beeinflusst marine Ökosysteme, wohingegen Salzwasserintrusionen eine Gefahr für die Grundwasserleiter darstellen. Unter normalen Bedingungen verläuft der hydraulische Gradient in küstennahen Grundwasserleitern in Richtung Meer. Es kommt zur Ausbildung eines Salzwasserkeils unterhalb des abfließenden Grundwassers. Diese Grenze ist hoch dynamisch und wird sowohl von kurzfristigen Ereignissen, wie Tiden, Stürmen oder saisonalen Variationen der Grundwasserneubildung beeinflusst, als auch von mittel- oder langfristigen Prozessen wie Trans- und Regressionen und dem Klimawandel.

Aufgrund der derzeitigen Prognosen zur Klimaveränderung (SOLOMON ET AL., 2007) werden Auswirkungen auf die Fließsysteme an den Küsten angenommen. Dazu gehört unter anderem die Zunahme von Salzwasserintrusionen und eine Volumenabnahme der Süßwasserlinsen unterhalb der vorgelagerten Inseln. Neben den hydrodynamischen Prozessen werden auch Auswirkungen auf die Mikrobiologie und die Hydrochemie der Grundwassersysteme, wie z.B. Kationenaustausch und Lösungs- und Fällungsreaktionen prognostiziert.

Um diese Prozesse rund um Salzwasserintrusion und submarinen Grundwasseraustritt und die zu erwartenden Veränderungen durch den Klimawandel zu untersuchen, wurde die Nordseeinsel Spiekeroog als Forschungsgebiet ausgewählt. Die Insel ist ein abgeschlossenes System und damit über klare Randbedingungen gut beschreibbar. Zusätzlich stellt sie ein repräsentatives Beispiel für die vom Klimawandel beeinflussten Gebiete dar, da hier die Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs und der Zunahme von Stürmen zuerst sichtbar werden.

Im ersten Schritt soll der Status quo der Insel Spiekeroog im Hinblick auf die Lage der Salz-/Süßwassergrenze, die hydrogeologische Situation und die submarinen Grundwasseraustrittsraten bestimmt werden. Darauf aufbauend werden folgende Fragen thematisiert:

Was für Konsequenzen entstehen also aus dem Meeresspiegelanstieg und der Zunahme von Sturmereignissen? Wie stabil ist die Süßwasserlinse unterhalb der Insel und wie verändert sich der Kontaktbereich zwischen Süß- und Salzwasser? Wie lang dauert der Aussüßungsprozess?

SOLOMON, S., ET AL. (eds.) (2007) Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Investigation of the hydraulic and hydrochemical properties of the Salar de Uyuni, Bolivia

ROBERT SIELAND, N. SCHMIDT, B. MERKEL

TU Bergakademie Freiberg, Institute of Geology / Chair of Hydrogeology, Gustav-Zeunerstraße 12, 09599 Freiberg

Robert.Sieland@geo.tu-freiberg.de

The southern Bolivian Altiplano is occupied by the world's largest salt flat "Salar de Uyuni" (~10,000 km², 3653 m a.s.l.). This salt flat is composed of a sequence of alternating halite and lacustrine mud layers formed during extended wet and dry periods in the Quaternary.

The porous halite layers are filled with a high mineralized solution (brine). This brine contains large amounts of lithium (up to 4 g/L) and other elements such as Mg, K, and B, which are interesting for an economical extraction in the future.

Therefore, the hydraulic properties of the salt flat and the chemical composition of the brine have been studied in 2009 and 2010. For this, core drillings between 2 and 13 m depth were conducted at 11 different locations all over the salt flat. The stratigraphy of the salt and lacustrine clay sediments was documented by means of the cores. All drillings were completed as pumping and observation wells for hydraulic tests (pumping tests) and also brine water sampling. On-site parameters (temperature, pH value, electrical conductivity, redox potential, and oxygen content) were determined in the field during the sampling procedure. Major ion and trace element composition was analysed later on in the hydrochemical laboratory of the chair of hydrogeology (TU Bergakademie Freiberg) using ion chromatography and ICP-MS.

Pumping tests, performed at 5 different sites on the salt flat, revealed high, but varying hydraulic conductivities. The brine is characterised by high density (> 1.2 g/cm³) and viscosity (~ 3 mPa·s). The permeability was between 10⁻⁹ and 10⁻¹⁰ m². In addition, field investigations showed a high porosity of the salt and also the existence of cavities of different size (several cm up to one meter) indicating karst-like processes probably due to the influence of the annual rain season and the consequent flooding of that area. The effective porosity of the upper salt layer was determined by using computer tomography analyses on selected core samples. First results showed variations between 18 and 30% supporting the results from the pumping tests. Further analyses will clarify whether there are differences in porosity with depth and space.

The brine samples are characterised by neutral pH values around 7 and reducing redox conditions (-108 mV < Eh < 9 mV). The contents of total dissolved solids varied between 291 and 334 g/L in the brine samples. The highest concentrations of lithium, bromine, boron, and potassium were found in the south of the Salar close to the main tributary Rio Grande de Lipez confirming results from the literature. Significant differences in the concentrations of samples from different depth could not be clearly identified.

Future research includes the analysis of the isotopic composition (e.g. $6\text{Li}/7\text{Li}$, $14\text{C}/12\text{C}$) of the brine to gather information about the chemical evolution of the brine and the salt pan as well as possible sources and mechanisms for the enrichment of lithium in the Salar de Uyuni. Finally, all hydraulic data will be combined in a detailed hydrogeological model in order to evaluate the groundwater flow within the salt flat depending on density-differences and hydraulic properties of the salt.