



GRUBENWASSERANSTIEG CHANCEN & RISIKEN

Wissenschaftliche Tagung des Forum Bergbau und Wasser

Onlineveranstaltung

2. Februar 2022

TAGUNGSBAND

PROGRAMM

- 09:00 – 09:15 DR. WILHELM STRUCKMEIER, FORUM BERGBAU UND WASSER, ESSEN
BEGRÜßUNG
- 09:15 – 09:40 PROF. GEORG WIEBER, DR. MARION STEMKE, UNIVERSITÄT MAINZ:
GRUBENWÄSSER DES STEINKOHLEBERGBAUS: HINTERGRUNDWERTE UND INWERTSETZUNG
- 09:40 – 10:05 DR. THOMAS RINDER, PROF. SYLKE HILBERG, UNIVERSITÄT SALZBURG:
HYDROCHEMISCHE ASPEKTE DES GRUBENWASSERS AM BEISPIEL IBBENBÜREN
- 10:05 – 10:15 PAUSE
- 10:15 – 10:40 PROF. THOMAS KIRNBAUER, M.SC. LEANNE SCHMITT, KAI WESTHUES, THGA BOCHUM; PROF. MICHAEL E. BÖTTCHER, LEIBNIZ-INSTITUT FÜR OSTSEEFORSCHUNG, WARNEMÜNDE
ISOTOPENGEOCHEMISCHE REKONSTRUKTION (SR, C, S, O) VON GRUNDWÄSSERN IM RUHRGEBIET VOR BEGINN DER BERGBAUBEDINGTEN WASSERHALTUNG
- 10:40 – 11:05 DIPL.-GEOL. HENNING JASNOWSKI-PETERS, PROF. CHRISTIAN MELCHERS, THGA BOCHUM:
ENTWICKLUNG HYDROGEOCHEMISCHER MONITORINGMAßNAHMEN FÜR NACHHALTIGE GRUBENWASSERANSTIEGSPROZESSE
- 11:05 – 11:30 PAUSE
- 11:30 – 11:55 M.SC. ELKE MUGOVA, THGA BOCHUM, PROF. CHRISTIAN WOLKERSDORFER, TSHWANE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, PRETORIA:
DICHTESCHICHTUNG IN GEFLUTETEN UNTERTAGEBERGWERKEN
- 11:55 – 12:20 DIPL.-GEOL. HENNING JASNOWSKI-PETERS, B. ENG. TIL GENTH, B. ENG. LISA ROSE, PROF. CHRISTIAN MELCHERS, THGA BOCHUM:
PETROPHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNGEN DER EMSCHER-FORMATION ZUR BEURTEILUNG IHRER EIGENSCHAFT ALS HYDRAULISCHE BARRIERE
- 12:20 – 14:00 MITTAGESSEN
- 14:00 – 14:25 DR. TIMO KESSLER, PROF. MARIA-THERESIA SCHAFMEISTER, UNIVERSITÄT GREIFSWALD:
NUMERISCHE MODELLVERSUCHE ZU LANGFRISTIGEN GRUBENWASSERANSTIEGEN IN STILLGELEGTEN UNTERTÄGIGEN STEINKOHLBERGWERKEN
- 14:25 – 14:50 M.SC. DIEGO A. BEDOYA GONZALEZ, PROF. SYLKE HILBERG, UNIVERSITÄT SALZBURG, PROF. MARIA-THERESIA SCHAFMEISTER, UNIVERSITÄT GREIFSWALD:
UNDERSTANDING THE CHEMICAL AND HYDRAULIC SIGNATURES OF COAL MINE DRAINAGE – A REACTIVE FLOW AND TRANSPORT MODELLING APPROACH

- 14:50 – 15:00 PAUSE
- 15:00 – 15:25 DR. ROLF SCHIFFER, PROF. STEFAN WOHNICH, UNIVERSITÄT BOCHUM, PROF. DMYTRO RUDAKOV, DNIPRO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY:
MÖGLICHKEITEN DER NIEDRIGTEMPERATUR-STROMGEWINNUNG UND ENERGIESPEICHERUNG ZUR INWERTSETZUNG DES ENERGETISCHEN NUTZUNGSPOTENTIALS VON GRUBENWASSER
- 15:25 – 15:50 DR. PETER ROSNER, DR. MICHAEL HEITFELD, INGENIEURBÜRO HEITFELD-SCHETELIG, AACHEN, DR. NORBERT KLITSCH, RWTH AACHEN; M.SC. THOMAS KÖNIG, ENERGETICON GGBH, AACHEN:
QUANTIFIZIERUNG DER THERMISCHEN UND HYDRODYNAMISCHEN VORGÄNGE BEI DER NUTZUNG DES ERDWÄRMEPOTENZIALS VON GEFLUTETEN BERGBAUSCHÄCHTEN AM BEISPIEL DES EDUARD-SCHACHT, ALSDORF
- 15:50 – 16:15 PAUSE
- 16:15 – 16:30 PROF. GEORG WIEBER, DR. MARION STEMKE, UNIVERSITÄT MAINZ:
RECHTLICHE GRUNDLAGEN BERGRECHTLICHER GENEHMIGUNGSVERFAHREN
- 16:30 – 16:55 PD DR. CAROLA WINKELMANN, UNIVERSITÄT KOBLENZ-LANDAU; PROF. SYLVIA MOENICKES, HOCHSCHULE RHEIN-WAAL, KLEVE; PROF. LOTHAR KIRSCHBAUER, UNIVERSITÄT KOBLENZ-LANDAU:
ÖKOLOGISCH-WASSERWIRTSCHAFTLICHE AUSWIRKUNG DES GRUBENWASSERKONZEPTS DER RAG AG AUF DEN RHEIN
- 16:55 – 17:05 PAUSE
- 17:05 – 17:30 DIPL.-GEOL. MICHAEL GETTA, EMSCHERGENOSSENSCHAFT ESSEN; DR. JOHANNES MEIBER, DR. FLORIAN WERNER, M. SC. SANDRA KONS, EMSCHER WASSERTECHNIK GMBH; M. SC. MAJBRITT OTTENJANN, PD DR. PATRICIA GÖBEL, UNIVERSITÄT MÜNSTER
AUSWIRKUNGEN EINES UNGEHINDERTEN GRUBENWASSERANSTIEGS SOWIE DER EINSTELLUNG ALLER POLDERMAßNAHMEN IM EINZUGSGEBIET VON EMSCHER UND LIPPE AUF DAS OBERFLÄCHENNAHE GRUNDWASSER
- 17:30 – 17:55 PROF. CHRISTIAN WOLKERSDORFER, TSHWANE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, PRETORIA:
NACHHALTIGE GRUBENWASSERANSTIEGSPROZESSE UND UMFRAGE ZUM THEMA GRUBENWASSER UND GRUBENFLUTUNG
- 18:00 GEMEINSAMER VIRTUELLER AUSKLANG & NETWORKING

VORWORT UND BEGRÜßUNG

DR. WILHELM STRUCKMEIER, KURATORIUMSVORSITZENDER DES FORUMS BERGBAU UND WASSER

Sehr geehrte Damen und Herren,

die gemeinnützige Stiftung *Forum Bergbau und Wasser* wurde 2017 errichtet, um Forschungen zu den „Chancen und Risiken des Grubenwasseranstiegs“ in den deutschen Steinkohlerevieren – Ruhrgebiet, Saarland und Ibbenbüren - durch geeignete wissenschaftliche Projekte zu fördern, das internationale Wissen zu Grubenflutungen auszuwerten und die Erkenntnisse für Politik, Behörden, Wirtschaft, Wissenschaft und die interessierte Öffentlichkeit aufzubereiten und zu verbreiten. Dazu sollten Fachpublikationen veröffentlicht sowie wissenschaftliche und öffentliche Dialogveranstaltungen durchgeführt werden.

Die Stiftung wird von einem Kuratorium geleitet, dem fünf national und international anerkannte Expertinnen und Experten, ein Vorsitzender sowie ein Vertreter des geschäftsführenden Stifterverbands angehören. Die forschenden Kuratoriumsmitglieder verantworteten bislang Projekte zu den Themen Gesteinsparameter, hydrogeologische und hydrogeochemische Verhältnisse, numerische und analoge Modellierung, Monitoring, historische Entwicklung der Wasserinhaltsstoffe, Hintergrundwerte, Grundwasserneubildung im Einzugsbereich von Kohlenbergwerken, weltweiter Vergleich mit bereits stattgefundenen Grubenflutungen und zeitlicher Flutungsverlauf. Darüber hinaus wurden fünf Forschungsprojekte zu den Themen energetischer Nutzungspotentiale, nachhaltige Grubenwasseranstiegsniveaus und ökologisch-wasserwirtschaftliche Auswirkungen an weitere Forschungseinrichtungen vergeben.

Trotz der Corona-bedingten Einschränkungen konnten alle Forschungen mit geringer zeitlicher Verzögerung am Jahresende 2021 abgeschlossen werden.

In der heutigen wissenschaftlichen Tagung, die leider wieder als online-Veranstaltung durchgeführt werden muss, werden die erreichten Forschungsergebnisse erstmals im Zusammenhang vorgestellt. Das Programm umfasst alle durch die *Stiftung Forum und Bergbau* geförderten wissenschaftlichen Arbeiten. Sie werden im Laufe des Tages durch die Projektverantwortlichen und Forschenden in 14 Präsentationen vorgetragen und jeweils durch eine kurze Diskussion abgeschlossen. Darüber hinaus bestehen in den Pausen sowie am Ende der Veranstaltung noch Möglichkeiten zum Kontakt mit den Vortragenden und Vorschlägen für weitere Arbeiten des *Forum Bergbau und Wasser*.

Ich wünsche uns allen für den heutigen Tag ein gutes Gelingen, neue Erkenntnisse, fruchtbare Diskussionen und vielleicht auch neue wissenschaftliche Kontakte, um Wissenschaft und Forschung zu den Chancen und Risiken eines Grubenwasseranstiegs in den deutschen Steinkohlerevieren auch in Zukunft weiter voranzutreiben.

Glückauf!

09:15 – 09:40

GRUBENWÄSSER DES STEINKOHLEBERGBAUS: HINTERGRUNDWERTE UND INWERTSETZUNG

PROF. DR. GEORG WIEBER, DR. MARION STEMKE, UNIVERSITÄT MAINZ

Im Rahmen der Forschungsarbeiten des *Forums Bergbau und Wasser* sollen „Hintergrundwerte“ für Grubenwässer des Steinkohlebergbaus abgeleitet werden. Grubenwässer sind definiert als „alles Wasser, das mit Tief- und Tagebauen in Kontakt steht oder stand.“ Unter Hintergrundwerten werden die weitgehend geogen bedingten Konzentrationen von Grundwasserinhaltsstoffen verstanden (BLA GEO & LAWA, 2015). Sie dienen der Zustandsbewertung der Grundwasserkörper nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL 2000). Gemäß der Grundwasserverordnung wird der geogene Hintergrund über das 90. Perzentil der Verteilung der Stoffkonzentrationen im Grundwasser der für den Grundwasserkörper maßgeblichen hydrogeologischen Einheit (BLA GEO & LAWA, 2015) definiert. Dabei gestaltet sich die Anwendung der Methode auf Grubenwässer schwierig, da sie aus Wässern unterschiedlicher Herkunft bestehen (Wieber & Stemke, 2021). Die hydrochemische Beschaffenheit ist in Abhängigkeit von dessen Genese stark unterschiedlich.

Walter (2008) hat eine Methode entwickelt, um Anomalien anthropogener aber auch geogener Natur in Datenkollektiven zu erkennen. Die von ihm entwickelte Excel Anwendung basiert auf dem statistischen Verfahren von Lepeltier (1969). Bei Darstellung der nach Größe sortierten Analyseergebnisse auf Wahrscheinlichkeitspapier entsteht eine Gerade soweit eine Normal- oder Lognormalverteilung vorliegt (Wieber, 2002). Die Ordinate ist nach dem Gauß'schen Integral geteilt. In Gebieten mit Anomalien weisen die Geraden Knickpunkte auf. Diese sind darauf zurückzuführen, dass in der betrachteten Häufigkeitsverteilung mehrere Normal- bzw. Lognormalverteilungen vorliegen, die unterschiedliche Mittelpunkte auf der Abzisse aufweisen.

Ziel unserer Untersuchungen ist die Prüfung, ob mithilfe des Worksheets für die Wasserhaltungsstandorte des Steinkohlebergbaus sinnvolle Gruppierungen der ermittelten Analyseergebnisse und Ableitungen von „Hintergrundwerten“ möglich sind. Insgesamt konnten Analyseergebnisse von ca. 4.800 Proben aus den Revieren an der Saar und in Nordrhein-Westfalen ermittelt werden. Der Analysenumfang ist allerdings sehr unterschiedlich. Eine weitere Anwendung kann sich daraus für die Ableitung von Flutungsniveaus ergeben.

Daneben werden Auswertungen in Hinblick auf die Inwertsetzung der Grubenwässer durchgeführt. Dabei lässt sich zwischen einer stofflichen und energetischen Nutzung unterscheiden. Hinsichtlich der stofflichen Verwertung wurde das Augenmerk auf die sogenannten kritischen Rohstoffe (Tab. 1) gelegt. Dies sind Stoffe, bei denen ein Mangel besteht oder zukünftig zu erwarten ist.

Tabelle 1: Kritische Rohstoffe 2020 (nach EU 2020).

Antimon	Kobalt	Hafnium	Natürlicher Grafit	Phosphor	Vanadium
Baryt	Kokskohle	Schwere REE	Naturkautschuk	Scandium	Bauxit
Beryllium	Flusspat	Leichte REE	Niob	Siliciummetall	Lithium
Wismut	Gallium	Indium	Metalle der Platin- gruppe	Tantal	Titan
Borat	Germanium	Magnesium	Phosphorit	Wolfram	Strontium

Hinsichtlich der energetischen Verwertung bietet sich die geothermische Nutzung mittels Wärmetauscher-technologie an. Zu diesem Thema liegen diverse Einzeluntersuchungen sowie eine zusammenfassende Studie des LANUV (2018) vor. Vom Forums Bergbau und Wasser wurden zu diesem Thema weitere Fremdaufträge

vergeben. Überschlägige eigene Berechnungen ergeben bei einer Wasserhaltung von 100 Mio. m³/a entsprechend 3.200 l/s und einem angenommenen ΔT von 10 K eine geothermische Leistung von ca. 400 MW. Ein weiterer Forschungsauftrag befasst sich mit dem Thema „Niedrigtemperatur-Stromgewinnung und Energiespeicherung“.

Hinsichtlich der stofflichen Nutzung von Grubenwasserinhaltsstoffen wurde insbesondere Lithium identifiziert (Wieber et al., 2021). Am Beispiel von Ibbenbüren wurden ergänzend eigene Untersuchungen durchgeführt. Neben Lithium wurden weitere kritische Stoffe in den Grubenwasseranalysen identifiziert, die im Rahmen weiterer Auswertungen verifiziert werden sollen.

09:40 – 10:05

HYDROCHEMISCHE ASPEKTE DES GRUBENWASSERS AM BEISPIEL IBBENBÜREN

DR. THOMAS RINDER, PROF. SYLKE HILBERG, UNIVERSITÄT SALZBURG

Die Ableitung von schadstoffreichem Grubenwasser führt mitunter zu erheblichen Belastungen im Vorfluter. Grubenwasser aus tiefen Abbaubereichen ist oft durch eine hohe Mineralisation gekennzeichnet. Die Verwitterung sulfidischer Minerale kann zur Bildung saurer Grubenwässer führen. Der resultierende niedrige pH-Wert und relativ hohe Sulfatkonzentrationen können negative Auswirkungen auf Süßwassergemeinschaften haben und insbesondere die Verockerung des Flussbetts durch die Bildung von wasserhaltigen Eisenoxiden beeinträchtigt die Flora und Fauna der betroffenen Flüsse. Darüber hinaus kann Grubenwasser aus Kohlebergwerken relevante Mengen toxischer Metalle enthalten, die häufig mit der Oxidation sulfidischer Minerale zusammenhängen.

Die Identifikation der individuellen geochemischen Prozesse, die zur jeweiligen Wasserzusammensetzung führen, bildet die Basis für Prognosen über die langfristige Entwicklung des Grubenwassers nach Flutung und ein darauf abgestimmtes Grubenwasserkonzept. In diesem Vortrag werden einige dafür geeignete geochemische Proxies am Fallbeispiel Ibbenbüren dargestellt. Dort wurde mit dem Ziel einer hydrogeochemischen Systemanalyse eine Beprobung des Grubenwassers im Ostfeld durchgeführt. In den dabei entnommenen Proben wurden die anorganischen Haupt- Neben- und Spurenkomponenten, radiogene ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, Tritium) und stabiler Isotope ($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^2\text{H}/\text{H}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) analysiert, um die Reaktionsmechanismen der Wasser-Gesteins-Interaktion zu identifizieren.

Die Proben des tiefen Grundwassers im Ostfeld sind durch hohe Gehalte an gelösten Ionen und vor allem Natrium und Chlorid charakterisiert. Über die Br/Cl Verhältnisse können diese Salzgehalte eindeutig der Steinsalzlösung zugeordnet werden. Die Analyse der stabilen Schwefel- und Sauerstoffisotopensignatur im Sulfat deutet für diese Wässer zusätzlich auf eine Herkunft aus den mesozoischen, das Ostfeld umgebenden, Sedimenten hin. Lithium und Kaliumgehalte, sowie die Signatur des $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Verhältnisses zeigen eine weitergehende Interaktion des tiefen Grundwassers mit den Sedimenten des Karbons.

Demgegenüber treten die Salzgehalte in den höheren Bereichen des Ostfeldes zurück. Mit abnehmender Höhe entwickelt sich die Isotopensignatur des gelösten Sulfats in eine für Sulfid-Oxidation typische Richtung und ein Einfluss der mesozoischen Sedimente ist unwahrscheinlich. Intermediäre Wässer lassen sich über eine Mischung dieser beiden Endglieder plausibel erklären.

10:15 – 10:40

ISOTOPENGEOCHEMISCHE REKONSTRUKTION (SR, C, S, O) VON GRUNDWÄSSERN IM RUHRGEBIET VOR BEGINN DER BERGBAUBEDINGTEN WASSERHALTUNG

PROF. THOMAS KIRNBAUER, M.SC. LEANNE SCHMITT, KAI WESTHUES, THGA BOCHUM; PROF. MICHAEL E. BÖTTCHER, LEIBNIZ-INSTITUT FÜR OSTSEEFORSCHUNG, WARNEMÜNDE

Durch die Analyse von hydrothermal gebildeten Mineralphasen, die in Spaltensystemen des variscisch gefalteten Oberkarbons (Steinkohlegebirge) sowie den diskordant darüberliegenden Sedimenten der Oberkreide (Deckgebirge) im Ruhrgebiet und im Münsterland auftreten, konnten verschiedene Grundwassersysteme (einschließlich Tiefenwässern, Solen und Thermalwässern) für den Zeitraum vor ihrer bergbaubedingten Absenkung rekonstruiert werden. Als Tracer wurden dabei Isotopendaten (Sr, C, S, O) in den Mineralen Baryt, Calcit, Pyrit, Markasit, Coelestin und Strontianit genutzt. Die gangförmig in den oberkarbonischen Gesteinen auftretenden Baryte befanden sich bis zur anthropogenen Grundwasserabsenkung unterhalb des Grundwasserspiegels; mehrfach war das bergmännische Auffahren dieser Gänge mit Einbrüchen von thermalen Tiefensolen verbunden.

Es werden fünf verschiedene Paragenesen unterschieden, eine Ba-reiche in Gesteinen des Oberkarbons und Zechsteins (Baryt \pm Pyrit \pm Markasit \pm Calcit) und vier Sr-reiche in Gesteinen der Oberkreide: (1) Coelestin – Calcit, (2) Calcit – Strontianit \pm Baryt, (3) Calcit – Baryt, (4) Calcit – Strontianit \pm Baryt \pm Pyrit \pm Markasit. Die fünf Paragenesen können zwei Fluidsystemen zugeordnet werden, die räumlich voneinander getrennt und zeitlich voneinander entkoppelt sind, einem atektonischen, rezenten–subrezentem System und einem tektonisch induzierten, fossilen System.

1. Gebunden an die großen, hydraulisch leitenden NW–SE-streichenden Abschiebungen des Ruhrgebiets stiegen bis zur bergbaubedingten Grundwasserabsenkung NaCl- und Ba-reiche Tiefensolen auf und vermischten sich im Bereich des Steinkohlegebirges mit sulfatreichen Wässern. Das der Pyritoxidation entstammende Sulfat fiel als Baryt innerhalb von Gesteinen des Oberkarbons und des Zechsteins aus. Barytgänge im Ruhrkarbon lassen sich im Nachhinein als mineralisierte, hydraulische Aufstiegswege von NaCl- und Ba-reichen Thermalsolen aus der Zeit vor der anthropogenen Grundwasserabsenkung identifizieren. Da die Baryt-Paragenese ein rezentes bis subrezentes System ist, werden mit der Einstellung von Pumpmaßnahmen die Tiefensolen entlang der häufig als Störungszonen ausgebildeten Abschiebungen wieder aufsteigen. Im Bereich der nun vorhandenen bergmännischen Hohlräume können sie ihre vorher „kanalisierten“ Aufstiegswege nun auch verlassen.
2. Gebunden an bedeutende tektonische Bewegungen im Zuge der Frühphase der Alpen-Orogenese (Oberkreide, Paläogen) kam es zu kurzfristigen Ereignissen, in denen wohl auf die Auflösung des Zechstein-Salinars zurückgehende Tiefensolen aufstiegen und vor allem im zentralen Münsterland im Oberkreide-Deckgebirge die vier Sr-reichen Paragenesen abschieden. Eine Beteiligung von oberkretazischem Meerwasser an diesem Fluidsystem ist möglich. Es handelt sich um ein fossiles Mineralsystem, das an aktive Tektonik gebunden war. Für die Betrachtung der Grundwasserverhältnisse in der Zeit des Nachbergbaus spielt diese Mineralisation keine Rolle, da nicht damit zu rechnen ist, dass in der erdgeschichtlichen Lebensdauer von Homo sapiens dieses tektonische System erneut aktiviert wird.

10:40 – 11:05

ENTWICKLUNG HYDROGEOCHEMISCHER MONITORINGMAßNAHMEN FÜR NACHHALTIGE GRUBENWASSERANSTIEGSPROZESSE

DIPL.-GEOL. HENNING JASNOWSKI-PETERS, PROF. CHRISTIAN MELCHERS, THGA BOCHUM

Das Management des Grubenwasseranstiegs ist eine zentrale Aufgabe des Nachbergbaus. Das Augenmerk liegt hier bei den Beteiligten auf einer kontrollierten, nachhaltigen und ökologisch sowie ökonomisch sinnvollen Lösung. In dem wissenschaftlichen Begleitrahmen wurden Monitoringmaßnahmen entwickelt, die neben einer gesicherten Kontrolle und Dokumentation der überwachten Prozesse auch ein vertieftes Verständnis des „Systems Grubenwasser“ ermöglichen. Die Auswirkungen eines Grubenwasseranstiegs zu prognostizieren, sowie die Möglichkeit der Einflussnahme auf die Prozesse der Mischungen mit anderen Grundwässern und in-situ Prozessen in den Grubenbauen, wird aufgezeigt.

Die hydrochemische Zusammensetzung der Grubenwässer in den ehemaligen deutschen Steinkohlenrevieren und der regionalen Grundwasserleiter wurde, basierend auf eigenen und Literaturdaten der letzten 60 Jahre, analysiert. Es lassen sich mit diesen Daten zukünftig Aussagen über Hydrodynamik, Reaktivität mit den Umgebungsgesteinen und der Eindeutigkeit des jeweiligen Hydrochemie-Spektrums ableiten. Die Hydrochemie ist sogleich ein wichtiger Indikator für geochemische in-situ Prozesse in den ehemaligen Grubenbauen. Diese Prozesse verändern den Grubenwasserchemismus und sind für eine langfristige Prognose der Hydrochemie beim Grubenwasseranstieg wichtig. Das Inventar an gelösten Inhaltsstoffen kann für eine eindeutige Typisierung der Grund- und Grubenwässer genutzt werden, sofern es sensitiv und verlässlich genug ist, und verhält sich somit wie ein geochemisches Auge im Untergrund. Bilanziert lässt es zukünftig Rückschlüsse über Mischungen mit anderen Grundwässern zu. Durch die Verfüllung der ehemaligen Schächte besteht nur noch ein limitierter Zugang in den Untergrund, der allein durch Sondentechnik über die Wasserhaltungsschächte oder Pegel-/Entgasungsleitungen gegeben ist. Die Identifikation von gelösten Inhaltsstoffen (Ionen), die sich als natürliche hydrochemische Tracer eignen und mit ihrem geochemischen Verhalten weitere Rückschlüsse auf die Historie der Wässer zulassen, ist ein wichtiger Eckpfeiler eines integralen Monitorings. Dabei sind Eigenschaften wie ein konservatives, geochemisches und geringes Adsorptionsverhalten, ubiquitäres Vorhandensein und keinerlei Degradation wichtige Kriterien für die Auswahl dieser natürlichen Tracer. Das Zusammentragen eigener und historischer Daten über den intrinsischen Wasserchemismus der lokalen und regionalen Grundwasserleiter im Deckgebirge, ihrer Genese und der Vergleich zu den oberkarbonischen Formationswässern und geochemisch veränderten Grubenwässern wurde anhand von Bromid und Lithium-Ionen dargestellt. Eine Verschneidung des natürlichen Tracers Bromid (Br^-) mit Lithiumkationen (Li^+) und stabiler Isotopengeochemie (δD , $\delta^{18}\text{O}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) liefert eindeutige Hinweise zu der Genese und Typisierung der Grundwässer in Bezug auf Wasser-Gesteins-Wechselwirkungen. Die hydrochemische Zusammensetzung sowie die gelöste Gaszusammensetzung von Grubenwässern ist durch thermochemische und geomikrobiologische Prozesse wie die Sulfidoxidation und Sulfatreduktion maßgeblich bestimmt. Diese Prozesse sind nicht eindeutig auf Grubenwässer beschränkt, sondern finden im Ruhrrevier auch in Deckgebirgsformationen statt. Umso mehr ist ein eindeutiger Nachweis auf Grubenwasserinfiltration mit Grundwässern ein wichtiges Kriterium im Rahmen eines Risikomanagements und einzuleitender Maßnahmen. Im Rahmen des Risikomanagements, für das die Bow-Tie Methode verwendet wurde, spielen die Auswertung und Bestimmung von Baselines für die jeweiligen Grundwässer und wann es zu einer Anomalie und einem potentiellen Ereignis/Alarm kommt operativ eine große Rolle.

11:30 – 11:55

DICHTESCHICHTUNG IN GEFLUTETEN UNTERTAGEBERGWERKEN

M.SC. ELKE MUGOVA, THGA BOCHUM; PROF. CHRISTIAN WOLKERSDORFER, TSHWANE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, PRETORIA

Bei Dichteschichtung handelt es sich um die Überschichtung von Wasserkörpern mit unterschiedlichen physico-chemischen Eigenschaften. Bekannt ist dieses Phänomen von Seen oder Ozeanen; Schichtung kommt aber auch in gefluteten Untertagebergwerken vor. Die Schichtung zwischen den weniger mineralisierten Wasserkörpern (COLD FRESH water bodies), meist im oberen Bergwerksbereich, und den höher mineralisierten Wasserkörpern (WARM MINERALISED water bodies) bedingt eine Barrierewirkung. Sie verhindert die Durchmischung der Wasserkörper miteinander, da der WM-Wasserkörper mit seiner meist schlechteren Wasserqualität in tieferen Bergwerksbereichen verbleibt und in der Regel nur das geringer mineralisierte oberflächennahe Wasser (CF-Wasserkörper) austritt. Vorhandene Schichtung in Untertagebergwerken kann dazu führen, dass Grubenwasserreinigung reduziert oder sogar vermieden werden kann. Als Beispiel dafür kann das aufgelassene portugiesische Uranbergwerk Urgeiriça genannt werden: in ca. 190 m Teufe ist eine deutlich ausgeprägte Schichtung vorzufinden, wobei im unteren WM-Wasserkörper die elektrische Leitfähigkeit $4100 \mu\text{S}/\text{cm}$ beträgt und im oberen CF-Wasserkörper nur $800 \mu\text{S}/\text{cm}$. Das Wasser aus dem oberen Wasserkörper tritt natürlich aus und wird in einer passiven Grubenwasserreinigungsanlage gereinigt. Ohne Vorhandensein der Dichteschichtung wäre dort eine passive Grubenwasserreinigung vermutlich nicht möglich.

Um Schichtung in einem gefluteten Untertagebergwerk nachzuweisen, wird meistens ein Tiefenprofil der Schachtwassersäule aufgenommen und die Parameter Temperatur und elektrische Leitfähigkeit gemessen. Ist im Profil plötzlich eine starke Änderung der Parameter festzustellen, zeigt dies den Übergangsbereich zwischen zwei verschiedenen Wasserkörpern an. Schichtgrenzen sind durch die veränderten hydrodynamischen Bedingungen meist im Bereich angeschlagener Strecken zu finden. Dies lässt sich gut durch Untersuchungsmethoden wie Kamerabefahrungen, teufenabhängige Wasserprobennahmen oder Tracertests feststellen. Oftmals wurden und werden bei vielen Bergwerken nur einmalige Tiefenprofilmessungen durchgeführt, wodurch Aussagen über die Langzeitstabilität der Schichtung schwierig sind. Bei den vorhandenen, über mehrere Jahrzehnte aufgenommen Messungen zeigt sich jedoch eine Langzeitstabilität der Schichtung, vor allem in tieferen Bergwerksbereichen mit CF/WM-Bedingungen.

Während der Flutung des Bergwerkes und danach gibt es verschiedene Phasen in welcher Dichteschichtung auftritt, aber durch äußere Einflüsse auch zerstört werden kann. Schichtung ist während des Flutungsprozesses, nach abgeschlossener Flutung aber selbst auch unter bestimmten Bedingungen bei aktiven Pumpenbetrieb vorzufinden. Dabei spielt der geothermische Gradient eine entscheidende Rolle. In tieferen Bergwerksbereichen wird das Wasser durch den geothermischen Gradienten stärker erwärmt. Wenn die Temperaturunterschiede hoch genug sind, resultiert dies in freier Konvektion. Dem gegenüber steht die größere Mineralisation der tieferen Grubenwasser. Kommt das Wasser jedoch in Bewegung, erwärmt es sich an den Schachtwänden und steigt an diesen auf. Beim Erreichen einer Anomalie, zum Beispiel einer angeschlagenen Strecke oder wenn der Aufstieg des Wassers durch zu geringen Auftrieb nicht mehr möglich ist, sinkt das Wasser in der Mitte des Schachtes ab. Dadurch bilden sich Konvektionszellen im Schacht, welche an den Schichtgrenzen enden. Zudem kommt es zur Ausbildung von Schichtung, wenn Wasser mit anderen Eigenschaften aus benachbarten Bergwerksbereichen zufließt: es können sich Konvektionswalzen zwischen verschiedenen Bergwerksbereichen ausbilden. Schichtung entsteht ebenfalls, wenn Oberflächen- bzw.

Niederschlagswasser durch die oberen Gesteinsschichten sickert und sich ein CF-Wasserkörper über dem höher mineralisierten WM-Grubenwasser ausbildet. Wenn der Dichteunterschied zwischen den Wasserkörpern nicht mehr ausreichend ist, kann es zum Zusammenbruch der Schichtung kommen. Wird der Wasserkörper, beispielsweise durch Pumpaktivität gestört, ist ebenfalls ein Zusammenbruch der Schichtung ebenfalls möglich. Dies ist vor allem in Hinblick auf die geothermische Nutzung von Grubenwasser wichtig. Die Zerstörung einer vorhandenen Schichtung kann weitreichende Folgen haben, da sich bei einer Durchmischung die Grubenwasserqualität erheblich ändern kann und gegebenenfalls eine Grubenwasserreinigung eingeführt oder umgestellt werden muss. Vor jedem Eingriff ins hydrodynamische System des gefluteten Bergwerks sollte, soweit möglich, der Grubenwasserkörper auf vorhandene Schichtung hin untersucht werden.

Bis zum jetzigen Zeitpunkt ist es nicht möglich, Vorhersagen darüber zu treffen, ob und wo sich Dichteschichtung in einem zu flutenden oder gefluteten Bergwerk entwickelt. Durch neue Möglichkeiten in der numerischen Modellierung, dem Vergleich vorhergegangener Schichtungsuntersuchungen und Experimenten an einem analogen Bergwerksmodell sollen in Zukunft Prognosen hinsichtlich der Schichtungsentwicklung möglich sein. Ganz im Sinne des cradle-to-grave Konzeptes kann dann bereits in der Bergwerksplanung die spätere Stilllegung und Flutung bedacht werden. Durch die begünstigte Ausbildung einer CF/WM-Schichtung sollte deren Barrierewirkung genutzt werden.

11:55 – 12:20

PETROPHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNGEN DER EMSCHER-FORMATION ZUR BEURTEILUNG IHRER EIGENSCHAFT ALS HYDRAULISCHE BARRIERE

DIPL.-GEOL. HENNING JASNOWSKI-PETERS, B. ENG. TIL GENTH, B. ENG. LISA ROSE, PROF. CHRISTIAN MELCHERS, THGA BOCHUM

Mit dem Grubenwasseranstieg im ehemaligen Steinkohlenrevier des Ruhrgebiets hat die Fragestellung der hydraulischen Durchlässigkeit des Deckgebirges im Rahmen des Risikomanagements eindeutig an Bedeutung zugenommen. Sie stellt einen zentralen Aspekt für die langfristige Integrität des Grubenwasseranstiegs dar. Anfang 2019 hat das Forschungszentrum Nachbergbau die wissenschaftliche Begleitung der Grundwassermessstellen, welche im Zuge des Integralen-Monitoring-Konzepts durch die RAG AG erstellt werden, übernommen. Die Begleitung gliedert sich in die lithostratigraphische, petrologische und petrophysikalische Analyse der bis zu 700 Meter tiefen Bohrungen. Dabei stehen in der geowissenschaftlichen Begleitung die sedimentologisch-fazielle Ansprache der Gesteine in Bohrkernen, die petrophysikalischen Kenngrößen Porosität und Permeabilität und die Auswertung der geophysikalischen Bohrlochdaten im Vordergrund. Die petrologische Betrachtung bezieht sich auf die Evaluation der Mineralgehalte. Insbesondere die Quantifizierung der Tonminerale ist eine wichtige Methodik, um die Permeabilität des Deckgebirges, das größtenteils aus Karbonaten und Mergeln der Oberkreide besteht, genauer abzuschätzen und stellt ein wichtiges Informationskriterium innerhalb der Beurteilung der Bohrlochgeophysik dar. Tonminerale besitzen einen großen Einfluss auf die hydraulische Durchlässigkeit. Speziell das Quellvermögen der Smektit-Gruppe hat das Potential zur Selbstabdichtung in Störungsbereichen.

Mit den Kern- und Cuttings-Proben der Bohrung „Waltrop“ wurde ein Workflow zur Klassifizierung und Quantifizierung der Mineralgehalte mittels Röntgendiffraktometrie und Rietveld Post-Processing Quantifizierung erarbeitet. Dabei wurde ein erstes Tiefenprofil (40 – 430 m) des Mineralbestands innerhalb der als tonigem Schluffmergelstein geltenden Formation erstellt. Der Workflow kombiniert Röntgendiffraktometrie, thermische Karbonat Analyse und Rasterelektronenmikroskop-Untersuchungen. Hauptminerale im Bohrabschnitt sind: Kalzit, Quarz, Illit/Smektit -Wechselagerung, Illit/ Muskovit und Kaolinit/ Chlorit. Pyrit und Feldspat treten als Nebenbestandteile auf. Die petrophysikalischen Eigenschaften von Gesteinen, insbesondere die Porosität und Permeabilität, wurden an ersten zehn 2,5 x 2,5 cm Plug-Profilen quantitativ beschrieben. Die totale Porosität bezieht sich auf den gesamten Einfluss von Poren und Rissen, während bei der effektiven oder offenen Porosität nur die miteinander verbundenen Poren und Risse berücksichtigt werden. Die Permeabilität, welche die Durchlässigkeit eines porösen Mediums für Flüssigkeiten oder Gase angibt, wird in dem angewendeten Verfahren mittels der Porenverteilung berechnet.

Durch die Quecksilberporosimetrie wurde die offene Porosimetrie über die Intrusion von Quecksilber in einem Druckregime von 0,1 - 400 bar gemessen. Die Dichtebestimmung fand mittels Helium-Gaspyknometer statt und wurde im Porosimeter erneut verifiziert. Anhand von den mit Plugs und Kernen gemessenen hydraulischen Parametern, soll es zukünftig durch Modelle möglich gemacht werden, hydraulische Eigenschaften auf Gesteinsformationen zu übertragen. Zur Erfassung der Skalenabhängigkeit der hydraulischen Durchlässigkeit müssen hydraulisch relevante Strukturelemente, wie Anisotropie oder Schichtung, in verschiedenen Betrachtungsmaßstäben im Gestein identifiziert werden. Unter Berücksichtigung von Bohrloch-Logs werden ausgewählte horizontal und vertikal gebohrte Proben aus dem Kernmaterial des Emscher Mergel gemessen.

14:00 – 14:25

NUMERISCHE MODELLVERSUCHE ZU LANGFRISTIGEN GRUBENWASSERANSTIEGEN IN STILL- GELEGTEN UNTERTÄGIGEN STEINKOHLBERGWERKEN

DR. TIMO KESSLER, PROF. MARIA-THERESIA SCHAFMEISTER, UNIVERSITÄT GREIFSWALD

Die Dynamik von Grubenwasseranstiegen in stillgelegten Steinkohlenbergwerken ist in vielen Fällen ein wenig bekannter Prozess, da ehemalige Schächte verfüllt werden und Langzeit-Monitoringinstrumente fehlen. Gleichzeitig ist es für die Wasserhaltung des Nachbergbaus von großer Wichtigkeit den Grubenwasseranstieg quantifizieren zu können, um einen unkontrollierten Anstieg verbunden mit einer Infiltration in oberflächennahe Trinkwasservorkommen frühzeitig unterbinden zu können. Es wurden deshalb in der Vergangenheit verschiedene Modellierungsansätze entwickelt den Grubenwasseranstieg modellieren und prognostizieren zu können.

Der am häufigsten angewandte Modellansatz basiert auf einer Volumenbilanz (pond-and-pipe), welcher hydraulisch verbundene Bergwerksbereiche zu großen Modellvolumina zusammenfasst und diese mittels Überlaufstellen wie Schächte oder Strecken verbindet. Diese Methode entspricht numerisch einem Finite-Volumen Modell. Ein großer Vorteil dieses Modells ist die flexible Abgrenzung von Modellzellen und die Definition von Strömungsfunktionen an jenen Stellen, wo ein Wasseraustausch tatsächlich stattfindet. Das ermöglicht eine Diskretisierung mit einer minimalen Anzahl von Modellzellen und die Integration von einer Vielzahl von Bergwerken oder hydraulisch separierter Bergwerksbereiche. Die Dynamik des Grubenwasseranstiegs ergibt sich schließlich aus der Differenz der Zu- und Abflüsse in das Grubengebäude bezogen auf das berechnete Resthohlraumvolumen. Mit einem solchen Modell kann der Wasserstand im Grubengebäude und die Anstiegskurve relativ gut angenähert werden.

Für den Fall, dass hydraulische Potentiale an bestimmten Punkten im Nebengestein oder im Umfeld eines Bergwerks von Interesse sind, bieten sich Modellvarianten an, welche einen Modellraum mit einer höher aufgelösten, kontinuierlichen Diskretisierung beschreiben. Finite-Elemente Modelle bieten die Möglichkeit, das Grubengebäude, geologische Hohlräume und das Nebengestein gleichermaßen in den jeweils relevanten Skalenbereichen zu diskretisieren. Solche Modelle müssen räumlich hochauflösend hydraulisch parametrisiert werden und benötigen eine wesentlich breitere Datenbasis um verlässliche Modellprognosen erstellen zu können.

Das Teilprojekt NumGru (Belastbarkeit numerischer Modelle für komplizierte Grubenwasseranstiege) vergleicht die Anwendung der beiden beschriebenen Modellansätze anhand mehrerer bereits stillgelegter Bergwerksstandorte im Ruhrgebiet, bei denen ein Grubenwasseranstieg eingeleitet und beobachtet wird. Schwerpunkte der Untersuchung sind die Parametrisierung, die Kalibrierung, die Minimierung modelltechnischer Unsicherheiten sowie die Interpretation der Modellergebnisse. Es zeigt sich, dass die Finite-Elemente Modelle eine komplizierte Parametrisierung der Hohlräume und insbesondere der Grubengebäudegeometrie verlangen. Dies macht die Wahl eines vernünftigen Abstraktionsniveaus unabdingbar, welches den numerischen Erfordernissen und der Minimierung der Modellunsicherheiten ausreichend Rechnung trägt. Dennoch haben Finite-Elemente Modelle, sofern sie räumlich gut diskretisiert und parametrisiert werden können, eine größere Aussagekraft und bieten ein verbessertes Prozessverständnis hinsichtlich der hydraulischen Vorgänge untertage. Zudem erweisen sie sich als flexibel, da Modellunsicherheiten kontinuierlich reduziert werden, indem beispielsweise der Grubenwasseranstieg durch Monitoringprogramme kontrolliert und dadurch die dem Modell zugrundeliegende Datenbasis verbessert werden kann.

14:25 – 14:50

UNDERSTANDING THE CHEMICAL AND HYDRAULIC SIGNATURES OF COAL MINE DRAINAGE – A REACTIVE FLOW AND TRANSPORT MODELLING APPROACH

M.SC. DIEGO A. BEDOYA GONZALEZ, PROF. SYLKE HILBERG, UNIVERSITÄT SALZBURG; PROF. MARIA-THERESIA SCHAFMEISTER, UNIVERSITÄT GREIFSWALD

(VORTRAG IN ENGLISCHER SPRACHE)

Die Studie ist Inhalt einer Promotion zum Themenkomplex reaktiver Stofftransport im Grubenwasser stillgelegter Kohlebergwerke. Es wird darin ein mathematisches Modell entwickelt, um die Genese und den Transport von Schadstoffen im Deckgebirge nach Einstellung des aktiven Bergbaus zu modellieren. Untertägiger Bergbau verändert laufend den Spannungszustand des Gebirges, was zu Bewegungen und Störungsbildung im Liegenden wie im Hangenden von Kohleflözen führt. Diese sekundären Klüfte und Spalten im Deckgebirge bilden neue Strömungswege für das Grundwasser und stören das Gleichgewicht des hydrogeologischen Systems. Dies führt zu einem erhöhten Austausch zwischen Wasser und Gestein und beeinflusst sowohl die Wasserqualität als auch die Wassermenge, welche durch das Gestein strömt. Für die simultane Modellierung dieser Wasser-Gestein-Austauschreaktionen in Klüften und im porösen Medium des Umgebungsgesteins wurde ein Dual Continuum Modellansatz (DC) angewandt.

Das Modell basiert auf Abflussdaten aus dem Ibbenbürener Westfeld. Der Bergwerksstandort befindet sich auf einer morphologisch herausgehobenen Horststruktur bestehend aus karbonischen Gesteinsfolgen. Der Grubenwasserabfluss zeigt erhöhte Eisen- (>200 mg/L) und Sulfatgehalte (≈ 4000 mg/L), sowie Überschreitung von Grenzwerten bei Zink, Kupfer und Nickelionen. Um den Stofftransport durch die Gesteinsschichten zu erklären, musste zunächst das Abflussvolumen des Grubenwassers im Modell exakt berechnet werden. Das zugrundeliegende Strömungsmodell für den Grundwasserfluss im teilgesättigten Deckgebirge wurde mit dem Software Paket TOUGHREACT erstellt. Die räumliche Diskretisierung der Gesteinsfolgen basiert auf der Analyse von Kernbohrungen, die vor Ort genommen wurden, während die hydraulischen Parameter der wasserführenden Klüfte (Kluftdichte, -weite, -durchlässigkeit) aus der Literatur übernommen und angepasst wurden.

Die Modellergebnisse zeigen eine sehr gute Übereinstimmung mit den gemessenen Abflusswerten. Das geklüftete Kontinuum reagiert während der feuchten Jahreszeit unmittelbar auf Niederschlagsereignisse durch eine rasche Versickerung. Gleichzeitig wird Wasser im Porenraum von dazwischenliegenden Gesteinsblöcken gespeichert und über einen Zeitraum von mehreren Wochen nach dem Ereignis auch wieder abgegeben (langsame Versickerung). Ausgehend von den Ergebnissen des numerischen Strömungsmodells, werden im Anschluss gekoppelte grubenwasserchemische Lösungs- und Ausfällungsreaktionen wie z.B. die Pyritoxidation quantifiziert. Letztere Erkenntnisse sind ein wichtiger Aspekt von Grubenwassermodellen, da sie die hydrochemische Entwicklung des Grubenwassercharakteristik beschreiben helfen. Es hat sich zudem gezeigt, dass der DC Modellansatz ein nützliches Werkzeug darstellt, um die Zulaufmengen und den Grubenwasseranstieg in stillgelegten Bergwerken zu simulieren und abzuschätzen.

15:00 – 15:25

MÖGLICHKEITEN DER NIEDRIGTEMPERATUR-STROMGEWINNUNG UND ENERGIESPEICHERUNG ZUR INWERTSETZUNG DES ENERGETISCHEN NUTZUNGSPOTENTIALS VON GRUBENWASSER

DR. ROLF SCHIFFER, PROF. STEFAN WOHNLICH, UNIVERSITÄT BOCHUM; PROF. DMYTRO RUDAKOV, DNIPRO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ENERGIEGEWINNUNG ODER STROMPRODUKTION AUS GRUBENWASSER – VISION ODER REALITÄT?

Nutzungen erneuerbarer Energieträger stoßen auf ehemaligen Zechengeländen, auf Landschaftsbauwerken und ähnlichen Bergbauflächen bereits auf erste und positive Resonanz. Innerhalb des Projektes sollten auf Basis des Energiepotentials gehobener Grubenwässer Anregungen für die Nachnutzung der bislang nicht genutzten Areale gegeben und gleichzeitig die Möglichkeit von Synergien betrachtet werden, durch die eine Nutzung ermöglicht werden könnte.

Selbstgestellter Auftrag des Projektes war es, neben diesen Technologien additive Ansätze für eine nachhaltige Nutzung bzw. Weiterentwicklung am Markt befindlicher Systeme aufzeigen. Es wurde eine Auswahl von Technologien herausgearbeitet, die für eine Nachnutzung infrage kommen könnten. Allerdings sind diese Ansätze zum Teil als eher experimentell zu bewerten. Dennoch aber bergen sie, neben der reinen Wärmenutzung, auch das Potenzial zur Erzeugung von elektrischem Strom.

In der Abschlussphase des Projektes wurde ein weiterer eher als traditionell zu bewertender Blickwinkel hinzugefügt. Es handelt hierbei um den Einsatz von Turbinen, die die Energie des sich bewegenden Wassers nutzen. Dies erfolgte, da sich Hinweise auf Einsatzmöglichkeiten dieser sich auch weiterentwickelnden Technik ergeben hatten.

Das vielversprechendste Konzept zur Nutzung der an Standorten vorhandenen Energiepotentiale birgt der Einsatz einer zu adaptierenden Systemtechnologie, durch die eine möglichst umfängliche Nutzung des vorhandenen Energiepotentials sowie ggf. nutzbarer additiver Energiequellen erfolgen kann. - Hinsichtlich der Anwendung von Einzeltechnologien bei einer Verstromung bieten in der Entwicklung befindliche elektrochemische Verfahren sowie turbinenbasierte Anwendungen zurzeit die besten Chancen.

Die angestrebte Entwicklung einer Bewertungsmatrix für die Einstufung potenzieller Standorte für den Einsatz einer zu definierenden Systemtechnologie konnte auf Grund einer unvollständigen Datenbasis nicht realisiert werden. Allerdings konnte ein Vorschlag für die Vorbewertung potentieller Standorte formuliert werden. Die Basis hierfür liefern die entwickelten Modellansätze und Berechnungsmethoden des ukrainischen Projektpartners Dnipro University of Technology. In Kombination mit zu vertiefenden standortspezifischen Bewertungen (zzt. nur als Ranking) können so wichtige Parameter hinsichtlich einer erfolgreichen Nachnutzung von Schachtstandorten verarbeitet werden, um diese bewertbar zu machen. Dabei wird eine standortspezifische Varianten-betrachtung und deren Bewertung auf Basis unterschiedlicher Szenarien empfohlen.

Im Rahmen des Projektes stellte sich heraus, dass insbesondere die Beschaffung von Daten zur Bewertung der energetischen Potentiale schwierig war, so dass die Schaffung einer zentralen georeferenzierten Datenbank mit allen während des aktiven Bergbaus geschaffenen und nach Ende der Bergbauaktivitäten ggf. fortgeschriebenen Daten eine wichtige Aufgabe ist.

15:25 – 15:50

QUANTIFIZIERUNG DER THERMISCHEN UND HYDRODYNAMISCHEN VORGÄNGE BEI DER NUTZUNG DES ERDWÄRMEPOTENZIALS VON GEFLUTETEN BERGBAUSCHÄCHTEN AM BEISPIEL DES EDUARD-SCHACHT, ALSDORF

DR. PETER ROSNER, DR. MICHAEL HEITFELD, INGENIEURBÜRO HEITFELD-SCHETELIG, AACHEN, DR. NORBERT KLITSCH, RWTH AACHEN; M.SC. THOMAS KÖNIG, ENERGETICON GMBH, AACHEN

Die ENERGETICON gGmbH betreibt auf dem Gelände und in den Gebäuden der ehemaligen Steinkohlengrube Anna in Alsdorf eine Ausstellung zum Thema Energie. In dem auf dem Ausstellungsgelände gelegenen Eduard-Schacht wurde eine 860 m tiefe Erdwärmesonde freihängend in den offenen, mit Grubenwasser gefüllten Schacht eingebaut.

Ziel des Projekts ist, durch Simulationsrechnungen anhand der aufgezeichneten Betriebs- und Messdaten eine Modellverbesserung und -verifizierung durchzuführen und Abschätzungen zur thermischen Kapazität und Leistungsfähigkeit am Standort sowie zur effizienten Nutzung von warmem Grubenwasser in ehemaligen Bergwerksschächten zu erhalten.

Im Laufe des Projekts wurde das DTS-Monitoring weiter ausgebaut.

Die Simulationsrechnungen konnten nachweisen, dass im Vergleich zum aktuellen Nutzungsprofil erheblich größere Wärmemengen dauerhaft dem Untergrund entnommen werden können und die Sonde mit einer deutlich größeren Leistung betrieben werden kann. Die Berechnungen konnten eine mögliche jährliche Heizarbeit von mindestens 1 GWh für eine langfristige Nutzung nachweisen. Aufgrund von Konvektionsströmungen sowie der teilweisen Durchströmung des alten Bergwerkgebäudes ist davon auszugehen, dass auch größere Lasten nachhaltig dem Grubenwasser entzogen werden können. Zudem ist, im Vergleich zu einer konventionellen Erdwärmesonde, eine mehr als doppelt so große mögliche Entzugsleistung der Sonde zu erwarten. Eine weitere Steigerung der Leistungsfähigkeit der Entzugsleistung kann beispielsweise durch die Verwendung größer dimensionierter Sonden oder durch den Einbau mehrerer Sonden in einem Schacht erreicht werden.

Alleine im Ruhrrevier gibt es über 80 ehemalige Bergwerksschächte, in denen bereits jetzt bzw. infolge des weiteren Grund- und Grubenwasseranstiegs zukünftig Wassersäulen mit einer Höhe von über 200 m zur Verfügung stehen. Da die Kosten des laufenden Betriebs maßgeblich durch die Stromkosten für die Wärmepumpe verursacht werden, können künftige Projekte hinsichtlich einer wirtschaftlichen Betriebsführung insbesondere für z.B. kommunale Energieversorger von Interesse sein, die solche Anlagen durch eigenen Strom kosteneffizienter betreiben könnten.

Mit dem installierten Messsystem besteht die Möglichkeit auch nach Abschluss dieses Forschungsvorhabens die Temperaturbedingungen im Schacht zu monitoren. Hierbei stehen jetzt zwei Messsysteme zur Verfügung. Damit bildet das installierte Messsystem eine wichtige Basis für weitere Untersuchungen zum Verständnis des Temperaturregimes in gefluteten Altbergbaubereichen.

Neben diesem zentralen Thema des Forschungsvorhabens zur Prognose und Kapazitätsabschätzung von Schächten, ist zu erwähnen, dass DTS Kabel erfolgreich zum Monitoring des Grubenwasseranstieges eingesetzt werden können. Mit dem an der Sonde verbrachten Kabel konnte der Anstieg eindeutig nachgezeichnet werden.

16:15 – 16:30

RECHTLICHE GRUNDLAGEN BERGRECHTLICHER GENEHMIGUNGSVERFAHREN

PROF. GEORG WIEBER, DR. MARION STEMKE, UNIVERSITÄT MAINZ

Die Genehmigung zum Aufsuchen, Gewinnen und Aufbereiten von Bodenschätzen erfolgt nach dem Bundesberggesetz (BBergG, 1980). Dabei dürfen dem Bergrecht unterliegende Betriebe nur auf Grund von Betriebsplänen errichtet, geführt und eingestellt werden (§ 51 Abs. 1 BBergG gekürzt). In Nordrhein-Westfalen bleiben sie auch nach Einstellung des Bergbaus gemäß § 48 Abs. 4 Ordnungsbehördengesetz Nordrhein-Westfalen (OBG NRW 1980) für die Abwehr von Gefahren aus dem Altbergbau zuständig (Elgeti, 2011). Zur Bewältigung dieser sogenannten Ewigkeitslasten wurde 2007 zwischen der RAG-Stiftung sowie den Ländern Nordrhein-Westfalen und Saarland ein „Erblastenvertrag“ auf Basis des KPMG Gutachtens von 2006 geschlossen.

Im Bergbau ist nicht nur die Errichtung und der Betrieb, sondern auch die Stilllegung nach § 53 Abs. 1 Satz 2 des Bundesberggesetzes (BBergG) betriebsplanpflichtig (Abschlussbetriebsplan). Der Betriebsplan kann nur zugelassen werden, wenn keine gemeinschädlichen Einwirkungen zu erwarten sind (§ 55 Abs. 1 Nr. 9 BBergG). Dazu gehört nach Entscheidungen von Bundesverwaltungs- und Oberverwaltungsgerichten (BVerwG, 1995 und 2014; OVG Münster 2012) auch Fragen der Gewässerreinigung.

Die bergrechtliche Betriebsplanzulassung ist eine gebundene Entscheidung (§ 55 BBergG). Sie muss also beim Vorliegen der Voraussetzungen – soweit keine überwiegend öffentlichen Belange entgegenstehen (§ 48 Abs. 2 BBergG) - erteilt werden. Zu den genannten Belangen zählen u.a. auch die wasserrechtlichen Auswirkungen des Vorhabens. Der bergrechtliche Betriebsplan hat – abgesehen vom obligatorischen Rahmenbetriebsplan mit UVP – keine Konzentrationswirkung.

Im Rahmen der bergrechtlichen Zulassungsverfahren (z.B. Abschlussbetriebspläne) muss somit geprüft werden, ob durch die Einstellung/Änderung der Grubenwasserhaltung schädliche Einflüsse, auch in Bezug auf Gewässerverunreinigungen, ausgeschlossen werden können (Jordan et al., 2017). Zusätzlich zur Zulassung des Bergwerkes mittels Betriebsplan sind wasserrechtliche Erlaubnisse sowohl für die Nutzung als auch für die Einleitung erforderlich. Sieht ein bergrechtlicher Betriebsplan die Benutzung von Gewässern vor, so entscheidet die Bergbehörde über die Erteilung der Genehmigung im Einvernehmen mit der Wasserbehörde (§ 19 WHG). Das bedeutet, dass ohne Einvernehmen der zuständigen Wasserbehörde keine wasserrechtliche Genehmigung erteilt werden kann.

Gewässer sind gemäß § 1 WHG (2009) zu schützen. § 27 WHG legt als Bewirtschaftungsziel das Erreichen eines guten ökologischen und chemischen Zustands der Gewässer fest. Abweichungen von diesen Zielen sind nach § 30 WHG Ziff. 1 zulässig, wenn „die Gewässer durch menschliche Tätigkeiten so beeinträchtigt oder ihre natürlichen Gegebenheiten so beschaffen sind, dass die Erreichung der Ziele unmöglich ist oder mit unverhältnismäßig hohem Aufwand verbunden wäre“ (Wieber, 2013).

Im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) wird im § 9 die Benutzung von Gewässern definiert. Die Hebung der Grubenwässer erfüllt den Tatbestand einer Benutzung im Sinne § 9 Abs. 1 Nr. 5 WHG („Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten und Ableiten von Gewässer“), die Einleitung in ein Oberflächengewässer eine Benutzung nach § 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG („Einbringen und Einleiten von Stoffen in Gewässer“). Somit besteht eine Erlaubnispflicht. Ebenso kann § 9 Abs. 2 Nr. 1 („Aufstauen, Absenken und Umleiten von Grundwasser durch geeignete Anlagen“) und Nr. 2 („Maßnahmen, die geeignet sind, dauernd oder in einem nicht unerheblichen Ausmaß nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit herbeizuführen“) zum Tragen kommen.

16:30 – 16:55

**ÖKOLOGISCH-WASSERWIRTSCHAFTLICHE AUSWIRKUNG DES GRUBENWASSERKONZEPTS
DER RAG AG AUF DEN RHEIN**

**PD DR. CAROLA WINKELMANN, UNIVERSITÄT KOBLENZ-LANDAU; PROF. SYLVIA MOENICKES, HOCHSCHULE
RHEIN-WAAL, KLEVE; PROF. LOTHAR KIRSCHBAUER, UNIVERSITÄT KOBLENZ-LANDAU**

(für diesen Vortrag lag bis zum Redaktionsschluss kein Abstract vor)

17:05 – 17:30

AUSWIRKUNGEN EINES UNGEHINDERTEN GRUBENWASSERANSTIEGS SOWIE DER EINSTELLUNG ALLER POLDERMAßNAHMEN IM EINZUGSGEBIET VON EMSCHER UND LIPPE AUF DAS OBERFLÄCHENNAHE GRUNDWASSER

DIPL.-GEOL. MICHAEL GETTA, EMSCHERGENOSSENSCHAFT ESSEN; DR. JOHANNES MEBER, DR. FLORIAN WERNER, M. SC. SANDRA KONS, EMSCHER WASSERTECHNIK GMBH; M.SC. MAJ-BRITT OTTENJANN, PD DR. PATRICIA GÖBEL, UNIVERSITÄT MÜNSTER

Ziele des Projekts waren Untersuchungen von Auswirkungen auf das oberflächennahe Grundwasser bei vollständiger Beendigung der Grubenwasserhaltung in den vom Steinkohlebergbau geprägten Bereichen des Emschergebietes und des südlichen Lippeverbandsgebietes sowie der Auswirkungen der Beendigung aller Maßnahmen zur Polderentwässerung in den Einzugsgebieten der Oberflächengewässer. Beide Regime (Grubenwasser und oberflächennahe Gewässer) werden unabhängig voneinander bewirtschaftet, da keine direkten hydraulischen Wechselwirkungen zwischen ihnen bestehen.

Der in dieser Untersuchung betrachtete ungehinderte Grubenwasseranstieg und die Überschwemmungen der Poldergebiete stellen rein theoretische Szenarien dar.

Für diese Studie erfolgte die Ermittlung von überschwemmungsgefährdeten Flächen im Emscher- und Lippegebiet auf topografischer Basis, basierend auf Flächenverschnidungen mit einem GIS-System. Zudem wurde das Volumen der Überschwemmungen ermittelt und Abschätzungen zur Wasserbilanz für die Überschwemmungsflächen im Einzugsgebiet der Emscher durchgeführt. Bezogen auf das Untersuchungsgebiet wurden Vorflutpumpwerke und Brunnen im Emscher- und Lippeverbands-Gebiet sowie Pumpwerke der RAG betrachtet. Bei der Interpretation der überschwemmungsgefährdeten Flächen müssen die Einschränkungen durch die Methodik berücksichtigt werden. Die errechneten Flächen und Volumina, ausgehend von EGLV und RAG Pumpwerken, wurden rein unter topografischen Gesichtspunkten betrachtet und zeigen somit nicht eine zu erwartende, sondern eher eine überzeichnete Situation. Die Ergebnisse zeigen, dass für große Teile der Poldergebiete eine potenzielle Überschwemmungsgefährdung besteht, wenn alle Pumpwerke abgeschaltet würden und damit erhebliche sozioökonomischen Folgen und Umweltauswirkungen zu erwarten wären.

Im Münsterländer Kreidebecken (NRW & Niedersachsen, Deutschland) wird für das im gesamten Becken verbreitete untere Grundwasserstockwerk der Schichten des Cenomans und Turons (Untere Oberkreide) ein hydraulischer Druckausgleich zwischen dem Nord- und Südrand des Kreidebeckens angenommen. Für den Fall eines ungehinderten Grubenwasseranstiegs im Grundgebirge (Karbon) würde sich in diesem Grundwasserleitersystem eine hydraulische Druckpotenzialfläche ausbilden („worst-case“-Szenario), welche sich ausgehend von hydrogeologisch begründbaren hydraulischen Druckpunkten am Nord-, Ost und Südrand des Beckens über das Beckeninnere aufspannen lässt. Die auf den potenziellen hydraulischen Druckpunkten des Beckens basierende und mittels ArcGIS interpolierte Druckpotenzialfläche weist ein generelles Gefälle nach Westen mit ihrem höchstgelegenen Druckpunkt im Nordosten (Fosbergquelle bei Bielefeld) und ihrem niedrigsten Druckpunkt im Südwesten (Ruhrbogen in Oberhausen) auf. Die Druckpotenzialfläche ist zukünftig für die „worst-case“-Betrachtung von Grubenwasseranstiegsszenarien in stillgelegten Bergwerken oder von aufsteigenden Tiefengrundwässern in oberflächennahen Grundwasserleitersystemen verwendbar.

Die Auswirkungen auf das oberflächennahe Grundwasser bei vollständiger Beendigung der Grubenwasserhaltungen und bei Einstellung der Poldermaßnahmen wurden großräumig mit einem Grundwassermodell untersucht. Dazu wurden auf der Grundlage der hydrogeologischen Systemanalyse die ermittelten Druckpotentiale im Grundwassermodell als neue Höhenwerte insbesondere an den Orten bestehender Tiefenversickerungen angesetzt sowie die ermittelten Überschwemmungsflächen als Randbedingungen für das GW-Modell übernommen. Die Auswirkungen dieser beiden wichtigen, systemtreibenden Größen (Tiefenversickerung und Polderbewirtschaftung) wurden abschließend in Kombination untersucht. Die Simulationen zeigen an vielen Stellen der heutigen Tiefenversickerung einen verringerten Abstrom und einen Grundwasseranstieg im oberen Grundwasserstockwerk, der bis an die Geländeoberfläche reicht. Im Bereich der potenziellen Überschwemmungsflächen kommt es zu lokalen Grundwasseranstiegen, die sich allerdings wegen der Verbreitung der Poldergebiete großräumig im Modellgebiet auswirken. Infolge der mit einem Grubenwasseranstieg und der Einstellung der Polderung verbundenen Veränderungen der Grundwasserflurabstände ergeben sich neben sozioökonomischen Folgen auch Umweltauswirkungen. Die Ergebnisse zeigen, dass auch nach Beendigung des Steinkohlebergbaus weiterhin eine intensive nachbergbauliche Bewirtschaftung des Grund- und Oberflächenwassers erforderlich ist.

17:30 – 17:55

NACHHALTIGE GRUBENWASSERANSTIEGSPROZESSE UND UMFRAGE ZUM THEMA GRUBENWASSER UND GRUBENFLUTUNG

PROF. CHRISTIAN WOLKERSDORFER, TSHWANE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, PRETORIA

Die Aufgabe des „Forum Bergbau und Wasser“ (FBW) besteht darin, die Chancen und Risiken des Grubenwasseranstiegs nach der Einstellung des Steinkohleabbaus in Ibbenbüren, im Ruhrgebiet und im Saarland zu erforschen. Da alle dortigen Bergwerke nach derzeitigem Stand geflutet werden sollen, gilt es, ein Flutungsniveau für das Grubenwasser festzulegen, das als „nachhaltiges Flutungsniveau“ bezeichnet werden kann.

Ziel der Untersuchungen war es, bisher bekannte Dichteschichtungen zu verifizieren und zu ergänzen. Dazu wurden in Finnland, Portugal und Spanien verschiedene In-situ-Parameter sowie Wasseranalysen teufenabhängig untersucht. Sowohl in Finnland als auch in Portugal und Spanien ließ sich Überschiebung hochmineralisierten, reduzierten und folglich H₂S-reichen Wassers mit weniger mineralisiertem, oxidiertem Wasser nachweisen. Aus den Ergebnissen des Tracertests in Metsämonttu lässt sich ableiten, dass Grubenwasser sowohl nach Unten als auch nach Oben strömt, aber die Grenze der Dichteschichtung vermutlich nicht überschreitet. Auch über längere Distanzen findet ein Wasseraustausch im Grubengebäude statt. Beim Flutungsexperiment am 10 m tiefen Nikolaus-Bader-Schacht wird in vier Teufen die zeitliche Entwicklung der Temperatur und elektrischen Leitfähigkeit untersucht. Dies soll Erkenntnisse zum Aufbau und zum Zusammenbrechen von Dichteschichtung bringen. Bisherige Ergebnisse zeigen, dass die oberflächennahe Schichtung bei Außentemperaturen von unter 0 °C sehr schnell zusammenbricht und sich ab dem Frühsommer allmählich wieder aufbaut.

Aus der umfangreichen Literaturrecherche zu gefluteten Bergwerken mit Messungen der physiko-chemischen Parameter Temperatur und elektrische Leitfähigkeit ergibt sich, dass in der überwiegenden Zahl der Bergwerke eine Dichteschichtung auftritt. Dabei weisen Bergwerke mit nur einem Schacht und wenigen angeschlagenen Strecken („Einschachtbergwerk“) oftmals keine Schichtung auf, wohingegen Bergwerke mit vielen Schächten und angeschlagenen Strecken („Mehrschachtbergwerk“) eine deutliche Dichteschichtung zeigen. In der Regel tritt der Dichtesprung mit der größten Dichtedifferenz an Sohlen auf, die über mehrere Schächte oder Abbaue miteinander verbunden sind. Bei Wiederholungsmessungen zu verschiedenen Zeitpunkten sind diese oftmals an der gleichen Stelle zu finden.

Aus der Summe aller bisherigen Untersuchungen lässt sich ableiten, dass ein nachhaltiges Flutungsniveau so hoch wie möglich anzusetzen ist, da von den Tausenden von Grubenflutungen weltweit bislang nur ein Fall bekannt ist, bei dem es zur Kontamination eines zur Trinkwassergewinnung genutzten Aquifers kam. In nahezu allen Mehrschachtbergwerken besteht eine deutliche, langfristig stabile Dichteschichtung.

Übertragen auf die Bergwerke der RAG sollte das Flutungsniveau folglich möglichst hoch sein, sodass höher mineralisiertes und H₂S-reiches Grubenwasser von relativ wenig mineralisiertem, sauerstoffreichem oberflächennäherem Grubenwasser überschiebt wird. Dadurch müssen die Pumpen nur das qualitativ bessere Wasser abpumpen, das über die Grundwasserneubildung zufließt. Im Saarland und in Ibbenbüren kann der Grubenwasserstand so hoch ausfallen, dass das Grubenwasser im freien Gefälle („gravitativ“) einer Aufbereitungsanlage oder einem Fließgewässer zufließt.

Bei der Bevölkerungsumfrage sollte erstmals das Meinungsklima in drei deutschen Steinkohle-Nachbergbauregionen mit unterschiedlichen geografischen, politischen und bergbaugeschichtlichen Merkmalen beschrieben werden: Ibbenbüren, das Ruhrgebiet und das Saarland. Untersucht wurden die

vorherrschenden Meinungen und Emotionen der Bevölkerung zu Grubenwasser, Grubenwasserbehandlung, Grubenflutung sowie die Akzeptanz der Sanierungsmaßnahmen und des Bergbauunternehmens. Die Studie basiert auf einer repräsentativen Telefon- und Online-Befragung mit 1.527 Teilnehmern für die jeweiligen Regionen.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die lokale öffentliche Meinung zu Grubenflutungen und Bergbauthemen nicht wesentlich unterscheidet, aber im Raum Ibbenbüren im Vergleich zum Ruhrgebiet und dem Saarland insgesamt positiver ist. Im Allgemeinen ist das Interesse an bergbaubezogenen Themen sowie an Fragen des Umweltschutzes oder der erneuerbaren Energien gering, aber diejenigen, die sich für eines der Themen interessieren, interessieren sich auch für die anderen. Die Teilnehmer gaben an, dass sie sich mehr Informationen über Grubenflutungen wünschen. Von den Akteuren, die sich mit Grubenwasser befassen, wird das Bergbauunternehmen am ehesten in der Lage gesehen, potenzielle Probleme zu lösen, während von den Politikern am wenigsten erwartet wird, dass sie sie lösen.

Der Begriff Grubenflutung wird von den Befragten geringfügig positiver gesehen als der Begriff Grubenwasseranstieg. Im Vergleich zu anderen Umfragen weltweit sind die Ergebnisse ähnlich, was darauf hindeutet, dass die Erfahrungen mit dem Bergbauunternehmen die Emotionen gegenüber Sanierungsmaßnahmen und die Risiken, die die Menschen ihnen zuschreiben, beeinflussen. Allerdings wünschen sich die Menschen transparente und verständliche Informationen, stehen der Grubenwasseraufbereitung positiv gegenüber und lehnen Grubenflutungen generell ab.

DAS FORUM BERGBAU UND WASSER

Das *Forum Bergbau und Wasser* (FBW, www.forum-bergbau-wasser.de) wurde im Juli 2017 als treuhänderische Stiftung im *Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.* mit Sitz in Essen gegründet. Dieser ist damit rechtlich in der Pflicht, das Stiftungsvermögen zu verwalten und für die satzungskonforme Verwirklichung der Stiftungszwecke zu sorgen.

Stifterin des *Forums Bergbau und Wasser* ist die *RAG AG*, die die Stiftung mit einer Geldzusage von 5 Mio. Euro ausgestattet hat. Das Forum ist als Stiftung organisiert, um die finanzielle und inhaltliche Unabhängigkeit von der Stifterin zu gewährleisten.

Gemäß Satzung ist die Stiftung selbstlos und unabhängig tätig und verfolgt ausschließlich gemeinnützige Ziele. Ihre Arbeit ist auf eine Dauer von fünfeinhalb Jahren ausgerichtet.

Das *Forum Bergbau und Wasser* fördert Wissenschaft und Forschung auf dem Gebiet der Hydrogeologie mit dem Schwerpunkt Grubenwasser. Besonders berücksichtigt werden dabei die Chancen und Risiken eines Grubenwasseranstiegs (Grubenflutung) nach Einstellung des Steinkohlenbergbaus sowie deren ökologische und ökonomische Konsequenzen. Insbesondere will die Stiftung aktuellen Forschungsbedarf in diesem Bereich klären und bestehende Grubenwasserkonzepte kritisch überprüfen.

Die Stiftung ist sowohl operativ (führt Forschungsprojekte selbst aus) als auch fördernd tätig (vergibt Fördergelder für zuvor definierte Projekte an Dritte). Es verwirklicht seine Ziele durch

- » eigene Grundlagen- und anwendungsbezogene Forschung zum Grubenwasser,
- » die Vergabe von Forschungsaufträgen an Dritte,
- » die Evaluation bereits vorliegender Erkenntnisse,
- » die Unterstützung, Organisation und Durchführung von wissenschaftlichen Veranstaltungen,
- » die Vermittlung und Publikation gewonnener Erkenntnisse.