

kassel24 | let's talk about
Grubenwasser

documenta Stadt Kassel, 2. - 4. September 2024

Programmheft

Hauptsponsoren



UMWELTLEISTUNGEN

Umwelt- und Ingenieurtechnik GmbH Dresden



Glückauf!

Herzlich Willkommen zur dritten Grubenwassertagung **kassel24** in der documenta Stadt Kassel! Wir freuen uns, Sie wieder hier begrüßen zu dürfen und mit Ihnen gemeinsam in die Welt des Grubenwassers einzutauchen. Unsere Veranstaltung dient dazu, Experten und Interessierte aus verschiedenen Bereichen zusammenzubringen, um in entspannter Atmosphäre Ideen auszutauschen und neue Kontakte zu knüpfen.

Wir haben Ihre Vorschläge aus den vergangenen kassel-Konferenzen ausgewertet und dieses Jahr neu eingeführt: einstrahlige Sitzung mit Vorträgen, Zusammenfassungen und Namen der Sitzungsleitungen im Programmheft, eine angepasste Auswahl an Speisen und Lehrgänge ganz nach Ihren Wünschen.

Zur diesjährigen Tagung begrüßen wir viele bekannte Gesichter. Besonders freuen wir uns, eine große Anzahl an neuen Teilnehmerinnen und Teilnehmern in in unserer „Grubenwasser-Familie“ willkommen zu heißen.

Wir wünschen Ihnen eine inspirierende Tagung und möchten unseren Dank an alle Sponsoren und Unterstützer aussprechen. Ohne Sie wäre die **kassel24** nicht möglich. Vielen Dank, dass Sie diese Veranstaltung ermöglicht haben.

Christian Wolkersdorfer

Elke Mugova

Sponsor Platin

Für eine lebenswerte Region



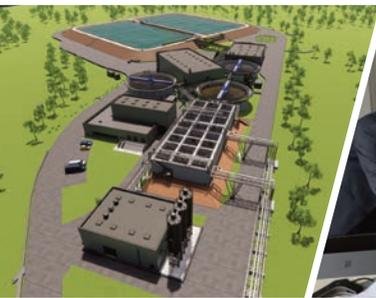
Die RAG arbeitet als Bergbauunternehmen auch weit nach Beendigung der Steinkohlenproduktion an nachhaltigen Lösungen für die Nachbergbauzeit. Zu den Aufgaben der RAG zählen das kontrollierte Ableiten des Grubenwassers aus stillgelegten Bergwerken, das Management von Oberflächenwasser in

Bergsenkungsbereichen sowie das Pumpen, Überwachen und Reinigen von Grundwasser an ehemaligen Kokereistandorten. Oberstes Gebot sind dabei der Schutz des Trinkwassers und der Umwelt - in ehemaligen Bergbauregionen, in denen auch wir gerne leben wollen.

RAG Aktiengesellschaft
Im Welterbe 10
45141 Essen
E-Mail: info@rag.de
Internet: www.rag.de
Besuchen Sie uns auf
Facebook.



UMWELTLEISTUNGEN



IHR PARTNER FÜR GRUBENWASSERAUFBEREITUNG

Machbarkeitsuntersuchung | Prozessentwicklung
Anlagenplanung | Anlagenbau | Hydrometallurgie
3D-Konstruktion | Prozesssimulation | E-Planung

Produkte und Services
der UIT im Überblick:



Wir sind zertifiziert nach:



Umwelt- und Ingenieurtechnik GmbH Dresden
uit-gmbh.de | info@uit-gmbh.de | + 49 351 886 4600

A company of
**GENERAL ATOMICS
EUROPE**



Sponsor kostenlose studentische Teilnahmen und bester studentischer Vortrag



Acchoda Consulting GbR
www.acchoda.eu

Lösungen für Grubenwasser

Consulting

Fachgutachten zum Thema Grubenwasser sowie Beratung, Durchführung und Auswertung von Geländearbeit.

Education

Wir bieten Ihnen maßgeschneiderte Lehrgänge für Sie und Ihre Mitarbeiter an. Außerdem organisieren wir Tagungen zum Thema Grubenwasser.

Research

Sie brauchen Unterstützung bei Ihrem Forschungsprojekt mit Grubenwasserbezug. Bitte sprechen Sie uns an - wir sind gerne für Sie da.



Programmkomitee

Alireza Arab

TU Bergakademie Freiberg

Sven Arnold

CDM Smith

Elke Mugova

Acchoda Consulting

Bastian Reker

THGA - Forschungszentrum Nachbergbau

Andrea Schramm

Wismut GmbH

Christian Wolkersdorfer

Tshwane University of Technology



Organisationsteam

Tagungsleitung

Christian Wolkersdorfer

SARChI Chair for Mine Water Management
Department of Environmental, Water and Earth Sciences,
Tshwane University of Technology,
Private Bag X680, Pretoria, 0001, Südafrika
+49 160 212 7511 | christian@wolkersdorfer.info

Elke Mugova

Technische Universität Bergakademie Freiberg, Lehrstuhl für Hydrogeologie und Hydrochemie, Gustav-Zeuner-Str. 12, 09599 Freiberg/Sachsen
elke.mugova@grubenwasser.org

Tagungsassistenz

Karoline Wolkersdorfer

wolke events
Alte Eppelheimer Str. 82, 69115 Heidelberg
+49 1768 257 2727 | karoline@wolkersdorfer.info



Sponsoren und Partner

RAG AG Essen

UIT GmbH Dresden

CDM Smith Bochum

delta h Ingenieurgesellschaft mbH Witten

Technische Hochschule Georg Agricola Bochum

Acchoda Consulting GbR Seligenporten

RWTH Aachen

TU Bergakademie Freiberg Freiberg

Tshwane University of Technology Pretoria

International Mine Water Association Denver CO



UMWELTLEISTUNGEN

Umwelt- und Ingenieurtechnik GmbH Dresden

**CDM
Smith**



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Acchoda



delta h

**RWTHAACHEN
UNIVERSITY**



TUBAF

Die Ressourcenuniversität.
Seit 1765.



**Tshwane University
of Technology**

We empower people



Lehrgang Grubenwasserchemie

2. September 2024

8:30 Uhr - 16:30 Uhr

Tagungszentrum Gegenbauer, Raum 115

Prof. Dr. habil. *Christian Wolkersdorfer*
Elke Mugova

Inhalt

Einführung

Mastervariablen (pH, Redox)

Pyritverwitterung

Verwitterungskinetik und Rechenbeispiel

Sekundärminerale

Acidität/Alkalinität

Chemische Thermodynamik





Lehrgang Probennahme

4. September 2024

8:30 Uhr - 16:00 Uhr

Tagungszentrum Gegenbauer, Raum 115, und am
Nachmittag Praxisteil vor dem Hotel & Restaurant
FischerS

Prof. Dr. habil. *Christian Wolkersdorfer*
Elke Mugova

Inhalt

Grundlagen

Auswahl geeigneter Methoden und Geräte

Qualitätskontrolle und Protokollierung

Feldmessungen und Datenauswertung

Umweltauswirkungen und Risikoabschätzung

Praktische Übungen



Tagungsprogramm 3. September



Zeit	Raum 110	Zusammenfassungen ab Seite 16
8:15 - 8:25	Christian Wolkersdorfer	Begrüßung
8:25 - 8:50 <i>Sitzungsleitung</i> Ulrich Lange	Steffen HERRMANN, Andrea Schramm, Axel Hiller, Rico Wolff	Automatisiertes Wassermanagement der Grube Pöhla-Tellerhäuser der Wismut GmbH im sächsischen Erzgebirge
8:50 - 9:05	Thomas Meyer, Jens FÜHRBÖTER	Schacht Asse 1 und 3 - Vom Wissen und Nichtwissen um abgesoffene Schächte
9:05 - 9:20	Georg WIEBER, Peter Quensel	Potentiale für die in-Wert-Setzung von Grubenwässern des Steinkohlebergbaus
9:20 - 9:35	Bastian REKER	Re-Mining von Grubenwasserschlämmen: Grubenwasser als Wertstoffstrom?
9:35 - 10:10		Kaffeepause
10:10 - 10:25 <i>Sitzungsleitung</i> Sebastian Westermann	 Katja GÖTZE, Roland Haseneder	Nachhaltige Grubenwasseraufbereitung und Gewinnung strategischer Elemente - ausgewählte Fallbeispiele
10:25 - 10:40	Roland MAYER, Isabel Jordan	Simultane Produktion von Baustoffen und Trinkwasser aus sulfathaltigen Grubenwässern



Tagungsprogramm 3. September

Zeit	Raum 110
10:40 - 10:55	Alireza ARAB, Martin Binder, Oppelt Lukas, Christian Engelmann, Chen Chaofan, Tobias Lotter, Christoph Späker, Frank Schenker, Rebekka Wiedener, Thomas Grab, Traugott Scheytt A new life for underground mines: the Reiche Zeche geo-lab for in-situ simulation of mine thermal energy storage (MineATES)
10:55 - 11:10	🎓 Timm WUNDERLICH, Lukas Oppelt, Tom Ebel, Fritz Raitchel, Willi Krause, Thomas Grab, Tobias Fieback Grubenwassergeothermie als erneuerbare Energiequelle für ein Quartier im sächsischen Aue-Bad Schlema
11:10 - 11:25	🎓 Lennox LUDWIG, Nele Pollmann, Christoph Klinger Geothermische Nutzung von Grubenwasser am Beispiel der Stadt Bochum
11:25 - 12:00	Kaffeepause
12:00 - 12:15	Kevin MANNKE, Stefan Klein, Florian Hahn, René Verhoeven, Jonas Güldenhaupt, Torsten Seidel, Timo König Grubenwärmespeichersysteme in stillgelegten Zechen im Ruhrgebiet
Sitzungsleitung Uwe Boester	
12:15 - 12:30	Torsten SEIDEL, Christoph M. König, Florian Hahn, Stefan Klein, Mathias Nehler Numerische Modellierung der saisonalen Wärmespeicherung in stillgelegten Bergwerken
12:30 - 12:45	Katrin BRÖMME, Torsten Seidel, Christoph König Modellstudie zur Dichteverteilung in den Aquiferen des Münstertaler Kreidebeckens

Tagungsprogramm 3. September



Zeit	Raum 110
12:45 - 13:45	Mittagspause
13:45 - 14:00 Sitzungsleitung Thomas Rüde	Nele POLLMANN, Julia Nicolina Sunten, Christoph Klinger, Christine von Kleinsorgen Modellierung von Grubenwasserhaltungen mit integriertem Pumpmanagement
14:00 - 14:15	Christian ZIMMERMANN, Jörn Geletneky, Christoph König, Katrin Brömme Modellierung der Wechselwirkungen zwischen hochmineralisierten Haldenwässern und aufsteigenden Versenkwässern im Werra-Kaligebiet
14:15 - 14:30	 René ZAHL, Jörg Frauenstein, Traugott Scheytt Grundwasserwiederanstieg in der Lausitz: Ermittlung der natürlichen Grundwasserneubildung in Gebieten mit anthropogen stark überprägtem Wasserhaushalt
14:30 - 14:45	Barbara TEICHERT, Henning Jasnowski-Peters, Harald Strauss, Stefan Schlömer, Lisa Rose, Till Genth, Christian Melchers, Sebastian Westermann Wie wirkt sich die Stilllegung der Steinkohlebergwerke auf die Geochemie der Grubenwässer im Ruhrgebiet und Saarland aus?
14:45 - 15:00	Hans-Jürgen FRIEDRICH Elektrochemische Prozessrouten für die Wasserstofferzeugung, für eine weitgehende Nutzung gelöster Inhaltsstoffe von Grubenwässern und für die technische Verwertung von CO ₂ - Fallbeispiele
15:00 - 15:35	Kaffeepause



Tagungsprogramm 3. September

Zeit	Raum 110
15:35 - 15:50 <i>Sitzungsleitung</i> Mandy Schipek	Christian WOLKERSDORFER Passive Grubenwasserreinigung in einem stillgelegten Kohlebergwerk in Nova Scotia/ Kanada - das Neville Street System
15:50 - 16:05	 Sebastian SCHRAMM, Ferry Schiperski, Mathias Hübschmann, Traugott Scheytt Ableitung des Uran-Hintergrundes im Grundwasser aus Batch-Schüttelversuchen für die Uranerzgrube Königstein (Sachsen)
16:05 - 16:20	Markus BRÜNING, Sandro John, Andreas Kern, Anke Schindler Geophysikalische Erkundung von möglichen Fließwegen aus einer Sandgrube in komplexer hydrogeologischer Umgebung
16:20 - 16:35	Thorsten GÖKPINAR Tauchfahrten in geflutete Bergwerkschächte 3.1
16:35 - 16:40	Elke Mugova Verabschiedung
16:40 - 17:00	Abschlussimbiss
18:00 - 21:00	Restaurant Mama Afrika Selbstzahler



Posterbeiträge

Foyer

Nadine KLEDITZ, Ulf Jenk

Entwicklung unterstützender Maßnahmen zur in-situ Sanierung der ehemaligen Uranerzgrube Königstein durch mikrobiell katalysierte Sulfatreduktion - vom Labormaßstab zum großtechnischen Einsatz

Elke MUGOVA, Christian Wolkersdorfer

Wie kommuniziere ich das Thema Grubenwasser? Wissenschaftskommunikation im Bergbau

Abstimmung studentische Beiträge



QR Code zur Abstimmung über studentische Beiträge.





Zusammenfassungen

Automatisiertes Wassermanagement der Grube Pöhla-Tellerhäuser der Wismut GmbH im sächsischen Erzgebirge

Steffen HERRMANN, Andrea Schramm, Axel Hiller, Rico Wolff

Die Grube Pöhla-Tellerhäuser gehört zu den kleinen Uranlagerstätten, die von der ehemaligen SDAG Wismut im Zeitraum von 1983 bis 1991 partiell abgebaut wurde. Die geologische Erkundung und schrittweise Erschließung dieser polymetallischen Lagerstätte erfolgten bereits im Zeitraum 1965 bis 1982. Neben der Komplexlagerstätte Tellerhäuser wurde gleichzeitig die in der Nähe liegende Komplexlagerstätte Hämmerlein erkundet und bergmännisch über einen Hauptstollen aufgeschlossen. Beide Gruben sind hydraulisch miteinander verbunden. Aus regionalgeologischer Sicht befindet sich das betreffende Erzfeld im westerzgebirgischen Block des Fichtelgebirgs-Erzgebirgs-Antiklinoriums.

Unmittelbar nach Einstellung des Uranbergbaus wurde das Bergwerk durch natürlich zulaufende Grundwässer (Infiltrationswässer) geflutet. Bereits Ende 1995 kam der Flutungsprozess zum Abschluss. Das Volumen des gefluteten Hohlraums beträgt ca. 0,93 Mio. m³. Die kontrollierte Flutung ist im Rahmen eines begleitenden unter- und übertägigen Monitorings intensiv überwacht worden. Dabei kristallisierten sich die Parameter Arsen, Eisen und Radium-226 sowie anfangs auch Uran und Mangan als behandlungsbedürftige Elemente heraus.

Im Zeitraum Ende 1995 bis Anfang 2014 wurde das Flutungswasser mit unterschiedlichen Verfahren entweder konventionell oder passiv-biologisch behandelt. Das weniger kontaminierte Infiltrationswasser hingegen ist von Anfang an ohne Wasserbehandlung direkt in den nächstgelegenen Vorfluter eingeleitet worden.

Die Ergebnisse des begleitenden Flutungsmonitorings zeigten, dass am Standort Pöhla langfristig die Notwendigkeit einer Wasserbehandlung für Flutungswässer bestehen bleiben wird. Demzufolge rückten die Aspekte „Kostenoptimierung“ und „stabiler Anlagenbetrieb“ bei der Wismut GmbH zunehmend in den Fokus. Daraufhin wurde die Automatisierung des Wassermanagements ab 2009 geplant und ab 2014 schließlich durchgeführt. Dies erfolgte in zwei Etappen: beginnend mit der Fernüberwachung und Automatisierung der Flutungswasserableitung einschließlich Behandlung sowie ab 2021 mit der Automatisierung des Infiltrationswassermanagements.

Zusammenfassungen



Die Maßnahmen der Automatisierung des Wassermanagements haben sich in jeglicher Hinsicht bewährt. Eine Übertragung dieser technischen Lösungen auf andere, vergleichbare Bergwerke ist durchaus denkbar.

Schacht Asse 1 und 3 - Vom Wissen und Nichtwissen um abgesoffene Schächte

Thomas Meyer, Jens FÜHRBÖTER

Nach Abteufen und Auswertung von drei Tiefbohrungen im Raum Wittmar auf dem Asse-Höhenzug wurde ab 1899 Schacht Asse 1 innerhalb von 2 Jahren bis 375 m abgeteuft. Das Kaliflöz in steiler Lagerung wurde über drei Sohlen durch ein Grubengebäude mit ca. 350.000 m³ Hohlraumvolumen erschlossen. Im Jahr 1905 kam es im Bereich einer Firstbohrung im Ostfeld zu einem Lösungszufluß, der bis Sommer 1906 soweit eskalierte, dass das gesamte Grubengebäude und der Schacht Asse 1 absoffen.

Der Schacht ist bis zu einer Teufe von 140 m mit Kamera befahrbar. Unmittelbar nach dem Absaufen von Schacht Asse 1 wurde die Entscheidung zum Abteufen von Schacht Asse 2 begonnen, dem sich zur Kali- und Steinsalzförderung ein Grubengebäude von ca. 3,5 Mio m³ anschloss, das ab 1964 zur Einlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen sowie zur Endlagerforschung erweitert und genutzt wurde.

1911 begann man östlich von Schacht Asse 2, nachdem die Bergbehörde einen Rettungsschacht für Schachanlage Asse II forderte, mit dem Abteufen eines dritten Kalischachtes im Bereich von Klein Vahlberg. Er wurde bis 730 m abgeteuft. Im Jahr 1922 ereigneten sich auf der 725-m-Sohle in ca. 160 m Entfernung vom Schacht erste Lösungszuflüsse, denen man mit Setzen eines gestaffelten Betonbauwerkes begegnen wollte. Nachdem dies nicht zum Erfolg führte, wurde innerhalb des Schachtes von der Sohle bis 680 m Teufe ein Betonpfropfen eingebaut. Von einem weiteren Ausbau von Schacht Asse 3 wurde abgesehen und der Schacht 1924 stillgelegt. Der Schacht ist bis ca. 600 m Teufe kamerabefahrbar. SAL-TEMP-Logs und Beprobungen zeigen eine mehrfach abgestufte Dichteschichtung.

Aufgrund der unmittelbaren Nachbarschaft zur Schachanlage Asse II kommt der Verwahrung der beiden Schächte Asse 1 und 3 eine besondere Bedeutung zu,



Zusammenfassungen

welche das Projekt gegenüber anderen Altbergbauprojekten besonders macht. Zurzeit werden Monitoringmaßnahmen geplant, um das finale Verwahrungskonzept erstellen zu können.

Potentiale für die in-Wert-Setzung von Grubenwässern des Steinkohlebergbaus

Georg WIEBER, Peter Quensel

Die letzten von der Ruhrkohle AG betriebenen Steinkohlebergwerke wurden 2021 stillgelegt. Während der Betriebsphase musste der Grundwasserspiegel bis unter Abbauniveau abgesenkt werden. Bei den bedeutenden Lagerstätten ging der Abbau bis in Teufen von über 1.000 m um. Dabei wurden mehrere Grundwasserleiter angetroffen, durchteuft und hydraulisch verbunden.

Die formationsspezifisch anfallenden Grund- und Sickerwässer unterscheiden sich z.T. deutlich in ihren physiko-chemischen Eigenschaften. Insbesondere die Grundwässer aus den tiefen Aquiferen weisen gegenüber den Hintergrundwerten der oberflächennahen Grundwässer erhöhte Konzentrationen an kritischen Elementen wie Lithium, Kobalt und an Seltenen Erden auf, außerdem besitzen sie auch ein erhöhtes geothermisches Potential.

Re-Mining von Grubenwasserschlämmen: Grubenwasser als Wertstoffstrom?

Bastian REKER

Steigende Rohstoffpreise infolge knapper werdender Ressourcen bei stetig wachsender Nachfrage und die Rohstoffabhängigkeit gegenüber Drittstaaten haben bereits im Jahr 2011 dazu geführt, dass die Europäische Kommission eine Liste von kritischen Rohstoffen herausgab. Mittlerweile ist diese Liste auf zuletzt 34 Rohstoffe angewachsen.

Vor diesem Hintergrund wurde im Forschungsprojekt IAW33 der THGA, das von der RAG-Stiftung gefördert wird, ein Screening der Grubenwässer an Ruhr, Saar und in Ibbenbüren durchgeführt, um eine erste Einschätzung des Potentials der Grubenwässer für eine Rohstoffgewinnung geben zu können. Hierfür wurden den Mineralisationen der Grubenwässer angepasste Fällungsreaktoren konstruiert und gebaut, die an den Ruhrstandorten Friedlicher Nachbar, Robert Müser, Heinrich und Walsum sowie in Ibbenbüren und im Saarland am Standort Duhamel ein-

gesetzt wurden. Neben den Grubenwässern selbst wurden auch zwei Absetzbecken beprobt und wie die Fällungsprodukte am Deutschen Bergbau Museum in Bochum mittels ICP-MS auf sämtliche kritische sowie ökonomisch wertvolle Elemente analysiert.

Die Ergebnisse an den Ruhr-Standorten zeigen insbesondere bei den Erdalkalimetallen wie beispielsweise Strontium und Barium erhöhte Konzentrationen. Demgegenüber zeigen die Ergebnisse in Ibbenbüren hohe Konzentrationen an diversen Übergangsmetallen, wie beispielsweise Aluminium, Mangan, Titan, Cobalt und Nickel sowie erhöhte Konzentrationen an Seltenen Erden. Eine Aufarbeitung im Sinne des Re-Mining kann dort zu einer Reduzierung der ewigkeitskosten ebenso wie zu einer Reduzierung der zu deponierenden Schlammrückstände und somit zu einer Verringerung des dafür nötigen Flächenverbrauchs führen. Weitere Versuche sollen eine gezielte Anreicherung bestimmter Zielelemente ermöglichen.

Nachhaltige Grubenwasseraufbereitung und Gewinnung strategischer Elemente - ausgewählte Fallbeispiele

Katja GÖTZE, Roland Haseneder

Gruben- und Sickerwässer, die im Zusammenhang mit (Alt)Bergbaustandorten stehen, enthalten potentiell umweltgefährdende, aber auch wirtschaftlich und technologisch wertvolle Inhaltsstoffe. Innovative und umweltfreundliche Behandlungsmethoden wie die Membrantechnik, können einen Beitrag zur Aufbereitung und zur Ressourcenerschließung leisten. Die folgenden ausgewählten Forschungsprojekte des Instituts für Thermische Verfahrenstechnik, Umwelt- und Naturstoffverfahrenstechnik (ITUN) haben sich dieser Aufgabe erfolgreich angenommen.

Wassersanierung an Altstandorten des Uranbergbaus. Auch 35 Jahre nach der Stilllegung des Uranabbaus via in-situ Laugung, bedarf es der kontinuierlichen Behandlung der sauren und belasteten Gruben- und Drainagewässer. Die selektive Abtrennung von Uran aus hydrogencarbonathaltigen Wässern mit Hilfe eines entwickelten mehrstufigen Membrantrennprozesses hat sich als vorteilhaft erwiesen, die gegenwärtige Wasserbehandlung effektiv zu unterstützen und bisherigen internen Prozessproblemen entgegenzutreten.



Zusammenfassungen

Multifunktionelle Membrananlage für die kontinuierliche AMD-Behandlung. Die sauren Grubenwässer der Kupfermine Los Pelambres (Chile) enthalten sowohl eine hohe SO_4^{2-} -Fracht als auch strategische Elemente. Für die Aufbereitung der hochfrequentierte Ressource Wasser wurde ein mehrstufiger membranbasierter Prozess auf Grundlage tiefergehender Laborstudien entwickelt. Die resultierende mobile on-site Containeranlage dient sowohl der kontinuierlichen Aufreinigung der Wässer als auch der selektiven Metallionenabtrennung.

Von Bergbauschlämmen zum Geopolymer. Sich ablagernder Schlamm in (ehemaligen) Grubenwasseranlagen ist ein ernstzunehmendes Umweltproblem und wird normalerweise ausschließlich als gefährlicher Abfall behandelt, obwohl der Schlamm wirtschaftlich relevante Elemente enthält. Im Rahmen des Projektes wird ein Feldversuchslabor im Pilotmaßstab aufgebaut, dass ein mehrstufiges Membransystem mit einer Kammerfilterpresse und einer Fällungsstrecke zur kontinuierlichen Wasser- und Schlammbehandlung kombiniert. Während das gereinigte Grubenwasser bedenkenlos wieder dem Vorfluter zugeführt werden kann, dienen die behandelten Schlämme als Grundstock für die Herstellung von Geopolymeren.

Die Autoren bedanken sich für die finanzielle Unterstützung bei der Wismut GmbH, der Siemens AG und dem BMBF.

Simultane Produktion von Baustoffen und Trinkwasser aus sulfathaltigen Grubenwässern

Roland MAYER, Isabel Jordan

Zu den Spätfolgen des Braunkohletagebaus in Deutschland gehört die großflächige Eisen- und Sulfatbelastung von Grund- und Oberflächenwässern. Im Fall der Lausitz ist davon nicht nur die Region selbst betroffen, sondern alle das Spreewasser nutzenden Wasserwerke, also auch Frankfurt/Oder und Berlin. Ähnlich sieht es im Raum Leipzig und künftig auch in der Niederrheinischen Bucht aus. Gleichzeitig fehlt zukünftig der Bauindustrie der Rohstoff Gips, der bisher in den Rauchgasentschwefelungsanlagen der Braunkohlekraftwerke erzeugt wird.

Die Partner im Verbundprojekt SULFAMOS hatten sich daher zum Ziel gesetzt, ein Verfahren auf Basis der kontinuierlichen Vorwärtsosmose zu entwickeln und

Zusammenfassungen



zu demonstrieren, welches erlauben soll, simultan Sulfat aus Abwässern, Oberflächen- und Grundwässern abzureichern und Gips zu erzeugen. Das nunmehr im April 2024 abgeschlossene Projekt wurde zur Grubenwassertagung **kassel22** bereits einmal vorgestellt.

Indem die Gipsfällung in Laborversuchen unter verschiedenen Bedingungen sowohl mit synthetischen als auch mit realen Grubenwässern erfolgreich demonstriert werden konnte, gelang es den Verbundpartnern, das in Form von Gips ausgefällte Sulfat durch Kombination der Prozessstufen Vorwärtsosmose und Fällung als Rohstoff nutzbar zu machen. Im weiteren Projektverlauf kam eine zweistufige Containeranlage für drei Monate Pilotversuch zum Einsatz. Dabei war dem Vorwärtsosmose-Modul ein Fällungsmodul nachgeschaltet.

Obwohl die Gipskonzentration im VO-Konzentrat weit oberhalb der Löslichkeit von Calciumsulfat lag, konnte im laufenden Betrieb keine Verblockung der Membran beobachtet werden. Um Ablagerungen auf der Membran vorzubeugen, reichte einfaches Rückspülen mit Leitungswasser aus. Irreversible Membranschädigungen konnten nicht beobachtet werden.

Der im Ergebnis der Vorwärtsosmose entstandene Konzentrat-Teilstrom wurde der sich anschließenden Fällungsstufe zugeführt und Sulfat als Gips ausgefällt. Die Eigenschaften des ausgefällten Gipses wurden im Rahmen des Projektes untersucht, und es konnte nachgewiesen werden, dass dieser Gips als Rohstoff in der Baustoffindustrie verwertet und als nachhaltiger Ersatz für den bisher in der Rauchgaswäsche von Braunkohlenkraftwerken anfallenden REA-Gips genutzt werden kann.

A new life for underground mines: the Reiche Zeche geo-lab for in-situ simulation of mine thermal energy storage (MineATES)

Alireza ARAB, Martin Binder, Oppelt Lukas, Christian Engelmann, Chen Chaofan, Tobias Lotter, Christoph Späker, Frank Schenker, Rebekka Wiedener, Grab Thomas, Traugott Scheytt

Thermal Energy Storage (TES) offers a promising method for temporarily storing surplus heat and cold, with traditional systems using natural aquifers. A novel approach, "Mine Thermal Energy Storage" (MTES), utilizes cavities in [partially]



Zusammenfassungen

flooded underground mines. While both Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) and MTES are promising, they face challenges such as clogging, scaling, corrosion, and energy loss. These issues affect the geological matrix and the integrity of infrastructure components like pipes and heat exchangers.

The "MineATES" project, funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF), investigates MTES feasibility and limitations. A geo-lab has been established in the former silver mine "Reiche Zeche" (Himmelfahrt Fundgrube) at TU Bergakademie Freiberg in Saxony. The lab features a reservoir with a capacity of approximately 21 m³, located at the first level of the mine, slowly permeated by acidic water with a pH of 2 to 3. The surrounding Freiberg gneiss hosts a comprehensive thermal monitoring system, comprising over 90 temperature sensors across 18 boreholes embedded up to two meters deep, continuously detecting heat transport in and out of the rock during TES cycles.

Initial experiments observed an average background temperature of around 12 °C. Sensors effectively captured heat movement during two consecutive heating cycles, enabling the study of heat losses and efficiency during heat/cold injections and extractions, simulating real-world TES conditions. Additionally, hydrochemical monitoring was set up to observe changes in the reservoir's chemistry.

Parallel lab-scale experiments, including column flow and batch reactor tests, simulate TES cycles, heating columns up to 60 °C and cooling to 10 °C. Batch experiments revealed that 90% of dissolved iron precipitated during the cycles, corroborating field observations. The primary goal of these experiments is to understand the nature and extent of potential chemical changes during TES operations.

Grubenwassergeothermie als erneuerbare Energiequelle für ein Quartier im sächsischen Aue-Bad Schlema

Timm WUNDERLICH, Lukas Oppelt, Tom Ebel, Fritz Raithe, Willi Krause, Thomas Grab, Tobias Fieback

Um die Ziele des Pariser Klimaabkommens zu erreichen, ist der Umstieg auf erneuerbare Energien im Wärmesektor unerlässlich. Sowohl in

Zusammenfassungen



Deutschland als auch weltweit gibt es große Potenziale für eine treibhausgasneutrale Energieversorgung im Wärme- und Kältebereich. Aufgrund der ganzjährig nahezu konstanten Temperaturen können stillgelegte Bergwerke eine wichtige Rolle für die regenerative Energieversorgung einnehmen. Das Grubenwasser eignet sich insbesondere aufgrund der großen anstehenden Gesteinsflächen, die für die Wärmeübertragung an das Wasser relevant sind, insbesondere zum Heizen, Kühlen und Speichern thermischer Energie.

Deutschlandweit wurden in den letzten Jahrzehnten bereits rund ein Dutzend Anlagen zur Nutzung von Grubenwassergeothermie erbaut und in Betrieb genommen. Aufbauend auf Erkenntnissen aus Überblick und Auswertung der bestehenden, stillgelegten und geplanten Anlagen und Standorte, wird eine Quartiersbetrachtung im sächsischen Aue-Bad Schlema vorgestellt. In dieser Analyse werden die Grundvoraussetzungen und der Ablauf der Analyse für ein grubenwasserversorgtes Quartier mit Wärme beschrieben. Besonderer Fokus liegt auf der Bewertung des untertägigen Potenzials und der Potenzialbestimmung in Kombination mit den obertägigen Wärmesenken.

Zur Erschließung des thermischen Potenzials der Bergbaufolgelandschaft sind verschiedene Standorte und Netzvarianten denkbar. Es stehen diverse Grubenwasserpotenziale mit Volumenströmen von bis zu 900 m³/h und Quelltemperaturen zwischen 10 und 20 °C zur Verfügung, deren jeweilige Bergung unterschiedlicher Konzepte und Nutzungsvarianten bedarf. Es werden verschiedene Konzepte zur zukünftigen Nutzung des Grubenwasserpotenzials und der jeweiligen technischen Einbindung vorgestellt. Dahingehend werden die technischen Hintergründe erläutert, die eine entscheidende Rolle für die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage einnehmen und damit den Verbraucherwärmepreis maßgeblich beeinflussen, insbesondere wenn es um die Eingrenzung eines Wärmepreises für die Abnehmer geht. Am Beispielquartier in Aue-Bad Schlema werden abschließend konkrete mögliche Anlagenstandorte und deren technischen Anforderungen, Ausführungen und Rahmenbedingungen dargestellt und bewertet.



Zusammenfassungen

Geothermische Nutzung von Grubenwasser am Beispiel der Stadt Bochum

Lennox LUDWIG, Nele Pollmann, Christoph Klinger

Im Rahmen der Wärmewende ist die "Bundesförderung für effiziente Wärmenetze" (BEW) auf eine treibhausgasneutrale Wärmenetzlandschaft bis 2045 ausgerichtet. Das BEW unterstützt in diesem Zusammenhang die zunehmende Einbindung erneuerbarer Energien und Abwärme in Wärme- und Kältenetzen. Im Zuge dessen wurde die DMT GmbH & Co. KG von der Stadtwerke Bochum Holding damit beauftragt, eine Potenzialermittlung der geothermischen Nutzbarkeit von Grubenwasser aus stillgelegten Steinkohlezechen im Bochumer Stadtgebiet durchzuführen. Hierfür wurden der Status Quo des Grubenwassers im Stadtgebiet Bochum ermittelt und 342 ehemalige Bergbauschächte untersucht. Eine Überprüfung der geothermischen Nutzbarkeit des Grubenwassers an ehemaligen Steinkohlezechen in diesem Umfang wurde bisher nicht für das Stadtgebiet Bochum durchgeführt. Die Untersuchung hat die Schächte Lothringen 2 und 6, Carolinenglück 3, Holland 4 und 6, die Wasserhaltungen Friedlicher Nachbar und Robert Müser, sowie die ehemalige Wasserhaltung Carolinenglück als potenziell geeignete Standorte für die geothermische Nutzung des Grubenwassers identifiziert.

Diese Standorte bieten ein erhebliches Potenzial für die Nutzung der im Grubenwasser gespeicherten geothermischen Energie. Zur Umsetzung dieses Potenzials wurden spezifische Erschließungskonzepte entwickelt, die sowohl untertägige als auch obertägige Maßnahmen zur Nutzung der vorhandenen Bergbauinfrastruktur beinhalten. Zudem wurden Kostenschätzungen und Wirtschaftlichkeitsanalysen, basierend auf dem Levelized Cost of Heat (LCOH), durchgeführt, um die Rentabilität der Standorte zu bewerten. Die Unterscheidung zwischen offenen und geschlossenen geothermischen Systemen ist dabei von zentraler Bedeutung, da sie unterschiedliche technische Herangehensweisen erfordern. Geschlossene Systeme nutzen untertägige Rohrwärmetauscher oder Erdwärmesonden, um Wärme aus Grubenwasser zu extrahieren, ohne direkten Kontakt zum Wasser. Offene Systeme hingegen sind direkt mit dem Grubenwasser verbunden.

Zusammenfassungen



Grubenwärmespeichersysteme in stillgelegten Zechen im Ruhrgebiet

Kevin MANNKE, Stefan Klein, Florian Hahn, René Verhoeven, Jonas Güldenhaupt, Torsten Seidel, Timo König

Die EU strebt bis 2050 eine Wirtschaft ohne Treibhausgasemissionen (THG) an, die bis 2030 um 55 % unter dem Niveau von 1990 liegen soll. Gegenwärtig entfallen über 50 % des Endenergiebedarfs in Europa auf Heizung und Kühlung, die hauptsächlich aus fossilen Brennstoffen gewonnen werden. Eine Herausforderung für die Dekarbonisierung von Wärmesystemen ist das Ausmaß des saisonalen Missverhältnisses zwischen Angebot und Nachfrage nach Wärme und Wärmeerzeugung aus nachhaltigen Quellen. Das Potenzial volatiler erneuerbarer Wärmeenergiequellen kann nur durch ein flexibles Management der Wärmeversorgungsnetze voll ausgeschöpft werden. Grubenwärmespeichersysteme (MTES) könnten eine solche replizierbare und intelligente Lösung bieten, um die saisonalen Schwankungen und Spitzen des Wärme- und Kältebedarfs auszugleichen.

Bislang wurde im Rahmen des HEATSTORE-Projekts nur eine Hochtemperatur-MTES-Pilotanlage (Bochum, Deutschland) errichtet, in der die Möglichkeit der thermischen Energiespeicherung in einem stillgelegten Bergwerk getestet wurde.

Die stillgelegte Zeche Mansfeld in ca. 120 m Tiefe befindet sich direkt unter dem Kraftwerksgelände und soll als Speicher für die Wärme genutzt werden. Die Bochumer MTES-Demoanlage im Rahmen des PUSH-IT-Projekts wird in Zusammenarbeit mit der RUB auf dem Gelände ihres Technikums errichtet. Um die überschüssige Wärme im Winter zu nutzen, wird die stillgelegte Zeche Mansfeld über vier Bohrungen (Q3/2024) in die ehemalige Zeche als MTES erschlossen. Abhängig von den Ergebnissen des geplanten Wärmeeinspeisungstests werden die Bohrungen entweder als Produktions-/Injektions- oder als Monitoringbohrungen dienen.

Die geplante MTES-Anlage im Technikum der RUB könnte den Anteil der erneuerbaren Energien erhöhen (z.B. Einbindung der Abwärme eines Rechenzentrums) und dazu beitragen, die Spitzenlasten im Fernwärmenetz zu senken.



Zusammenfassungen

Numerische Modellierung der saisonalen Wärmespeicherung in stillgelegten Bergwerken

Torsten SEIDEL, Christoph M. König, Florian Hahn, Stefan Klein, Mathias Nehler

Das WINZER-Projekt erforscht die Möglichkeiten und Herausforderungen im Zusammenhang mit der saisonalen Wärmespeicherung in gefluteten unterirdischen Kohlebergwerken. Es beinhaltet eine Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern und Fachleuten aus der Industrie, die sich auf den sicheren und effizienten Betrieb von Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) in stillgelegten Kohlebergwerken konzentrieren.

Seit 2022 arbeitet das Projektteam daran, die ehemalige Kleinzeche unter dem Campus des Fraunhofer IEG als Wärmespeicher zu nutzen. Man entnimmt dem Bergwerk Grubenwasser, erwärmt es über Wärmetauscher mit Abwärme oder Sonnenenergie und pumpt es in die alten, ungenutzten Grubenbaue zurück. Dort erwärmt es das umgebende Gestein, das die Wärme lange speichern kann. Wird die Wärme im Winter zum Heizen benötigt, holt man das warme Grubenwasser wieder heraus und entzieht ihm die Wärme erneut über den Wärmetauscher. Kleinere Bergwerke, wie das auf dem Gelände des Fraunhofer IEG, bieten sich für solche Speicherkonzepte an, da die Kohle hier nur in geringen Tiefen bis 80 m abgebaut wurde. Das Bergwerk hat zudem den Vorteil, dass es ein geschlossenes Volumen hat und das erwärmte Wasser die Hohlräume des Bergwerks nicht verlässt. Das Projekt untersucht auch die Anwendung und Übertragbarkeit auf tiefere Bergwerke und eine ehemalige Untertagefabrik. Die tiefen Großzechen werden durch die zentrale Grubenwasserhaltung der RAG Aktiengesellschaft (ehemals Ruhrkohle AG) beeinflusst und unterliegen damit einem ständigen Gruben- und Grundwasserstrom. Sie stellen somit ein offenes System dar.

Dieser Beitrag fokussiert sich auf die Entwicklung thermohydraulischer Modelle zur Simulation und Bewertung zukünftiger Standorte, um die Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit von Grubenwärmespeichern zu erhöhen. Dazu werden drei Standorte mit unterschiedlichen Eigenschaften betrachtet und die Herausforderungen an die Modellierung dargestellt. Als Softwarecode für die numerische Modellierung wurde das 3D-Grundwasserströmungs- und Transportmodell SPRING (König et al. 2024) ausgewählt.

Zusammenfassungen



Darauf aufbauend können mittels numerischer Simulationen realistische Nutzungsszenarien, angepasst an den Wärme- und Kältebedarf, betrachtet werden.

Modellstudie zur Dichteverteilung in den Aquiferen des Münsteraner Kreidebeckens

Katrin BRÖMME, Torsten Seidel, Christoph König

Die Verteilung der Dichte im Grundwasser spielt bei der Flutung ehemaliger Steinkohlebergwerke im Ruhrgebiet eine große Rolle. Numerische Grundwasserströmungsmodelle und entsprechende Prognoserechnungen sind dabei ein wichtiges Instrument für die Beurteilung geplanter Maßnahmen und zukünftiger Zustände (Kessler et al. 2020). Im Rahmen einer Modellstudie wurden berechnete und gemessene Dichten verglichen. Als Softwarecode für die numerische Modellierung dient das Grundwasserströmungs- und -transportmodell SPRING (König et al. 2024).

Das hier vorgestellte 2D-Vertikalmodell bildet einen Nord-Süd-Schnitt durch das Münsteraner Kreidebecken ab. Enthalten sind die Schichten Quartär, Tertiär, Kreide, Unterkreide, Buntsandstein, Zechstein und Karbon mit weiteren Unterteilungen bis ca. -3.100 m NHN. Das Modell wurde anhand von gemessenen Wasserständen und Fördermengen sowie unter Berücksichtigung von Überläufen zwischen Bergwerken kalibriert. Dabei wurden sowohl die hydraulischen Durchlässigkeiten als auch die Parameter der Leakagerandbedingung für die Abbildung der Interaktion zwischen Stollensystem und Gebirge kalibriert.

In einem zweiten Schritt wurde das Modell für dichteabhängige Berechnungen erweitert, um den Einfluss der Dichteschichtung auf das Flutungsgeschehen zu untersuchen. Das Modell zeigt, wie sich durch die Grubenwasserhaltung des Bergbaus die Dichteverteilung in der Tiefe verändert hat.

Der Parameter Diffusionskoeffizient wurde variiert, um seinen Einfluss auf die tiefenabhängige Dichteverteilung zu untersuchen. Zum Vergleich dienten tiefenabhängig gemessene Dichten von Wedewardt (1995), die im Modell gut nachgebildet werden.



Zusammenfassungen

Modellierung von Grubenwasserhaltungen mit integriertem Pumpmanagement

Nele POLLMANN, Julia Nicolina Sunten, Christoph Klinger, Christine von Kleinsorgen

Aktuell steigen in großen Teilen des Ruhr Reviers die Grubenwasserspiegel auf ein optimiertes Niveau an, unter anderem mit dem Ziel einer Reduktion der Wasserhaltungsstandorte. Damit einher geht die Möglichkeit, die Standorte auf moderne Brunnenwasserhaltung umzustellen. Diese Entwicklungen stellen auch neue Anforderungen an die numerische Modellierung. Daher wurde eine Methode entwickelt, um das für Brunnenwasserhaltung typische Pumpmanagement auch mit den numerischen Modellierungen mit dem etablierten Boxmodell abbilden zu können.

Brunnenwasserhaltungen sind gekennzeichnet durch wenige Pumpen mit jeweils vergleichsweise hohen Förderleistungen. Dies führt dazu, dass je nach Wasserandrang und dem als Speicher verfügbaren Hohlraumvolumen die Wasserspiegel in Abhängigkeit von der Anzahl der aktiven Pumpen steigen und fallen. Stationäre Wasserstände, wie sie von untertägigen Wasserhaltungen gehalten werden, wird es Zukunft kaum noch geben. Für die Planungen von Pumpniveaus, Pumpenauslegung und zu beantragendem Pumpenspiel benötigt die RAG Voraussagen zu dem zu erwartenden Anstiegs- und Absenkenverhalten unter realitätsnahen Betriebsbedingungen.

Bisher wurden im Boxmodell nur wenige Pumpszenarien berücksichtigt. Dabei wurde unterschieden zwischen Pumpen, die den Wasserstand auf einem bestimmten Niveau halten sowie Pumpen mit einer vorgegebenen konstanten Pumprate. Für die Abbildung einer Brunnenwasserhaltung ist es jedoch erforderlich, zwischen verschiedenen Pumpratzen kurzfristig wechseln zu können sowie obere und untere Wasserstandslimitierungen einzuhalten.

Neben diesen bergwerksinternen Faktoren beeinflussen auch externe Rahmenbedingungen ein künftiges Pumpmanagement. Wichtigster Parameter bei der Planung sind die sich in den Vorflutern einstellenden Mischwasserkonzentrationen im Abfluss. Hierfür müssen die Vorbelastung des Grubenwassers sowie die Einleitmengen möglichst genau prognostiziert werden. Viele Grubenentwässerungssysteme weisen zudem saisonal schwankende Zuflussmengen auf, die einen klimatischen Zusammenhang zeigen (wie in vorangegangenen Entwick-

Zusammenfassungen



lungen bereits untersucht wurde). Diese saisonalen Mengen weisen, allerdings zeitlich verschoben zum Grubenwasseranfall, auch die Vorfluter auf, was das Risiko einer Überschreitung von Grenzwerten in den Vorflutern gerade in den Sommermonaten erhöht. Durch die Integration an diese Rahmenbedingungen angepasster Pumptypen im Boxmodell können fundierte Prognosen für Einleitmengen erfolgen, die auch saisonales, zyklisches Pumpen ermöglichen.

Modellierung der Wechselwirkungen zwischen hochmineralisierten Haldenwässern und aufsteigenden Versenkwässern im Werra-Kaligebiet

Christian ZIMMERMANN, Jörn Geletneky, Christoph König, Katrin Brömme

Im Auftrag des Thüringer Landesamtes für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN) wurde 2019 unter Verwendung des Softwarecodes SPRING (König et al. 2024) ein instationäres, dichteabhängiges, dreidimensionales numerisches Grundwasserströmungs- und Transportmodell für das Werra-Kaligebiet erstellt. Das Modell hat die hydraulischen und hydrochemischen (Versalzung) Auswirkungen der Salzabwasserversenkung auf das Grundwassersystem im Thüringer Teil des Werra-Kaligebiets nachgebildet und wird für Prognoserechnungen eingesetzt.

Die im Modellgebiet liegenden Salzhalden wurden bisher in Detailmodellen abgebildet, die sowohl die zeitlich veränderlichen Haldengeometrien als auch die Fließwege im Haldenumfeld kleinräumig abbilden. Die Modellrandbedingungen wurden dem regionalen Stofftransport- und Strömungsmodell Werra entnommen. Die Ergebnisse der Detailbetrachtungen wurden anschließend wieder in das Großraummodell integriert.

Die Stoffausbreitungsberechnung von 1925 bis Ende 2020 erzielte mit der beschriebenen Modellkopplung eine sehr gute Übereinstimmung von gerechneten und gemessenen Werten. In Prognoseszenarien sollte die weitere Entwicklung der Salzausbreitung im Werra-Kaligebiet untersucht werden. Dabei ist es wichtig, dass die Wechselwirkungen zwischen hochmineralisierten Haldenwässern und aufsteigenden Versenkwässern im Untergrund vollständig abgebildet werden. Aus diesem Grund wurde das Modell der Halde Hattorf vollständig in das Großraummodell Werra integriert. Damit ist es jetzt erstmals möglich, eine po-



Zusammenfassungen

tenzielle gegenseitige Beeinflussung der Halden- und der Versenkwässer zu untersuchen bzw. darzustellen.

Aufgrund der Skalenunterschiede stellt die Integration des Detailmodells große Herausforderungen an die Ort- und Zeitdiskretisierung. Bei der Diskretisierung wurde bewusst auf eine gute Kondition der Koeffizientenmatrix des numerischen Gleichungssystems hingearbeitet. Geologisch auslaufende Schichten wurden numerisch nicht mitgeführt. Das resultierende Gesamtmodell Werra hat ca. 1,2 Mio. Modellknoten mit 60 vertikalen Schichten. Es wird über einen Zeitraum von 95 Jahren mit 72.000 Zeitschritten gerechnet.

Zur detaillierten Abbildung des oberflächennahen Grundwasserleiters und der freien Oberfläche wurden Hangquellen und das Strömen in der ungesättigten Zone (Richardsgleichung) berücksichtigt. Mithilfe der Methode RUBINFLUX wurden flächendifferenziert die instationäre Neubildungsraten berechnet. Auf diese Weise wurde das Großraummodell zusätzlich für Fragestellungen zu den Grundwasserleitern Quartär und Buntsandstein qualifiziert.

Grundwasserwiederanstieg in der Lausitz: Ermittlung der natürlichen Grundwasserneubildung in Gebieten mit anthropogen stark überprägtem Wasserhaushalt *René ZAHL, Jörg Frauenstein, Traugott Scheytt*

Die Lausitz hat nach mehr als hundertjähriger Bergbautätigkeit gegenwärtig ein Wasserdefizit von etwa 6 Mrd. m³, das sich auf die im entstehen befindlichen Bergbaufolgeseen und den Grundwasserporenraum aufteilt. Mit dem kommenden Braunkohleausstieg werden allmählich die Sumpfungswasserpumpen abgestellt, so dass sich etwa ab 2070 ein natürlicher Wasserhaushalt einstellen kann. Um den Grundwasserwiederanstieg zu charakterisieren und für die Zukunft das Grundwasserdargebot zu kennen, ist die Kenntnis der Grundwasserneubildung als wichtigste Inputgröße des unterirdischen Wasserhaushalts zwingend notwendig. Gleichzeitig sind in der Lausitz die klassischen Methoden der Bestimmung der Grundwasserneubildung mit Hilfe der Wasserhaushaltsgleichung nicht oder nur bedingt möglich, weil die Abflüsse der Oberflächengewässer durch die Entkopplung vom Grundwasser und die starke anthropogene Beeinflussung die natürlichen Neubildungsverhältnisse nicht abbilden können. Es ist daher die Nutzung

von Neubildungsmodellen notwendig. Das Eigenforschungsprojekt des Umweltbundesamtes widmet sich dieser Problematik. In der ersten Studie wurden für das Spreeeinzugsgebiet in der Oberlausitz verschiedene Modellansätze (empirisches Lysimeter-Modell, TUB-BGR und ArcEGMO) zur Berechnung der Grundwasserneubildung verglichen, die gegenwärtig für großflächige Fragestellungen zum Einsatz kommen. Die Ergebnisstreuung der Modelle ist jedoch so groß, dass auf Teileinzugsgebietsebene keine verlässlichen Aussagen für die Neubildung generiert werden können. Bei Betrachtung großräumiger Mittelwerte jedoch, nähern sich die Modelle in ihren Aussagen einander an. Vergleiche mit mittleren historischen Neubildungsraten aus Oberflächenabflüssen und Wasserwerksdaten liefern Informationen zur Interpretation der Ergebnisse. Da eine generelle Berechnung der Grundwasserneubildung für die Lausitz nicht möglich ist, bedarf es im nächsten Schritt der Konzentration des Untersuchungsraumes auf ein kleines Areal, das den Grundwasserwiederanstieg bereits abgeschlossen hat, um die Modelle anhand dieses Gebietes zu prüfen. Anhand dieser Analyse wird eine Modellauswahl erfolgen, um anschließend unter Zuhilfenahme der Klimaprognosen die Entwicklung der Neubildung für die kommenden Jahrzehnte zu untersuchen.

Wie wirkt sich die Stilllegung der Steinkohlebergwerke auf die Geochemie der Grubenwässer im Ruhrgebiet und Saarland aus?

Barbara TEICHERT, Henning Jasnowski-Peters, Harald Strauss, Stefan Schlömer, Lisa Rose, Till Genth, Christian Melchers, Sebastian Westermann

Im Ruhrgebiet endete der aktive Steinkohlenbergbau 2018. Im Saarland wurde der Steinkohlenbergbau bereits im Jahr 2012 eingestellt. Die Einstellung der Abbautätigkeiten und die damit verbundene Anpassung der Grubenwasserhaltung führen langfristig zu einem Anstieg des Grubenwassers. Infolge der nicht mehr erforderlichen Bewetterung des Grubengebäudes nimmt zudem die Sauerstoffkonzentration ab. Es ist daher eine wichtige Frage, welche geochemischen Prozesse die Zusammensetzung der Grubenwässer maßgeblich beeinflussen und wie sich diese Prozesse über die Zeit verändern.

Für den Schwefelumsatz sind die Prozesse der Eisensulfidoxidation und die bakterielle Sulfatreduktion grundlegend. Die in der Steinkohle enthaltenen Eisensul-



Zusammenfassungen

fide werden durch Sauerstoff und/oder 3-wertiges Eisen oxidiert. Das gebildete Sulfat kann dann wieder von sulfatreduzierenden Bakterien zu Schwefelwasserstoff reduziert werden. Gekoppelt an die bakterielle Sulfatreduktion wird Organik oder Methan oxidiert. All diese Prozesse werden zum einen über die geochemische Zusammensetzung des Grubenwassers und zum anderen durch den Eintrag von Sickerwasser durch das Deckgebirge gesteuert.

Das Forschungsvorhaben untersucht die Grubenwässer an den aktiven Wasserhaltungen und Einleitstellen im Ruhrgebiet und Saarland. Charakteristisch für die Grubenwässer sind erhöhte Sulfat- und Eisenkonzentrationen, die das Ergebnis der Eisensulfidoxidation in den untertägigen Grubenbauen sind. Mit Hilfe der Schwefelisotopie des Sulfats und Sulfids sowie der Kohlenstoffisotopie des Methans und des gelösten anorganischen Kohlenstoffs lassen sich Prozesse wie die bakterielle Sulfatreduktion und die anaerobe Methanoxidation identifizieren.

Erste Ergebnisse zeigen deutlich den kinetischen Isotopeneffekt, der mit der mikrobiellen Sulfatreduktion verbunden ist. Sulfatreduzierende Bakterien nutzen bevorzugt das $^{32}\text{SO}_4$, welches dann zu typischerweise ^{34}S -angereicherterem Sulfat sowie leichten $\delta^{34}\text{S}$ Werten des Sulfids im Grubenwasser führt. An einzelnen Standorten zeigt sich allerdings auch eine über die Zeit zunehmende Eisensulfidoxidation gepaart mit einer Zunahme der Sulfatkonzentration.

Ziel des Projektes ist es, die Zusammenhänge des Schwefel- und Kohlenstoffkreislaufes zu erfassen und darüber wichtige Informationen über die Prozesse, die in den nicht mehr zugänglichen Grubenbauen ablaufen, zu erhalten.

Elektrochemische Prozessrouten für die Wasserstoffherzeugung, für eine weitgehende Nutzung gelöster Inhaltsstoffe von Grubenwässern und für die technische Verwertung von CO_2 - Fallbeispiele

Hans-Jürgen FRIEDRICH

Im Kontext der Transformation des Energiesystems werden in die Wasserstofftechnologie große Hoffnungen gesetzt. Nur schrittweise rückt in das öffentliche Bewusstsein, dass mit dieser Technologie eine neue Konkurrenz um die lebenswichtige Ressource Wasser die Bühne betritt.

Zusammenfassungen



Die Erzeugung von 1 t H₂ durch Elektrolyse erfordert die Zersetzung von 9,01 t Wasser, welches dann ähnlich wie verdampfendes Kühlwasser am Ort des Verbrauchs dem lokalen Wasserkreislauf entzogen ist. Für die Wasserstoffelektrolyse wird zudem hochreines Wasser benötigt, was den tatsächlichen Wasserbedarf weiter erhöht und zum Anfall von salinen Abwässern führt.

Würde man die gesamte im Jahr 2023 in Deutschland erzeugte Menge an Elektroenergie in Wasserstoff umwandeln wollen, wären hierfür stöchiometrisch ca. 80 Mio. m³ Wasser zu zersetzen. Auf Elektroenergie entfallen allerdings nur rund 15% des gegenwärtigen Endenergieverbrauchs. Für eine umfassende Elektrifizierung würde daher ein Vielfaches dieser Wassermenge benötigt werden.

Grubenwässer stellen in diesem Kontext eine bislang ungenutzte und wenig beachtete Ressource dar. Das Aufkommen liegt in der Größenordnung des Bedarfs für eine großtechnische Wasserstoffelektrolyse und es wurde bereits im Pilotmaßstab demonstriert, dass sich diese Wässer elektrochemisch behandeln lassen, wobei in jedem Falle Wasserstoff entsteht. Allein das Potential hierfür liegt in den ost- und mitteldeutschen Bergbaurevieren bei mehreren 10 kt H₂/a, neben der Gewinnung anderer verwertbarer Stoffe, wie Sulfate (Ammoniumsulfat, Gips), Salzsäure, Chlor, Soda und einer Reihe von Metallen bzw. von Metallverbindungen. Auch als Vorstufe einer weitergehenden Wasserreinigung zur Erzeugung von hochreinem Speisewasser für die Wasserstoffelektrolyse weist die elektrochemische Grubenwasserbehandlung mehrere Vorteile auf.

Im Vortrag werden die Grundzüge von elektrochemischen Kombinationsverfahren zur Wasserbehandlung erläutert, die wesentlichen Unterschiede zwischen Grubenwasserelektrolyse und Wasserelektrolyse aufgezeigt, elektrochemische Behandlungskonzepte für unterschiedliche Grubenwässer vorgestellt (schwach/hoch salin, sulfathaltige und gemischt sulfat- und chloridhaltige Wässer sowie Abfallsolen) und die Möglichkeiten der Wasserstoffherzeugung und derjenigen von anderen Koppelprodukten an Hand von Ergebnissen und stofflichen Bilanzierungen aus technischen Pilot- und aus Technikumsversuchen erläutert.



Zusammenfassungen

Passive Grubenwasserreinigung in einem stillgelegten Kohlebergwerk in Nova Scotia/Kanada – das Neville Street System

Christian WOLKERSDORFER

Zur Bewertung der passiven Grubenwasserreinigungsanlage an der Neville Street in Nova Scotia/Kanada wurden hydrogeochemische und mikrobiologische Studien sowie Laboruntersuchungen mit Grubenwasser aus dem gefluteten Bergwerken des 1B-Systems durchgeführt. Dieses befindet sich im Bereich der Ortschaften Dominion, Reserve Mines and Glace Bay auf Cape Breton Island. Dabei wurden neben den vor-Ort-Parametern auch die relevanten Metalle (Fe, Mn, Al) und Sulfat sowie die Säure- und Basenkapazität im Grubenwasser analysiert. Die Daten wurden in Verbindung mit den Ergebnissen von vorherigen Tracertests und einem 100-Stunden-Pumptest interpretiert. Dabei zeigte sich, dass der Absetzteich nicht den Auslegungskriterien entsprechend funktioniert. Demzufolge sollte sich das hydrolysierte Eisen überwiegend im Absetzbecken absetzen, was jedoch erst etwa im ersten Drittel der aeroben Feuchtgebiets vollständig erfolgt. Es wird empfohlen, die Prallfolien (Umlenk„bleche“ aus HDPE Folie) bis zum Grund des Absetzbeckens zu verlängern oder eine zusätzliche Folie einzubauen. Um den Erfolg dieser Optimierung zu überprüfen, können die Eisenkonzentrationen am Einlauf und Auslauf des Systems herangezogen werden.

Ableitung des Uran-Hintergrundes im Grundwasser aus Batch-Schüttelversuchen für die Uranerzgrube Königstein (Sachsen)

Sebastian SCHRAMM, Ferry Schiperski, Mathias Hübschmann, Traugott Scheytt

Für die ehemaligen Uranerzgrube Königstein (Sachsen) soll die vorbergbauliche Konzentration an Uran im Grundwasser des 4. Grundwasserleiters bestimmt werden. Diese Urankonzentration stellt gleichzeitig das Sanierungsziel dar, das im Zuge der Flutung der Grube erreicht werden soll.

Die vorbergbauliche Urankonzentration wird aus der hydrogeochemischen Interaktion zwischen Wasser und Festsubstanz des Grundwasserleiters mittels Batch-Schüttelversuchen abgeleitet. Damit können relevante Prozesse zur Bindung des gelösten Urans an die Festsubstanz identifiziert und plausible Bereiche für Konzentrationen von Uran unter entsprechenden Bedingungen abgeleitet werden.

Zusammenfassungen



Stratigraphisch sind die Gesteine des 4. Grundwasserleiters dem Obercenoman der Kreidezeit zuzuordnen. Die Oberhäslich-Formation im Hangenden führt marin abgelagerte Sandsteine. Diese Sandsteine bestehen fast ausschließlich aus Quarz. Im Liegenden ist der lagunäre Wurmsandstein zu finden. Dieser weist höhere Konzentrationen an organischer Substanz, Sulfiden und Uran auf.

Für die Messung von Uran wurde eine ICP-MS verwendet. Des Weiteren wurden die Hauptanionen und -kationen sowie Metalle analysiert und die wesentlichen physiko-chemischen Parameter bestimmt.

Für die Urankonzentration ist es entscheidend, in welchem Redoxbereich die Untersuchungen stattfinden. Im hier untersuchten aeroben Bereich liegen die gemessenen Urankonzentrationen zwischen 1,14 und 31,92 µg/L und sind damit eher als niedrig einzuschätzen. Als eine mögliche Obergrenze für die Urankonzentration in Lösung im aeroben Bereich könnte das Mineral meta-Autunit $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ maßgeblich sein, welches aufgrund des geringen Löslichkeitsprodukts bei vorhandenem Calcium und Phosphat Uran ausfällt. Wird Uran nicht ausgefällt, regulieren Austausch- und Komplexierungsprozesse die Konzentration von Uran in Lösung.

Geophysikalische Erkundung von möglichen Fließwegen aus einer Sandgrube in komplexer hydrogeologischer Umgebung

Markus Brüning, Sandro John, Andreas Kern, Anke Schindler

Im Grundwasserabstrom einer ehemaligen Sandgrube, die als Deponie genutzt wurde, soll die Ausbreitung eines Schadstoffes genauer eingegrenzt werden. Die Wässer könnten durch einen Stollen abfließen, dessen Lage in diesem Bereich vermutet wird. Weitere mögliche Ausbreitungswege könnten entlang eines steilstehenden permeablen Sandsteinpaketes oder einer Störungszone bestehen. Die Lage der drei möglichen Ausbreitungspfade sollte mit einer geophysikalischen Erkundung genauer festgestellt werden und ein Bohransatzpunkt für eine neue, zusätzliche Grundwassermessstelle außerhalb der Sandgrube beziehungsweise des Deponiegeländes in dem wenige Meter mächtigen und steilstehenden permeablen Sandsteinpaket gefunden werden. Mit zwei Hybridseismikprofilen wurden sowohl seismische Reflektoren als auch die Geschwindigkeitsverteilung seismischer



Zusammenfassungen

Wellen zusammen in einer Messung zur Strukturauflösung des Untergrundes aufgenommen. Die seismischen Wellen wurden mit einem Fallgewicht sowie einem Hammer erzeugt. Ergänzend wurden elektrische Widerstandstomographien mit sieben hochauflösenden Multipol-Geoelektrikprofilen zur lithologischen Abgrenzung der Strukturen im Untergrund gemessen. Die Verteilung der spezifischen elektrischen Widerstände wurde zusammen mit den Ergebnissen der Seismik interpretiert, um ein besseres, dreidimensionales Verständnis der geologischen Strukturen im Untergrund zu erhalten, und speziell die räumliche Lage des Sandsteinhorizontes sowie von weiteren vermuteten Störungen und altbergbaulichen Anlagen zu ermitteln. Es wurde eine außerordentlich hohe Komplexität der lokalen Geologie festgestellt, die erst im Verlauf der Messkampagnen zu Tage trat. Aufgrund örtlicher Einschränkungen hinsichtlich der Zugänglichkeit und aus technischen Überlegungen heraus musste die Messkampagne zweimal erweitert werden, um einen geeigneten Standort für die geplante neue Grundwassermessstelle zu finden.

Tauchfahrten in geflutete Bergwerksschächte 3.1

Thorsten GÖKPINAR

Der Filmvortrag zur **kassel24** setzt dort an, wo er zuletzt auch endete: Auf der Suche nach Ursachen und Interpretationsansätzen von Signalen in Temperaturtiefenprofilen kommen Schachtkameras und kabelgeführte Unterwasserfahrzeuge zum Einsatz. Letztere bieten längst ersehnte Erkundungsmöglichkeiten, kein Winkel bleibt unerreicht und auch Strecken können wieder befahren werden. Was geht mit ROV und Co? Mit dem ferngesteuerten Auge auf untertägige Spurensuche – ein Erfahrungsbericht.

Entwicklung unterstützender Maßnahmen zur in-situ Sanierung der ehemaligen Uranerzgrube Königstein durch mikrobiell katalysierte Sulfatreduktion - vom Labormaßstab zum großtechnischen Einsatz

Nadine Kleditz, Ulf Jenk

Mit Einstellung des Bergbaus 1990 befanden sich in der Uranerzgrube Königstein etwa 2 Mio. m³ schwefelsaure Porenwässer. Von 2001 bis 2013 wurde der erste

Zusammenfassungen



Teilbereich des ehemaligen Laugungsbergwerkes geflutet. Durch natürlich zuzitendes und technisch aufgegebenes Grundwasser wird das Schadstoffpotential im gefluteten Bereich der Grube sukzessive abgebaut. Das saure, mit potentiell toxischen Elementen und natürlichen Radionukliden kontaminierte Wasser wird ausgefördert, behandelt und in die Vorflut abgeben.

Erfahrungsgemäß dauert die Wiederherstellung möglichst naturnaher, vorbergbaulicher hydrochemischer Zustände durch Waschung und Ausspülung Jahrzehnte bis Jahrhunderte. Um diesen Prozess zu beschleunigen, wurden bereits ab den 1990er Jahren zahlreiche Untersuchungen und Studien zur Fixierung von Schadstoffen in der Grube Königstein durchgeführt. Die Ergebnisse flossen in die Konzeption einer anwendungsreifen Methode ein, die in zwei Feldversuchen (2010 und 2020/21) gemeinsam mit GIP und GFI Dresden erprobt und weiterentwickelt wurde.

Ziel ist es, die Flutungswasserqualität zu verbessern, indem durch den Eintrag von pH- und Eh-puffernder Substanzen Schadstoffe bereits im Grubenraum ausfallen. Parallel dazu sollen sulfatreduzierende Mikroorganismen stimuliert werden, um eine Fixierung der potentiell toxischen Elemente in langzeitstabilen, sulfidischen Eisenschlämmen zu forcieren.

Seit Mai 2024 wird das Verfahren als unterstützende Maßnahme im Rahmen des hydraulischen Tests 2 großtechnisch angewendet. Dafür wurde gemeinsam mit dem Verfahrensentwickler eine Injektionsanlage geplant und errichtet. Im zweiwöchentlichen Rhythmus erfolgt nun die Injektion von ca. 12 t 50 %iger Natronlauge in die Grube. Als organisches Substrat zur Anregung der mikrobiellen Aktivität kommt zu einem späteren Zeitpunkt Butanol zum Einsatz.

Zukünftig sollen diese Injektionen an mehreren Standorten im Grubenfeld erfolgen. Dadurch soll die Wasserqualität des Flutungswassers deutlich verbessert werden, um die Auswirkung der im weiteren Flutungsverlauf unumgänglichen Abströme in die umliegenden Grundwasserleiter so gering wie möglich zu halten. Ziel ist es, die Grube in den nächsten zwei Jahrzehnten bis zum natürlichen Einstauniveau zu fluten und so den Weg für die vollständige Sanierung des Standortes zu ermöglichen.



Zusammenfassungen

Wie kommuniziere ich das Thema Grubenwasser? Wissenschaftskommunikation im Bergbau

Elke Mugova, Christian Walkersdorfer

In dem Poster wird die Wissenschaftskommunikation der Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ im Kontext der Grubenflutung nach dem Ende des deutschen Steinkohlenbergbaus betrachtet. Seit ihrer Gründung 2017 nutzt die Stiftung verschiedene Kommunikationsformate wie wissenschaftliche Publikationen, populärwissenschaftliche Beiträge, Dialogveranstaltungen, Podcasts und ein Lernspiel, um unterschiedliche Zielgruppen zu erreichen und den Dialog zwischen Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft zu fördern. Die Fallstudie unterstreicht die Notwendigkeit transparenter, dialogorientierter und partizipativer Wissenschaftskommunikation im Bergbausektor, um Verständnis und Akzeptanz der Öffentlichkeit für komplexe Umweltfragen zu steigern.

Alle Zusammenfassungen wurden einem doppelblinden Begutachtungsverfahren unterzogen. Anschließend hatten die Autorinnen und Autoren die Möglichkeit, sie entsprechend den Kommentaren der Gutachterinnen und Gutachter anzupassen. Alle endgültigen Zusammenfassungen wurden zudem grammatikalisch korrigiert und offensichtliche Rechtschreibfehler korrigiert.





Notizen

Notizen





Notizen



TUBAF

Die Ressourcenuniversität.
Seit 1765.

Master of Science (M. Sc.)

Geothermie

Jetzt Bewerben

www.tu-freiberg.de/master-geothermie



SCAN ME

Fachberatung

Prof. Dr. Traugott Scheytt

Gustav-Zeuner-Str. 12

traugott.scheytt@geo.tu-freiberg.de





Sponsoren Gold

Acid Mine Drainage

Hydrogeology
Groundwater Modelling
Remediation
Water management



© panophotograph - stock.adobe.com

listen. think. deliver.®

**CDM
Smith**

**Wir unterstützen
Sie in den Bereichen**

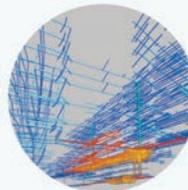
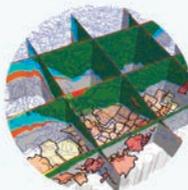
Bergbau

Geothermie
Wasserversorgung
Wasserwirtschaft
Bauvorhaben
Geologie
Grundwassersanierung

www.delta-h.de

NACHHALTIGE LÖSUNGEN DURCH NUMERISCHE MODELLIERUNGEN

Planung | Grubenflutung | Langzeitsicherheit | Gefahrenabwehr



 **SPRING**

 **delta h**

Sponsoren Silber



SAVE THE DATE:
20. März 2025
im Studierendenzentrum der
TH Georg Agricola Bochum



NACHBergbauzeit NRW

Digitalisierung im Nachbergbau:
Innovation trifft Tradition

Bezirksregierung
Arnsberg



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Großweiler Naturschwimmteich, gespeist von Grubenwasser
des ehemaligen Kohlenbergwerks Großweil in Bayern.

BRIDGING HORIZONS: PORTUGAL AND SPAIN UNITE FOR MINE WATER INNOVATION AT IMWA CONFERENCE 2025



SAVE THE DATE: 6-11 July 2025

On behalf of the **International Mine Water Association**, we are pleased to invite you to join our 2025 Conference which is co-hosted by the **University of Minho (Portugal)** and the **University of Oviedo (Spain)**

The Conference schedule:

- **July 6:** Short Courses and Workshops
- **July 7-11:** All Technical Sessions

Dive into the multidisciplinary insights of this Conference

1. Abstract Submission

Share your insights by submitting a 400-word abstract through our online submission system

Deadline: October 4, 2024

2. Short Course Proposal

Interested in leading a short course? Visit our website and complete the short course proposal form

More information can be found on our Conference website

www.IMWA2025.info



kassel25 | let's talk about Grubenwasser

documenta Stadt Kassel, 3. – 5. September 2025



Die Tagung **kassel25** soll erneut Austauschplattform der deutschen Grubenwasser-Familie sein, um mit Ihren Kolleginnen und Kollegen in Kontakt zu kommen, die sich vielfältigst mit dem Thema Grubenwasser beschäftigen.

Programm und Veranstaltungsort

Mittwoch, 3. September 2025

Lehrgang **Reinigung von Grubenwasser**
Gemeinsames Kennenlernen - Icebreakerparty

Donnerstag, 4. September 2025

Beginn - **Fachvorträge** 15+5 Minuten
mit Kaffee- und Mittagspausen
Gemeinsamer Ausklang mit Ahle Wurst & Co.

Freitag, 5. September 2025

Lehrgang **Geothermie und Grubenwasser**

Tagungszentrum Gegenbauer, im Haus der Kirche
Wilhelmshöher Allee 330, 34131 Kassel, Deutschland

Anmeldung

bis zum 1. August 2025 unter www.kassel25.de oder
obigem QR Code



INTERNATIONAL MINE
WATER ASSOCIATION



Technische
Hochschule
Georg Agricola



Tshwane University
of Technology
We empower people



TUBAF
Die Ressourcenuniversität
Seit 1792



WIM
WOMEN IN MINES & RESOURCES
Gefühlslos

RWTHAACHEN
UNIVERSITY

Tagungsleitung
Christian Walkersdorfer
Elke Mugova

Anschrift
Metzgerfeld 4b
90602 Seligenporten

Kontakt
info@grubenwasser.org
www.grubenwasser.org

Organisation
Acchoda Consulting GbR
+27 73 353 0575



Auf Wiedersehen bis zur **kassel25**