



# TÄTIGKEITSBERICHT 2020

12. März 2021

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>3</b>
<b>Das Forum Bergbau und Wasser</b> .....	<b>6</b>
<b>Eigene Forschungsaktivitäten</b> .....	<b>8</b>
Belastbarkeit Numerischer Modelle für komplizierte Grubenwasseranstiege .....	9
Bestimmung von Grubenwassereinzugsgebieten .....	13
Monitoringmassnahmen für nachhaltige Grubenwasseranstiegsprozesse .....	16
Reaktiver Stofftransport bei initialer Flutung von stillgelegten Kohlebergwerken .....	19
Beurteilungsgrundlagen und -kriterien für Grubenwasser .....	21
Ermittlung wissenschaftlicher Grundlagen für nachhaltige Grubenwasseranstiegsniveaus .....	23
<b>Förderung externer Forschungsvorhaben</b> .....	<b>26</b>
Thermische und hydrodynamische Vorgänge bei gefluteten Bergbauschächten .....	27
Niedrigtemperatur-Stromgewinnung zur energetischen Inwertsetzung von Grubenwasser .....	30
Auswirkungen eines ungehinderten Grubenwasseranstiegs .....	34
Daten aus der Vergangenheit für die Steuerung eines nachhaltigen Grubenwasseranstiegs .....	37
Ökologisch-wasserwirtschaftliche Auswirkung des Grubenwasserkonzepts der RAG AG .....	40
<b>Publikationen aus dem Forum Bergbau und Wasser</b> .....	<b>43</b>
<b>Organisatorisches</b> .....	<b>49</b>



## ZUSAMMENFASSUNG

## Das Forum Bergbau und Wasser

Das *Forum Bergbau und Wasser* wurde 2017 als treuhänderische Stiftung im Stifterverband gegründet, um Wissenschaft und Forschung zur Hydrogeologie mit dem Schwerpunkt Grubenwasser zu fördern. Seine Arbeit ist auf fünfeinhalb Jahre ausgerichtet. Stifter ist die RAG AG; das Stiftungsvermögen beträgt 5 Mio. €. Das Kuratorium traf sich im Berichtsjahr zu vier Sitzungen, davon drei als Videokonferenzen.

Geplante Dialogveranstaltungen im Saarland, an der Ruhr sowie mit der RAG AG mussten pandemiebedingt abgesagt werden.

Im Dezember hat das *Forum Bergbau und Wasser* seinen ersten Statusbericht zum Stand der Projekte unter besonderer Berücksichtigung der wissenschaftlichen Ergebnisse veröffentlicht.

## Interne Projekte

Die eigenen, operativen Forschungstätigkeiten umfassen die folgenden Projekte:

### Belastbarkeit Numerischer Modelle für komplizierte Grubenwasseranstiege

2020 wurde der numerische finite-Elemente Ansatz für Grubenwasseranstiege weiterentwickelt und für die Bergwerksstandorte Königsborn und Westfalen angewendet. Dabei können sowohl Grubengebäude als auch Gebirge als ein Kontinuum berechnet werden. Die Modelle zeigen für das ungestörte Gebirge sehr langsame Transportgeschwindigkeiten, so dass eine Interaktion mit oberflächennahem Grundwasser auszuschließen ist.

### Bestimmung von Grubenwassereinzugsgebieten

2020 wurden zwei Probenahmekampagnen im Gebiet der bayrischen Pechkohle durchgeführt sowie das Projektgebiet hydrogeologisch kartiert. Die Auswertung und Interpretation der Daten ist seit Herbst 2020 im Gange. Die Proben von sekundären Ausfällungen aus dem Ibbenbürener Ostfeld werden im Hinblick auf ihre Relevanz für die chemische Zusammensetzung der Drainagewässer momentan experimentell, chemisch und mineralogisch untersucht. Die Daten sollen in die Erstellung des reaktiven Transportmodells einfließen

### Monitoringmaßnahmen für nachhaltige Grubenwasseranstiegsprozesse

Über 500 Analysen der Haupt- und Spurenelementverteilungen wurden aus vorhandenen Literaturdaten der Evaluation natürlicher Tracer für ein geplantes hydrogeochemisches Monitoring hinzugefügt.

### Reaktiver Stofftransport bei initialer Flutung von stillgelegten Kohlebergwerken

Im Rahmen des Projekts wurden vier Bohrungen des geplanten Grubenwasserkanals in Ibbenbüren analysiert. Die Proben wurden mineralogisch untersucht und die Dünnschliffe mikroskopisch ausgewertet. Zusätzlich erfolgte die chemische Analyse mittels RFA und REM. Basierend auf den petrographischen Daten und dem konzeptionellen Modell (AG Hilberg/Rinder) wird ein numerisches reaktives Stofftransportmodell aufgesetzt.

### Beurteilungsgrundlagen und -kriterien für Grubenwasser

Insgesamt konnten bisher für das Bergbaurevier Ibbenbüren 892, für das Ruhrgebiet 1811 und für das Saarland 2021 Analyseergebnisse zusammengetragen werden. Die Auswertungen erfolgten für das Bergwerk Ibbenbüren in Hinsicht auf Hintergrundwerte und eine mögliche Rohstoffrückgewinnung. Des Weiteren konnten die Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs in Bezug auf geologische und rechtliche Aspekte abschließend ausgewertet werden.

## **Wissenschaftliche Grundlagen für nachhaltige Grubenwasseranstiegsniveaus**

Der Stratifizierungsvergleich beinhaltet derzeit 40 verschiedene Schächte mit teils sich mehrfach wiederholenden Tiefenprofilmessungen. Der im Juni 2019 begonnene Langzeitversuch im Nikolaus-Bader-Schacht in Biberwier/Tirol wurde 2020 fortgesetzt. In Zusammenarbeit mit TU Bergakademie Freiberg wurde eine repräsentative Bevölkerungsumfrage zum Thema Grubenwasser durchgeführt.

## **Externe Projekte**

Im Frühjahr 2019 hat die Stiftung Forschungsförderungen zu drei verschiedenen Themengebieten („Inwertsetzung der energetischen Nutzungspotenziale von Grubenwasser, „Nachhaltige Grubenwasseranstiegsniveaus“, „Ökologisch-wasserwirtschaftliche Auswirkungen der Grubenwasserkonzepte“) ausgeschrieben. Die folgenden Projekte wurden an externe Forschungspartner bewilligt:

### **Thermischen und hydrodynamischen Vorgänge [...] am Beispiel des Eduard-Schachts**

Es wurden die Temperaturmessungen ausgewertet und eine thermisch-hydrodynamische Modellierung vorgenommen. Vor allem in den oberen Bereichen zeigt sich eine deutliche Reaktion der Temperaturen auf die durch die Wärmepumpe entzogene Leistung. Eine dauerhafte Temperaturabsenkung im Schacht konnte nicht festgestellt werden.

### **Möglichkeiten der Niedrigtemperatur-Stromgewinnung und Energiespeicherung**

Vorhandene und in Entwicklung befindliche Technologien zur Energieerzeugung wurden vorbewertet und neben Nutzungsmöglichkeiten des Energiepotenzials auch Speichertechnologien betrachtet. Als vielversprechend wird der Einsatz einer noch weiter zu diskutierenden Systemtechnologie erachtet, die verschiedene Energiequellen nutzt und eine möglichst umfängliche Nutzung des Energiepotentials verfolgt.

### **Auswirkungen eines ungehinderten Grubenwasseranstiegs**

Für die hydrogeologische Modellvorstellung erfolgte die Ableitung eines hydraulischen Druckniveaus, auf welches das Tiefengrundwasser (Grubenwasser) ohne künstliche Beeinflussung ansteigen würde. Demnach besteht für Teile der Poldergebiete eine potenzielle Überschwemmungsgefährdung. Die Modellsimulation zeigt zudem auf die Bereiche der potenziellen Überschwemmungsflächen beschränkte Grundwasseranstiege.

### **Daten aus der Vergangenheit für die zukünftige Steuerung eines Grubenwasseranstiegs**

Die Präparation und röntgendiffraktometrische Untersuchung der Proben ist nahezu vollendet. Weiterhin wurde auch die Sr-Isotopie in das Untersuchungsprogramm mit aufgenommen. Vorläufig kristallisiert sich heraus, dass die untersuchten Minerale Baryt, Calcit, Pyrit/Markasit, Coelestin und Strontianit mindestens zwei unterschiedlichen Fluid-Systemen zugeordnet werden können, die voneinander entkoppelt sind.

### **Ökologisch-wasserwirtschaftliche Auswirkung auf den Rhein**

Das Ziel dieses Vorhabens ist eine Abschätzung der Einflüsse des Grubenwasserkonzepts der Ruhrkohle AG auf die ökologische Qualität des Rheins. Aktuell werden die Frachten für mögliche Einleitungsszenarien u mittels QSIM abgeleitet. Die Grundstruktur des ökologischen Modells wurde fertiggestellt, die für die Parametrisierung notwendigen Experimente sind zum großen Teil abgeschlossen.



**DAS FORUM BERGBAU UND WASSER  
(FBW)**

## Organisationsform

Das *Forum Bergbau und Wasser* (FBW) 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. Dazu hat der *Stifterverband* die Verwaltung seiner Tochter, der *DSZ – Deutsches Stiftungszentrum GmbH*, übertragen.

Stifter 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 fünfenehalb Jahren ausgerichtet.

## Auftrag

Gemäß Satzung fördert das *Forum Bergbau und Wasser* 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.

## Personen

Für die Steuerung der Stiftung sowie die operativen Forschungstätigkeiten ist ein Kuratorium zuständig, das grundsätzlich ehrenamtlich tätig ist. Mitglieder des Kuratoriums sind

- » Dir. und Prof. a.D. Dr. Wilhelm Struckmeier, Burgdorf (Vorsitzender)
- » Prof. Dr. Christian Melchers, TH Georg Agricola Bochum (stellv. Vorsitzender)
- » Prof. Dr. Maria-Theresia Schafmeister, Universität Greifswald
- » Prof. Dr. Sylke Hilberg, Paris Lodron Universität Salzburg
- » Prof. Dr. Christian Wolkersdorfer, Tshwane University of Technology, Pretoria
- » Prof. Dr. Georg H. E. Wieber, Universität Mainz
- » Dipl.-Stat. Rainer Lüdtkke, Stifterverband, Essen

Für die operative Tätigkeit der Stiftung haben die Kurator(inn)en die folgenden wissenschaftlichen Mitarbeiter(innen) eingestellt (Stand 31. Dezember 2020).

- » Dipl.-Geol. Henning Jasnowski-Peters (Prof. Melchers)
- » Dr. rer. nat. Timo Kessler (Prof. Schafmeister)
- » Dr. rer. nat. Thomas Rinder (Prof. Hilberg)
- » MSc Diego Alexander Bedoya Gonzalez (Prof. Hilberg, Prof. Schafmeister)
- » MSc Elke Mugova (Prof. Wolkersdorfer)
- » Dr. rer. nat. Marion Stemke (Prof. Wieber)



EIGENE OPERATIVE  
FORSCHUNGSAKTIVITÄTEN





# BELASTBARKEIT NUMERISCHER MODELLE FÜR KOMPLIZIERTE GRUBENWASSERANSTIEGE (NUMGRU)

Prof. Dr. M.-Th. Schafmeister, Greifswald (Projektleiterin)

Dr. T. Kessler (wiss. Mitarbeiter)

Projektdauer: 2017-2022

## Vergleich verschiedener numerischer Modellansätze (am Beispiel Königsborn)

### INHALTLICHE AKTIVITÄTEN

Das in Kooperation mit der DMT bearbeitete Teilprojekt vergleicht und bewertet zwei alternative numerische Modellansätze für einen ausgewählten Bergwerksstandort. Dies beinhaltet seitens der DMT die Bereitstellung von Daten und Expertise mit dem Ziel, die unterschiedliche Parametrisierung eines räumlich aufgelösten finite-Elemente Modells und eines von der RAG/DMT häufig angewendeten pond-and-pipe Modells abzugleichen.

Für den ausgewählten Standort Königsborn wurden seitens DMT umfangreiche Daten und Informationen, die zum Modellaufbau notwendig sind zur Verfügung gestellt. Davon ausgeschlossen waren Daten zur Geometrie des Grubengebäudes, welche die RAG intern archiviert. Diese Daten sind für einen finalen Modellaufbau unerlässlich, da für die Berechnung des Grubenwasserstandes im Grubengebäude die Volumina der Hohlräume von Bedeutung sind. Diese Daten wurden bei der RAG mehrfach angefragt und die Übertragung der Daten ist derzeit in Bearbeitung (Februar 2021).

Der diskretisierte Finite-Elemente Ansatz ist für das Bergwerk Königsborn zum jetzigen Stand funktional und ein Grubenwasseranstieg im Grubengebäude sowie im Nebengebirge kann instationär berechnet werden. Ebenso liegen die Berechnungsergebnisse der pond-and-pipe Modellierung (BoxModell3D) für den erfolgten Grubenwasseranstieg in Königsborn vor. Ein Abschlussworkshop zum Modellvergleich und Parameteradaptation wird - sobald die derzeitigen Reisebeschränkungen aufgehoben sind - bei der DMT in Essen stattfinden.

### VERÖFFENTLICHUNG

Eine Publikation in einer wissenschaftlichen Zeitschrift zu diesem Thema wird in Zusammenarbeit mit Herrn Kories von der DMT vorbereitet ([21]). Ebenso wird der Modellvergleich auf der IMWA Konferenz 2021 in Wales vorgestellt werden.

## Belastbarkeit Numerischer Modelle für komplizierte Grubenwasseranstiege (NumGru)

### INHALTLICHE AKTIVITÄTEN

Im Jahr 2020 wurde der numerische finite-Elemente Ansatz für Grubenwasseranstiege weiterentwickelt und für die beiden ehemaligen Bergwerksstandorte Königsborn und Westfalen angewendet. Eine einheitliche Modellkonzeption und Parametrisierung konnte dahingehend gefunden werden, dass sowohl Grubengebäude als auch Gebirge als ein Kontinuum betrachtet und berechnet werden können. Dieser Aufbau hat den Vorteil, dass das Modell anhand von Grubenwasseranstiegskurven im Grubengebäude kalibriert und gleichzeitig der Wasserspiegel im Nebengebirge berechnet werden kann. Eine umgekehrte Vorgehensweise ist ebenso möglich.

Die Strömungsmodelle wurden im weiteren Verlauf zu Transportmodellen erweitert um die Fließpfade und Verweilzeiten im Bergwerk berechnen zu können. Diese zeigen für das ungestörte Gebirge erwartungsgemäß sehr langsame Transportgeschwindigkeiten, so dass eine Interaktion mit oberflächennahem Grundwasser auszuschließen ist. Bei einer Integration von Klüften und bergbaulichen Hohlräumen durch Zerrüttungen steigen die Transportgeschwindigkeiten um mehrere Größenordnungen an. Je präziser die bergbaulichen Hohlräume im Modell abgebildet werden können umso geringer sind die Unsicherheiten der Modellierungen zu erwarten. Dazu wurden für den Standort Westfalen die Grubengeometrie anhand von Risswerken und Karten digitalisiert und in Form eines konzeptionellen Modells aufbereitet. Ähnliches soll für den Standort Königsborn geschehen. Die notwendigen Datengrundlagen, sind bei der RAG AG angefragt, bisher allerdings noch nicht übermittelt worden.

**ÜBERSICHT ARBEITSPAKETE**

Leider haben sich zeitliche Verschiebungen und somit eine Anpassung der Arbeitspakete ergeben (Tabelle 1). Zum einen haben sich zwei Teilprojekte wie die Kollaboration mit der DMT und der wissenschaftlichen Betreuung der Dissertation zum reaktiven Stofftransport ergeben. Andererseits hat die methodische Entwicklung eines passenden Modellierungsansatzes für den Grubenwasseranstieg wesentlich mehr Zeit in Anspruch genommen als ursprünglich vorgesehen.

Tabelle 1: Übersichtszeitplan des Teilprojekts NumGru

	2018	2019	2020	2021
Arbeitspakete	<b>AP1 –</b> Erstellung eines konzeptionellen und numerisches GW-Modells für Grubenwasseranstiege an versch. Standorten	<b>Fortsetzung AP1</b> <b>Teilprojekt DMT</b> Modellvergleich Grubenwasseranstieg (Kontinuum vs. Box-Modell) in Kollaboration mit DMT	<b>Abschluss AP1</b> <b>Teilprojekt DMT</b> Modellvergleich Grubenwasseranstieg (Kontinuum vs. Box-Modell) in Kollaboration mit DMT	<b>AP2</b> Numerische und stochastische Experimente für kleinskalige hydrogeologische Phänomene in Grubengebäuden
		<b>Teilprojekt PhD</b> Entwicklung eines eindimensionalen reaktiven Stoffmodells (Bedoya)	<b>Teilprojekt PhD</b> Entwicklung eines eindimensionalen reaktiven Stoffmodells (Bedoya)	<b>Teilprojekt PhD</b> Entwicklung eines eindimensionalen reaktiven Stoffmodells
Tagungen	1) FH-DGGV in Bochum, Dt.	2) Geo-MAP Konferenz, Freiberg, Dt.	3) FH-DGGV in Leipzig (abgesagt)	4) IMWA Konferenz in Wales, UK
Publikationen			Publikation Artikel zum Status Quo Grubenwasseranstieg	Artikel zu Modellvergleichen Grubenwasseranstiege Artikel zu stochastischer Optimierung von Grubenwassermodellen

**ADMINISTRATIVE TÄTIGKEITEN:**

Die Dissertationsstelle „Reaktiver Stofftransport bei Grubenflutungen“ wird in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Hilberg/Rinder wissenschaftlich betreut. Ein Teil der Arbeiten von Diego Alexander Bedoya Gonzalez konzentrierte sich 2020 auf die Modellierung mit dem Softwarepaket ToughReact. Mit diesem wurde ein eindimensionales Strömungsmodell für den Standort Ibbenbüren entwickelt um die Infiltration von Wasser in das Gebirge und den Wasseraustausch zwischen Kluft und Gebirgsmatrix zu berechnen (siehe separater Tätigkeitsbericht Bedoya Gonzalez).

Die Betreuung einer Masterarbeit zum Thema Interaktion von oberflächlichem mit tiefem Grundwasser in Bergbaurevieren wurde an der Universität Greifswald ausgeschrieben und besetzt. Ein Abschluss der Arbeit ist im Frühjahr 2021 zu erwarten.

#### **TAGUNGEN UND VERÖFFENTLICHUNGEN**

Ein Vortrag auf der FH-DGGV Tagung in Leipzig mit dem Titel „Reactive Transport Modelling Within the Hydraulic Framework of Failure Zones Due to Underground Mining“ entfiel aufgrund der Absage der Tagung. Die Arbeitsgruppe hat bisher zwei wissenschaftliche Publikationen veröffentlicht ([1], [6]), vier weitere sind in Vorbereitung ([21], [22], [23], [24]).



# BESTIMMUNG VON GRUBENWASSER- EINZUGSGEBIETEN: PROZESSE UND DYNAMIK DER GRUNDWASSERNEUBILDUNG

Prof. Dr. S. Hilberg, Salzburg (Projektleiterin)

Dr. T. Rinder (wiss. Mitarbeiter)

Projektdauer: 2017-2022

## Ziele

Im Rahmen dieses Projektes wird federführend das vom Kuratorium definierte Oberthema „Hydrogeochemische Gesamtanalysen“ betreut.

Eine detaillierte statistische Auswertung und Interpretation hydrochemischer und isopenhydrologischer Daten von Grund- bzw. Grubenwassersystemen soll zu einem konzeptionellen Prozessverständnis führen und kann damit auch als Validierungsgrundlage für numerische und analoge Modellierungsansätze dienen, die im Rahmen weiterer Forschungsthemen des *Forums Bergbau und Wasser* behandelt werden sollen. Das Projekt sieht eine mehrphasige Bearbeitung bestehend aus Datenakquise, Dateninterpretation und Prognose vor. Im Berichtszeitraum wurden die Projektphasen Datenakquise und Dateninterpretation bearbeitet.

## Tätigkeiten im Berichtszeitraum

Die Ergebnisse der im Jahr 2018 im Modellgebiet Ibbenbüren durchgeführten Probenahmekampagnen wurden im Juli 2020 erfolgreich veröffentlicht. Im ersten Halbjahr 2020 waren hierzu Arbeiten im Rahmen von Revisionen im Peer review Verfahren nötig.

Im Rahmen des gemeinsamen Dissertationsprojekts mit der Arbeitsgruppe Schafmeister/Kessler wurden vier Bohrkernproben von Bohrungen entlang des geplanten Grubenwasserkanals in Ibbenbüren analysiert. Die Proben wurden mineralogisch untersucht und die Dünnschliffe mikroskopisch ausgewertet. Zusätzlich erfolgte die chemische Analyse mittels RFA und REM. Es wurden statische und kinetische Tests über das Verwitterungsverhalten der Proben durchgeführt, um Eingangsdaten für die weiterführende Modellierung des reaktiven Transports zu erhalten. Die Ergebnisse der Charakterisierung sollen in Q2 2021 in der Peer review Zeitschrift „Minerals“ veröffentlicht werden.

Im Juli und August 2020 wurden zwei Probenahmekampagnen im Gebiet der bayrischen Pechkohle durchgeführt (Umfang ca. 20 Proben) sowie das Projektgebiet hydrogeologisch kartiert. Die Analysen der Proben liegen nun vor. Im Zusammenhang mit diesem Projekt wurden auch Elutionsversuche von Feststoffproben der ehemaligen Bergbauhalde durchgeführt.

## Projektstand Ende 2020

### PROJEKTGEBIET IBBENBÜREN

Die für 2020 geplante Beprobung im Dickenberger Stollen als Basis für die Erstellung eines reaktiven Transportmodells zum Ibbenbürener Westfeld konnte Pandemie-bedingt im Jahr 2020 nicht stattfinden. Inzwischen konnten jedoch hydrochemische Daten aus dem Dickenberger Stollen aus den Jahren 2015-2019 erhoben werden. Der Untersuchungsansatz wurde auf Basis der verfügbaren Daten adaptiert, sodass die Beprobung voraussichtlich nicht mehr notwendig sein wird, um sowohl das konzeptionelle Modell als auch die Stofftransportmodellierung im Modellgebiet Ibbenbüren in der verbleibenden Projektlaufzeit erfolgreich abzuschließen. Die Erstellung eines reaktiven Transportmodells zum Ibbenbürener Westfeld wird in enger Zusammenarbeit mit der Dissertationsstelle von Diego Bedoya (Kooperationsprojekt mit der AG Schafmeister/Kessler) durchgeführt.

Im Herbst 2020 sind Proben von sekundären Ausfällungen aus dem Ibbenbürener Ostfeld eingetroffen. Die Relevanz dieser Ausfällungen für die chemische Zusammensetzung der Drainagewässer wird momentan experimentell, chemisch und mineralogisch untersucht. Die Daten sollen in die Erstellung des reaktiven Transportmodells einfließen.

Die Ergebnisse der Studie zum Ibbenbürener Ostfeld wurden in der internationalen Fachzeitschrift *Applied Geochemistry* publiziert ([3]).

Eine abschließende Präsentation des Projektes im Rahmen der FH-DGGV Tagung in Leipzig entfiel leider. Die eingereichte Kurzfassung wurde jedoch im Tagungsband veröffentlicht ([4][5]). Es ist nun geplant, das Thema im Rahmen der IMWA Tagung in Wales 2021 noch einmal dem interessierten Fachpublikum vorzustellen.

#### **PROJEKTGEBIET BAYRISCHE PECHKOHLE**

Als weiteres Projektgebiet wurden bereits im Jahr 2019 alte Stollen im Bereich der bayrischen Pechkohle ausgewählt. Die Zusammensetzung der hier frei austretenden Wässer ist in der Qualität typisch für Grubenwässer aus dem Kohlebergbau im Allgemeinen und liefert Aussagen über die zeitliche Entwicklung von Grubenwässern ohne aktive Grubenwasserhaltung. Die Arbeiten hier sollen dazu beitragen, in den Modellen zu erstellende Prognosen (s.o.) der langjährigen Grubenwasserentwicklung zu untermauern. Eine abschließende Beprobung wurde im Sommer 2020 durchgeführt – die Auswertung und Interpretation der Daten erfolgt im Rahmen einer Masterarbeit und ist seit Herbst 2020 im Gange. Eine Publikation dieser Studie ist für 2021 geplant.



# MONITORINGMAßNAHMEN FÜR NACHHALTIGE GRUBENWASSERANSTIEGSPROZESSE

Prof. Dr. Ch. Melchers, Bochum (Projektleiter)

H. Jasnowski-Peters (wiss. Mitarbeiter)

Projektdauer: 2017-2022



Im Jahr 2020 wurden im internen Forschungsvorhaben „Konzeption von Monitoringmaßnahmen für nachhaltige Grubenwasseranstiegsprozesse“ weitere wissenschaftliche Daten erhoben und ausgewertet. Es wurden zwei Masterstudenten für Teilprojekte eingestellt.

Die erhobenen Daten/Projekte in 2020 erfassen dabei:

1. Hydrogeochemische Daten (Literaturdaten und eigene Analysen) zur Haupt- und Spurenelementverteilung der einzelnen regionalen Aquifere und Grubenwässer im Ruhrrevier
2. Bohrlochgeophysikalische Daten und Kernaufnahme der Bohrung Lippramsdorf im Programm „Tiefe Pegel“ der RAG
3. Röntgendiffraktometrie-Daten der mineralischen Zusammensetzung, insbesondere der Tonmineralogie, innerhalb der Bohrung Waltrop 2 anhand von Cuttings/Kernmaterial
4. Triaxialzellen-Tests mit Bentheimer Sandstein zur Ermittlung der Durchlässigkeitsbeiwerte/Permeabilitäten innerhalb des Deckgebirges
5. Begutachtung der „Inwertsetzung des energetischen Nutzungspotentials von Grubenwasser“, externes Projekt an der Ruhr Universität Bochum (Dr. Schiffer/Prof. Wohnlich)

### **Zu 1) Hydrogeochemische Daten**

Im Bereich Hydrogeochemie wurden 500+ Analysen der Haupt- und Spurenelementverteilungen aus vorhandenen Literaturdaten im Raum Münsterländer Becken/Ruhrgebiet sowie im Norddeutschen Becken in die Evaluation der natürlichen Tracer für ein geplantes hydrogeochemisches Monitoring im Rahmen des Risikomanagements des Grubenwasseranstiegs im Ruhrrevier hinzugefügt. Ziel ist es gesicherte Vorsorgen über die Fluidbewegungen der Grubenwässer im Untergrund und der Früherkennung für potentielle Mischungen mit regionalen Aquiferen bei Grubenwasseranstieg machen zu können.

Hierzu sind derzeit zwei Publikationen in peer-reviewed internationalen Fachzeitschriften in Präparation. Der erste Artikel ([17]) befasst sich mit der Tiefenwasserthematik und der Unterscheidung anhand der Bromid- und Cl/Br-Verhältnis-Thematik.

Der zweite Artikel ([18]) befasst sich mit einem erweiterten Tracer-Ansatz, der neben den Bromid-Daten, Lithiumdaten und weitere stabile Isotopensysteme umfasst.

### **Zu 2) Bohrlochgeophysikalische Daten**

Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung der Errichtung der tiefen Grundwassermessstellen für ein hydrologisches und hydrochemisches Monitoring im Deckgebirge wurde an der im Frühjahr-Sommer 2020 fertiggestellten Bohrung Lippramsdorf Kernmaterial lithostratigraphisch analysiert und explizit Bohrlochgeophysik gefahren, um Permeabilitäten nach den gescheiterten hydraulischen Tests der Fa. MeSy indirekt durch Widerstandsmessungen und Dichtemessungen zu generieren.

### **Zu 3) Röntgendiffraktometrie-Daten**

Die systematische Evaluierung des Tonmineral-Inventars in der Bohrung Waltrop 2 wurde durchgeführt. Hierzu wurde der Workflow der Tonmineralaufbereitung stark optimiert, so dass nun alle gängigen Tonminerale in den Referenzproben semiquantitativ detektiert werden konnten. Insgesamt wurden 22 Proben bearbeitet. TOC/IC Messungen an den Proben wurden am Geologischen Dienst NRW vorgenommen. Die Daten aus 2019 an der Bohrung Waltrop 1 werden in 01/2021 publiziert [14].

#### **Zu 4) Triaxialzellen-Tests**

Die Vorbereitungen für das Einfahren der Triaxialzelle im Labor des FZN wurden abgeschlossen. 30 cm Kerne wurden aus Blöcken des Bentheimer Sandsteins erfolgreich gebohrt, Dünnschliffe und Röntgendiffraktomerie-Daten zur Charakterisierung erhoben, und die ersten Tests mit der Triaxialzelle gefahren. Die Triaxialzelle wurde mit neuer Software ausgestattet, es werden interne Porendruck-Sensoren installiert und somit die Anlage für eine genauere Porenwassersättigung zu konditioniert.

#### **Zu 5) Begutachtung**

Die Begutachtung des Projektes „Inwertsetzung des energetischen Nutzungspotentials von Grubenwasser“ fand im Frühjahr und Herbst 2020 statt. Ein Team-Treffen mit Powerpoint-Slides über den Status Quo des Berichts wurde abgehalten und ein Sachbericht für das Jahr 2020 an den Stifterverband von Dr. Schiffer übermittelt.



# REAKTIVER STOFFTRANSPORT BEI INITIALER FLUTUNG VON STILLGELEGTEN KOHLEBERGWERKEN

Prof. Dr. M.-Th. Schafmeister, Greifswald (Projektleiterin)

Prof. Dr. S. Hilberg, Salzburg (Projektleiterin)

Diego Alexander Bedoya Gonzalez (wiss. Mitarbeiter)

Projektdauer: 2019-2022

## Ziele

An der Schnittstelle zwischen den Teildisziplinen „Hydrochemische Charakterisierung von Grubenwasser“ und „Numerische Modellierungsansätze für Grubenwasseranstiege“ wurde im Jahr 2019 eine Dissertationsstelle eingerichtet. Thematisch umfasst das Projekt die „Reaktive Stofftransportmodellierung“ in Grubengebäuden bzw. in den Verbruchbereichen von Steinkohlebergwerken.

Im Projekt sollen folgende Forschungsfragen bearbeitet werden:

- » Wie kann reaktiver Stofftransport in geklüfteten Verbruchbereichen von Bergwerken modelliert werden unter Berücksichtigung der geomechanischen Dynamik darüber liegender Gesteinsschichten?
- » Ist hierfür ein einfacher oder multipler Kontinuumansatz notwendig und wie wirken sich unterschiedliche Ansätze auf das Ergebnis der Modellierung aus?
- » Welche Rolle spielt dispersiver Transport im Hinblick auf die relativ großen Hohlräume im Verbruch?

Die Arbeiten dazu werden anhand einer Fallstudie über den gefluteten Karbonhorst des Ibbenbürener Westfeldes durchgeführt.

## Tätigkeiten im Berichtszeitraum

Im Rahmen des gemeinsamen Dissertationsprojekts mit der Arbeitsgruppe Schafmeister/Kessler wurden vier Bohrungen des geplanten Grubenwasserkanals in Ibbenbüren analysiert. Die Proben wurden mineralogisch untersucht und die Dünnschliffe mikroskopisch ausgewertet. Zusätzlich erfolgte die chemische Analyse mittels RFA und REM. Es wurden statische und kinetische Tests über das Verwitterungsverhalten der Proben durchgeführt, um Eingangsdaten für die weiterführende Modellierung des reaktiven Transports zu erhalten. Die Ergebnisse der Charakterisierung sollen in Q2 2021 in der Peer review Zeitschrift „Minerals“ veröffentlicht werden.

Basierend auf den petrographischen Daten und dem konzeptionellen Modell (AG Hilberg/Rinder) wird ein numerisches reaktives Stofftransportmodell aufgesetzt. Dazu war im Frühjahr und Sommer 2020 zunächst eine umfassende Auseinandersetzung mit der Modellierungssoftware TOUGHREACT sowie weiteres vertieftes Literaturstudium erforderlich. Vor allem die Einarbeitung in TOUGHREACT wurde durch die Pandemiebedingte Schließung der Universität Salzburg und damit der beschränkte Zugang zu leistungsfähigen Rechnerkapazitäten im Frühjahr 2020 verzögert. Seit Herbst 2020 wird ein erstes Manuskript zur numerischen Modellierung der Hydraulik im Ibbenbürener Westfeld bearbeitet, welches die Grundlagen für die im Jahr 2021 anschließende reaktive Stofftransportmodellierung sein wird.

## Publikationstätigkeiten

Gemeinsam mit den am Dissertationsprojekt beteiligten Arbeitsgruppen Schafmeister/Kessler und Hilberg/Rinder wurden Posterbeiträge für die Tagung der FH-DGGV erarbeitet. Obwohl die Tagung Pandemie bedingt nicht stattfinden konnte, wurde der Tagungsband mit den unten angeführten Beiträgen veröffentlicht ([3], [4], [5], [6]).



# BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN UND -KRITERIEN FÜR GRUBENWASSER

Prof. Dr. G. Wieber, Mainz (Projektleiter)

Dr. M. Stemke (wiss. Mitarbeiterin)

Projektdauer: 2017-2022

## Literaturrecherche

Im Berichtszeitraum wurden weitere Anfragen und Literaturrecherchen insbesondere zum Thema Grubenwasser-Chemismus und Analysen durchgeführt. Die RAG hat weitere Analyseergebnisse der Einleitwässer zur Verfügung gestellt. Insgesamt konnten bisher für das Bergbaurevier Ibbenbüren 892, für das Ruhrgebiet 1811 und für das Saarland 2021 Analyseergebnisse zusammengetragen werden.

## Probenahmen und chemische Analytik

Anfang 2020 war die Probenahme von Tiefenwasser in den saarländischen Bergwerken und der gehobenen Grubenwässer geplant. Diese wurde auf Grund der Corona-Pandemie von Seiten der RAG abgesagt. Gleiches gilt für die Probenahme der Einleitwässer im Ruhrgebiet. Die Probenahmen sind nun für das Jahr 2021 geplant.

## Auswertung

Die Auswertungen der Analysen erfolgten für das Bergwerk Ibbenbüren in Hinsicht auf Hintergrundwerte und einer möglichen Rohstoffrückgewinnung. Die Wasseranalysen für die Bergreviere Saarland und Ruhrgebiet wurden für die Auswertung aufbereitet. Für das Ruhrgebiet musste die Betrachtung zusätzlich die Abhängigkeit von den einzelnen Wasserprovinzen berücksichtigen.

Des Weiteren konnten die Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs in Bezug auf geologische und rechtliche Aspekte abschließend ausgewertet werden. Dazu erfolgten eine Analyse und Auswertung aller relevanten europäischen und deutschen Gesetze, Richtlinien und Vorschriften. Letztendlich konnte eine vergleichende Tabelle mit allen chemischen Richt-, Grenz- und Schwellenwerten, inclusive der als prioritär gefährlich eingestufte Stoffe, erarbeitet werden. Die daraus resultierenden Publikationen wurden eingereicht.

## Tagungen

Die Tagungen der FHDGGV und der IMWA wurden aufgrund der Corona-Pandemie abgesagt.

## Publikationen

Aus der Arbeitsgruppe sind bisher sechs wissenschaftliche Publikationen entstanden ([1], [7], [8], [10], [11], [12]), zwei Publikationen sind zur Veröffentlichung eingereicht ([15], [16]) und zwei in Vorbereitung ([19], [20]). Zudem wurden unter der Anleitung von Prof. Wieber zwei Masterarbeiten fertig gestellt ([29], [30]).

## Sonstiges

Es wurde eine weitere Mitarbeiterin eingestellt.



**ERMITTLUNG WISSENSCHAFTLICHER  
GRUNDLAGEN FÜR NACHHALTIGE  
GRUBENWASSERANSTIEGSNIVEAUS IN  
EHEMALIGEN STEINKOHLNREVIEREN**

**Prof. Dr. Ch. Wolkersdorfer, Pretoria (Projektleiter)**

**E. Mugova (wiss. Mitarbeiterin)**

**Projektdauer: 2017-2022**

Im Rahmen des Teilprojektes „Ermittlung wissenschaftlicher Grundlagen für nachhaltige Grubenwasseranstiegsniveaus in ehemaligen Steinkohlenrevieren“ wird von Prof. Christian Wolkersdorfer und Elke Mugova das Thema „Dichteschichtungen in gefluteten Bergwerken“ bearbeitet.

### **Stratifizierungsvergleiche**

Für die Erstellung eines Stratifizierungsvergleiches zur Untersuchung von Dichteschichtung in gefluteten Untertagebergwerken wurden die sowohl selbst erhobenen Daten ausgewertet als auch eine weitere Datensammlung aus der Fachliteratur vorgenommen. Frau Montserrat Cort Montagut nahm im Rahmen ihrer Masterarbeit die Auswertung der Tiefenprofilmessungen 2019 aus Spanien (geflutetes Kohlebergwerk San Vicente) und Portugal (geflutetes Uranbergwerk Urgeiriça) vor. Die Masterarbeit mit dem Titel „Stratification and physico-chemical Depth Profiles in flooded Under-ground Mines – Implementation and Evaluation“ wurde im Oktober 2020 verteidigt und dient als Unterstützung des Stratifizierungsvergleichs. Auch konnten weitere Tiefenprofilmessungen von der WISMUT GmbH erfasst werden, welche ebenfalls in den Vergleich einfließen. Der Stratifizierungsvergleich beinhaltet Stand Dezember 2020 40 verschiedene Schächte mit teils sich mehrfach wiederholenden Tiefenprofilmessungen. Damit eine Vergleichbarkeit der Schächte gewährleistet ist, erfolgte eine einheitliche Darstellung der Tiefenprofile und der jeweiligen Grubenrisse. Erste Erkenntnisse zeigen, dass eine Ausbildung von Schichtung, und somit eine Trennung der Wasserkörper, im Regelfall an angeschlagenen Strecken stattfindet und durch die Schichtung Wasser mit schlechterer Qualität im Bergwerk verbleibt. Dadurch ist, wie am Beispiel des gefluteten Uranbergwerks Urgeiriça, eine passive Grubenwasserreinigung im Gegensatz zu einer aktiven Anlage möglich. Zu prüfen ist, inwiefern die Schichtung künstlich beeinflusst werden kann. Aus dem Stratifizierungsvergleich lässt sich bereits jetzt schlussfolgern, dass eine Abmauerung der oberen angeschlagenen Strecken eine Verschiebung der Schichtgrenze in tiefere Bereiche des Bergwerks zur Folge hat und sich somit ein größerer oberer Wasserkörper mit relativ besserer Wasserqualität ausbildet.

### **Langzeitversuch**

Der im Juni 2019 begonnene Langzeitversuch zur Beobachtung von Ausbildung und Zusammenbruch von Schichtung im Nikolaus-Bader-Schacht in Biberwier/Tirol wurde 2020 fortgesetzt. Die im November 2019 zusammengebrochene Schichtung bildete sich im Frühsommer 2020 wieder aus, brach aber im November 2020 erneut zusammen. Durch den Abgleich mit den Wetterdaten der nahe gelegenen teilautomatischen Wetterstation in Ehrwald lässt sich ableiten, dass Schichtung in oberflächennahen Wasserkörpern saisonalen Einflüssen unterliegt, vor allem Frost scheint zum Zusammenbruch zu führen. Die Übertragbarkeit auf Bergwerke mit größerer Teufe muss überprüft werden.

### **Tracertests**

Im September 2020 konnte nach langer Verzögerung der geplante Tracertest in der Grube Wolf bei Herdorf begonnen werden. Drei verschiedene fluoreszierende Tracer wurden in unterschiedlicher Teufe dem Grubenwasser zugegeben. Erste Ergebnisse werden im Frühling/Sommer 2021 erwartet. Im Mittelpunkt steht dabei die Frage, ob die in vorherigen Untersuchungen festgestellte Dichteschichtung im Schacht Wolf durchbrochen wird und welche Fließgeschwindigkeiten und Fließwege im Bergwerk vorherrschen. Neue Erkenntnisse über hydrodynamische Bedingungen in gefluteten Bergwerken liefern die Grundlage für die Beurteilung nachhaltiger Flutungsniveaus.



## Umfrage

In Zusammenarbeit mit der Medienwissenschaftlerin Stefanie Walter (TU Bergakademie Freiberg) wurde eine repräsentative Bevölkerungsumfrage zum Thema Grubenwasser durchgeführt. Die Ergebnisse der Umfrage werden 2021 in einer Fachzeitschrift publiziert.

## Konferenzen und Publikationen

Im Oktober 2020 war die Teilnahme und ein Vortrag zu den Untersuchungen am Nikolaus-Bader-Schacht beim Geoforum Umhausen/Tirol geplant. Auf Grund der COVID-19 Situation wurde die Veranstaltung abgesagt; die Veröffentlichung des Tagungsbeitrags erfolgte online auf der Website des Geoforum Umhausen. Ebenso wurde die IMWA Konferenz 2020 in Neuseeland abgesagt, die eingereichten Abstracts (Nikolaus-Bader-Schacht und Bevölkerungsumfrage Grubenwasser) konnten auf die IMWA Konferenz 2021 übertragen werden.

Zwei für das Forum Bergbau und Wasser relevante Publikationen ([1], [2]) erfolgten im Berichtszeitraum. Sämtliche Publikationen des Jahres 2020 der Arbeitsgruppe Wolkersdorfer sind auf folgender Webseite einsehbar und stehen dort zum Herunterladen bereit:

<https://www.wolkersdorfer.info/ueber-mich/publikationen.html> .

Für das Forum Bergbau und Wasser wurde ein Zwischenbericht angefertigt, welcher der Ruhrkohle AG übergeben wurde. Schwerpunkte in diesem Bericht sind die Erläuterung der verschiedenen Forschungsfragen, Lösungsansätze und Verknüpfung dieser (Abb. 1).



Abb. 1: SANKEY-Diagramm der Untersuchungsziele und der durchgeführten Untersuchungen, um diese zu erreichen



FÖRDERUNG EXTERNER  
FORSCHUNGSVORHABEN



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

**Projektleiter: T. König, Energeticon gGmbH, Aachen**

**Schwerpunkt: Inwertsetzung der energetischen Nutzungspotenziale**

**Betreuerin: Prof. Schafmeister**

**Fördersumme: 103 Tsd. €**

**Förderdauer: 24 Monate**

## Veranlassung

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 im Rahmen des Förderprojektes *GrEEN* (GrubenwasserEnergie für das *ENERGETICON*) mit Fördermitteln des Landes NRW und der Innogy SE eine 860 m tiefe Erdwärmesonde freihängend in den offenen, mit Grubenwasser gefüllten Schacht eingebaut. Die Anlage wurde im November 2018 in Betrieb genommen.

Die Stiftung *Forum Bergbau und Wasser* fördert einen Projektantrag der *ENERGETICON* gGmbH im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Inwertsetzung der energetischen Nutzungspotenziale von Grubenwasser. Die Ergebnisse der im Zeitraum 01.01. bis 31.12.2020 durchgeführten Arbeiten sind in einem 2. Sachstandsbericht dokumentiert.

## Durchgeführte Arbeiten

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden im Jahr 2020 folgende Arbeiten durchgeführt:

- » Detailplanungen für den Einbau von Hybridkabeln im Eduard-Schacht und Anpassung des Untersuchungsprogramms;
- » Abstimmungen zur Durchführung der Konfektionierung des Hybridkabels für den Einbau in den Eduard-Schacht;
- » Bearbeitung der Ausschreibungsunterlagen für die Konfektionierung und den Einbau des Hybridkabels und Versand der Unterlagen an zehn Fachfirmen;
- » Abstimmungen zur Lieferung des Hybridkabels und zur Durchführung faseroptischer Messungen u.a. mit der Solexperts GmbH, Karlsruhe;
- » Durchführung einer Dummy-Befahrung sowie Temperatur-, Druck- und Salinitätsmessungen in der Pegelleitung am 17. und 24.11.2020;
- » Zusammenstellung und Auswertung der Betriebsdaten der Wärmepumpe bis 10.2019;
- » Zusammenstellung und Auswertung der Ergebnisse der Temperaturmessungen (DTS-Monitoring) im Eduard-Schacht bis 10.2019;
- » Thermische/hydrodynamische Modellierung auf der Grundlage der Messdaten des Thermal Response Tests 2018 und der DTS-Messungen 2019.

## DTS-Monitoring

Das derzeitige DTS-Monitoring erfolgt ohne Aufzeichnung einer gesicherten Vergleichstemperatur, so dass keine absoluten Temperaturdaten vorliegen. Dies zeigt sich schon deutlich in dem Vergleich der vier DTS-Channel, von denen jeweils zwei eigentlich vergleichbare Werte aufzeichnen sollten, aber konstante Temperaturdifferenzen von rd. 2 bis 3 °C aufweisen. Die durch Channel 3 und Channel 2 aufgezeichneten Werte passen deutlich besser zu den mit einer PTSal-Sonde gemessenen Temperaturen in der Pegelleitung. Relative Änderungen der Temperatur können anhand des DTS-Monitorings zeitlich hochaufgelöst erfasst werden.

Es zeigt sich vor allem in den oberen Bereichen eine deutliche Reaktion der DTS-Temperaturen auf die durch die Wärmepumpe entzogene Leistung und die gemessenen Fluidtemperaturen. Anhand der 2019 aufgezeichneten DTS-Daten konnte keine dauerhafte Temperaturabsenkung im Schacht festgestellt werden. So verbleiben die Temperaturen bei konstanter Lastabfrage auf einem Niveau; bei Betriebsunterbrechungen erfolgt innerhalb kurzer Zeit ein Wiederanstieg auf ein konstantes Temperaturniveau. Daraus kann abgeleitet werden, dass das thermische Potential des Schachtes die abgefragte Leistung deutlich übersteigt. Dies zeigt

sich auch in der Analyse der Betriebsdaten, welche ergab, dass sich trotz variierender Sondenvorlauf-temperatur (bzw. Wärmepumpenrücklauf-temperatur) eine konstante Sondenrücklauf-temperatur (=Wärmepumpenvorlauf-temperatur) von etwa 23,5 bis 24 °C einstellte (U6). Weiterhin können die Daten auch zur Beobachtung des Grubenwasseranstiegs herangezogen werden.

### **Numerisches Modell und Simulation des TRT**

Aufbauend auf den vorangegangenen Untersuchungen wurde ein numerisches Modell erstellt, welches trotz starker Vereinfachungen die wesentlichen Zielgrößen, die Rücklauf-temperatur der Sonde bzw. die entzogene Leistung sowie die durch das DTS-Monitoring gemessene Temperaturentwicklung im Untergrund, weitgehend reproduzieren kann. Hierauf aufbauend sollen weitere Simulationsrechnungen anhand der Daten der vergangenen Heizperiode sowie zur Potentialabschätzung der thermischen Kapazität im Grubenwasser durchgeführt werden

### **Ausblick**

Am 15.01.2021 ist der Einreichungstermin für die Angebote zur Konfektionierung und zum Einbau des Hybridkabels in die Pegelleitung. Das Hybridkabel mit einer Länge von 1.800 m wurde bei der Fa. Solexperts, Karlsruhe, bestellt. Unter Berücksichtigung der Lieferzeit ist der Einbau des Kabels in die Pegelleitung des Eduard-Schachts etwa für Mitte März 2021 vorgesehen. Unmittelbar nach dem Einbau ist ein weiterer TRT geplant, der mit dem Hybrid- DTS-Kabel durchgeführt werden soll, welches zeitgleich zur Aufheizphase die Temperatur in der Pegelleitung messen kann. Als Vorbereitung hierzu wurde im November 2020 eine neue Pegelmessung mit einer PTSal-Sonde durch das GGE, RWTH durchgeführt. Aufgrund des im Vergleich zum gesamten Schacht viel kleineren Volumens, ist im Vergleich zu den außen an der Sonde angebrachten DTS-Messungen ein stärkeres Temperatursignal zu erwarten. Basierend auf den bisherigen Erkenntnissen und den weiteren geplanten Untersuchungen sind weitere Anpassungen und Verbesserungen des numerischen Modells geplant. Darauf aufbauend soll eine Simulation der Heizperiode 2019/2020 und Abschätzungen zur theoretisch verfügbaren thermischen Kapazität und Regenerationsfähigkeit des Schachts erfolgen.



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

Projektleiter: Prof. Dr. Wohnlich, RUB Bochum

Schwerpunkt: Inwertsetzung der energetischen Nutzungspotenziale

Betreuer: Prof. Melchers

Fördersumme: 163 Tsd. €

Förderdauer: 24 Monate

## Berichtszeitraum

Das Projekt „Möglichkeiten der Niedrigtemperatur-Stromgewinnung und Energiespeicherung zur Inwertsetzung des energetischen Nutzungspotentials von Grubenwasser“ wurde zum 01.05.2019 begonnen.

Der Startbericht wurde im Sommer 2019 auf der Projekthomepage der Stiftung Forum Bergbau und Wasser online gestellt. Ein erster Zwischenbericht mit Stand 31.12.2019 wurde im Januar 2020 vorgelegt. Mit dem Stand Sommer 2020 wurde ein ausführlicher Arbeitsbericht übergeben.

Der nun vorgelegte 2. Zwischenbericht fasst die im Jahr 2020 erreichten Ergebnisse zusammen und gibt einen Ausblick auf die noch ausstehenden Untersuchungen.

## Projektziele

Der Wandel von der Kohleproduktion zu einem Energiebergbau ist politisch und gesellschaftlich gewünscht, gibt allerdings auch Anlass zur Diskussion. In weiten Teilen der Bevölkerung wird die verbleibende Bergbauinfrastruktur als mögliche Gefahrenquelle wahrgenommen. Der Wunsch, alte Schachtanlagen verwahrt und gesichert zu wissen, steht jedoch im Widerspruch zu den Bemühungen von Wissenschaftlern, eben diese einer gewinnbringenden Nachnutzung zuzuführen. Das im Frühjahr 2019 mit Unterstützung des Forum Bergbau und Wasser an der Ruhr-Universität Bochum (RUB) aufgenommenen Projekt verfolgt exakt diesen Zweck. Es möchte Möglichkeiten aufzeigen, wie insbesondere das im Rahmen der Ewigkeitsaufgaben der RAG Aktiengesellschaft im gehobenen Grubenwasser enthaltene Energiepotential nachhaltig in Wert gesetzt werden kann.

Die Wärmegewinnung stellt nach wie vor die am weitesten verbreitete Nachnutzungsform vorhandener RAG-Bergbauinfrastruktur dar. Allerdings bleiben hierbei große Teile des vorhandenen Potentials ungenutzt. Aufgrund des Strukturwandels in den Bergbauregionen Deutschlands werden alternative Nutzungsformen und der Ausbau bekannter Anwendungen notwendig. Daher gilt es, Möglichkeiten zu evaluieren und Anwendungsbereiche für innovative Technologien zu bewerten. Andere Nutzungen erneuerbarer Energieträger auf ehemaligen Zechengeländen, Halden und anderer dem Bergbau zuzuordnender Infrastruktur stoßen bereits auf positive Resonanz und werden innerhalb des Projektes ebenfalls betrachtet.

## Projekttablauf

Der Fokus der Projektbearbeitung im Jahr 2020 lag auf einer Ausweitung der 2019 aufgenommenen Recherche, die auf Grund der Covid-19-Pandemie und der damit verbundenen Einschränkungen nur in extrem eingeschränktem Maß erfolgen konnte. Vorhandene und in Entwicklung befindliche Technologien zur Energieerzeugung wurden hierbei vorbewertet und neben Nutzungsmöglichkeiten des Energiepotenzials auch Speichertechnologien betrachtet.

## Zwischenergebnisse

Selbstgestellter Auftrag des Projektes ist es, neben diesen Technologien weitere Ansätze für eine Nutzung bzw. Weiterentwicklung am Markt befindlicher Systeme aufzeigen. Das RUB-Team konnte in Verlauf des Jahres eine Auswahl derartiger Technologien herausarbeiten, die für eine Nachnutzung infrage kommen könnten. Teilweise sind diese Ansätze eher experimentell, haben aber auch das Potenzial zur Erzeugung von elektrischem Strom.

Im bisherigen Verlauf des Projektes konnte aufgezeigt werden, dass für die Gewinnung von elektrischer Energie vielversprechende Ansätze in verschiedenen Anwendungsbereichen verfügbar sind. Im Wesentlichen sind dies:

- » die Möglichkeit, einen thermomagnetischen Motor zum Einsatz zu bringen,
- » der Einsatz innovativer ORC-basierter Technologien, die für den Niedrigtemperaturbereich geeignete Arbeitsmittel verwenden, und
- » elektrochemische Anwendungen, insofern die Salinität der Förderwässer hierfür geeignet ist.

Aufbauend auf den ausgewählten Technologien wurde ein Ansatz konzipiert, um das nutzbare energetische Potenzial ggf. auch soweit aufzuwerten, dass ein Einsatz zur Stromgewinnung effizienter wird.

Als vielversprechendes Konzept zur Bewertung wird der Einsatz einer noch weiter zu diskutierenden Systemtechnologie erachtet, die verschiedene Energiequellen nutzt und eine möglichst umfängliche Nutzung des Energiepotentials verfolgt.

Eine Übersicht möglicher Anwendungen in einer solchen Systemtechnologie wird in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

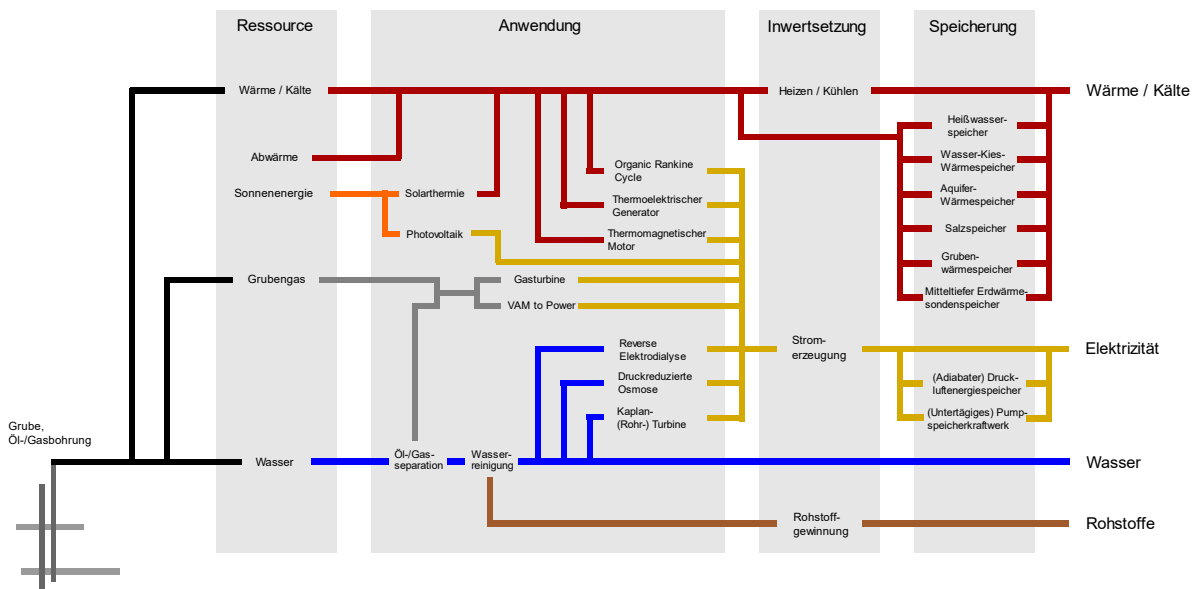


Abbildung 1: Mögliche Niedrigtemperaturanwendungen im Bergbaufeld – Prinzipskizze (Schiffer et al. 2020, unveröffentlicht)

Im Rahmen des Projektes werden hierfür mehrere Masterarbeiten erstellt. Hierbei fokussieren die einzelnen Arbeiten auf Recherchen zur Bewertung eines Teilaspektes. Die Einzelaspekte werden im weiteren Verlauf des Projektes zusammengetragen, um ein möglichst weitreichendes Bild zu erhalten. Das geogene Wärmepotential der Bergbaureviere (i.S. einer Wasserhaltungsprovinz) wird vorgestellt und hinsichtlich vordefinierter Nutzungsbereiche bewertet. Eine besondere Herausforderung dabei stellt die Datenbasis dar, welche für eine Bewertung notwendig ist. Aktuelle Daten zu den Revieren sind nur begrenzt verfügbar.

Auch in der Entwicklung befindliche Anwendungen sind schwierig zu bewerten. Aber das Team stellt sich der Herausforderung Empfehlungen für Standorte und neue Technologien aufzuzeigen.



## Ausblick

Aktuell läuft eine weitere und wichtige Projektphase an, bei der mit Hilfe des ukrainischen Projektpartners DUT für das Projekt wichtige Parameter hinsichtlich einer erfolgreichen Nachnutzung von Schachtstandorten in Modellen zu verarbeiten, um diese bewertbar zu machen. Dabei sollen verschiedene Szenarien und Standortparameter auf ihren Einfluss geprüft werden.

Zur Einstufung potenzieller Einsatzorte ist dafür eine Bewertungsmatrix in der Entwicklung, welche dann auf verschiedene Standorte angewendet werden könnte.

Ziel des seit Anfang 2021 reduzierten RUB-Teams ist es, einen oder mehrere mögliche Pilotstandorte zu identifizieren, für die dann eine erste Studie zur Machbarkeit durchgeführt werden kann.

Die Übertragbarkeit auf andere Bergbaustandorte wäre ein gewinnbringender Beitrag zur Energiewende in Bergbauregionen mit vergleichbaren oder ähnlichen Herausforderungen. Ergebnisse der Recherchen zum Einsatz einer Niedrigtemperatur-Technologie, wie die Stromgewinnung oder anderer Anwendungen, könnten dort frühzeitig umgesetzt werden und den Strukturwandel dieser Regionen positiv beeinflussen. Hierdurch kann nicht nur ein Beitrag zur nachhaltigen Nutzung der Energie aus Grubenwasser, sondern auch für den Wissens- und Technologietransfer in andere Bereiche und als Beitrag zum globalen Klimaschutz geleistet werden.



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

**Projektleiter: Dipl.-Geol. M. Getta, Emschergenossenschaft Essen**

**Schwerpunkt: Nachhaltige Grubenwasseranstiegsniveaus**

**Betreuer: Prof. Wolkersdorfer**

**Fördersumme: 224 Tsd. €**

**Förderdauer: 24 Monate**

## Einführung

Im Zuge des Projekts sollen in den vom Bergbau geprägten Bereichen des Emschergebiets und des südlichen Lippegebiets die Auswirkungen auf das oberflächennahe Grundwasser bei vollständiger Beendigung der Grubenwasserhaltung und die Auswirkungen durch eine Einstellung der Poldermaßnahmen an der Oberfläche untersucht werden.

Es soll ein „worst-case-Szenario“ betrachtet werden, bei dem der ungehinderte Anstieg des Grubenwassers zugelassen wird.

## Hydrogeologische Modellvorstellung

Für die hydrogeologische Modellvorstellung erfolgte die Ableitung eines hydraulischen Druckniveaus, auf welches das Tiefengrundwasser (Grubenwasser) ohne künstliche Beeinflussung ansteigen würde. Dabei lag der Fokus auf der Herleitung des hydraulischen Druckpotentials des unteren regionalen Grundwassersystems des Münsterländer Kreidebeckens. Die Ermittlung der relevanten Punkte für die Ableitung des Druckpotentials erfolgte über eine tiefergehende Betrachtung der (hydro-)geologischen Situation der Schichten der Oberkreide. Es wurden dazu unter anderem fazielle Änderungen in einer West-Ost-Erstreckung sowie die Änderungen der Durchlässigkeiten zwischen den Schichten in der Tiefe betrachtet. Es besteht die Annahme, dass ein hydraulischer Druckausgleich zwischen dem Nord- und Südrand des Beckens vorhanden ist.

Auf Grundlage dieser Betrachtungen wurden am Nordrand, die Höhenlagen der Quellen, die an der Grenze vom Cenomankalk zu den undurchlässigeren labiatus-Schichten des Turons austreten, zur Ableitung des Druckpotentials gewählt. Um den Quellen eine lagegenaue Höhe zuzuordnen zu können, wurden die Quelpunkte mit den Höheninformationen eines Geländemodells (DGM1) verschnitten. Am Südrand des Beckens wurden lokale Tiefpunkte entlang der Karbon-Kreide-Grenze, wie beispielsweise Stollenmundlöcher der Erbstollen, südlich der Grenze gelegene Gewässer sowie Schnittpunkte von nord-süd-verlaufenden Gewässern oder Talstrukturen, die die Kreide-Karbon-Grenze schneiden und das aufsteigende Tiefengrundwasser (Grubenwasser) abführen würden, gewählt. Im Bereich der tonigen tertiären Bedeckung am Westrand des Beckens wurden aufgrund mangelnder Ansatzpunkte keine Druckpotentiale abgeleitet. Das höchste hydraulische Druckpotential liegt im Nordosten des Beckens mit + 216 m NHN; der niedrigste hydraulische Druckpunkt liegt hingegen auf der gegenüberliegenden Beckenseite im Südwesten mit +25 m NHN. Es wurde eine resultierende hydraulische Druckfläche interpoliert, die die ursprünglich „natürlichen“ unregulierten Druckverhältnisse im unteren regionalen Grundwasserleiter des Münsterländer Kreidebeckens darstellt.

## Einstellung der Poldermaßnahmen

Untersucht wurde, welcher Anteil an Polderflächen überschwemmt werden könnte, wenn alle im Untersuchungsgebiet bekannten Pumpwerke außer Betrieb sind. Dazu wurde ein topografischer Ansatz gewählt, hydrologische Analysen erfolgten nicht. Die ausgewiesenen Flächen gelten nur für diese spezifischen Bedingungen.

Auf Basis des DGM 1 wurden die überschwemmungsgefährdeten Flächen ermittelt, die aus morphologischer Sicht überflutet werden können. Dazu wurden an den Pumpwerksstandorten (Tiefpunkte im Abflusssystem) schrittweise die Höhen bestimmt, die für einen möglichen Aufstau von oberirdischem Wasser maßgeblich sind. Ausgehend von diesen Höhen wurden für alle Standorte die Anstiege des Wassers bis zum Überlauf in ein natürlich abfließendes Gewässer oder in eine überschwemmungsgefährdete Fläche eines benachbarten Pumpwerks berechnet.

Als begrenzende Elemente für die Anstiege wurden oberirdische Abläufe, Deiche und Düker berücksichtigt. Nicht berücksichtigt wurden unterirdische und vollständig verrohrte Elemente, wie kommunizierende Röhren und Deichsiele, sowie abflusslose Mulden.

Die Ergebnisse zeigen, dass im Untersuchungsgebiet für Teile der Poldergebiete eine potenzielle Überschwemmungsgefährdung besteht, wenn alle Pumpwerke abgeschaltet würden. In einem weiteren Schritt wurden mit dem Grundwassermodell die Auswirkungen der potenziellen Überschwemmungsflächen auf den Grundwasserstand untersucht (s.u.).

### **Grundwassermodell**

Die Bearbeitung erfolgt mit Hilfe eines Grundwassermodells, welches das oberste GW-Stockwerk abbildet und nahezu das gesamte Emschergebiet abdeckt. Auf rund 40 Teilflächen im südlichen Modellgebiet, in denen der Emschermergel eine geringe Mächtigkeit aufweist, wird eine Tiefenversickerung (Abstrom über die Modellbasis) angesetzt. Die Größenordnung der Tiefenversickerung ergibt sich als Kalibriergröße aus den zugrundeliegenden Teilmodellen.

Für die Orte der Tiefenversickerung wurden zwei Betrachtungen durchgeführt. Erstens wurde angenommen, es erfolgt kein Abstrom mehr über diese Bereiche und zweitens wurde für diese Bereiche angenommen, dass der Druck im Präquartär Werte annimmt, die nicht beeinflusst sind und somit einem vorbergbaulichen Zustand entsprechen.

Bei den Simulationsrechnungen zeigte sich, dass das Szenario S1 (Abstrom gleich Null) lokal zu erheblichen Grundwasseranstiegen führt. In Szenario S2 (Abstrom bei Druckanstieg) tritt dies ebenfalls ein, aber in geringerem Maße. Lokal kommt es gegenüber dem Istzustand zwar auch zu einem Zustrom von Tiefengrundwasser, aber im Vergleich zum Istzustand oftmals nur zu einem verminderten Abstrom.

Darüber hinaus wurden die Auswirkungen einer Beendigung der Polderbewirtschaftung untersucht. Dazu wurden die ermittelten Wasserspiegelhöhen der überschwemmungsgefährdeten Flächen (s.o.) im Grundwassermodell angesetzt. Die Modellsimulation zeigt auf die Bereiche der potenziellen Überschwemmungsflächen beschränkte Grundwasseranstiege, die sich allerdings wegen der Verbreitung in den Poldergebieten großräumig im Modellgebiet auswirken.

In einem weiteren Szenario (S3) wurden die Überschwemmungsflächen mit dem Druckanstieg kombiniert. Die betroffenen Bereiche ergänzen sich dabei. Nur im Osten des Gebietes kommt es kleinräumig zu einer Überlagerung der Tiefenversickerungsbereiche mit den potenziellen Überschwemmungsflächen.



**DATEN AUS DER VERGANGENHEIT ALS  
GRUNDLAGE FÜR DIE ZUKÜNFTIGE  
STEUERUNG EINES NACHHALTIGEN  
GRUBENWASSERANSTIEGS**

**Projektleiter: Prof. Kirnbauer, THGA Bochum**

**Schwerpunkt: Nachhaltige Grubenwasseranstiegsniveaus**

**Betreuerin: Prof. Hilberg**

**Fördersumme: 33 Tsd. €**

**Förderdauer: 24 Monate**

## Plan

Für das ablaufende Jahr 2020 sah der Arbeits- und Zeitplan zunächst im 1. Quartal

- » die Probenvorbereitung und röntgendiffraktometrische Untersuchungen

und anschließend als Hauptarbeitsthemen, vom 1. bis zum 4. Quartal,

- » die Analytik (stabile Isotope) mit anschließender Datenauswertung

vor. Gegen Ende des Jahres sollten nochmals letzte

- » Geländearbeiten

sowie der Beginn der

- » Dateninterpretation

und bereits eine erste

- » Tagungsteilnahme

stattfinden.

## Umsetzung

Bedingt durch die Pandemie konnten die Arbeiten nicht wie geplant stattfinden. Interne und externe Labore waren und sind teilweise wieder geschlossen oder nicht arbeitsfähig. Bedingt durch den zeitlich hintereinander liegenden Ablauf der vier Arbeitsschritte Präparation – röntgendiffraktometrische Untersuchung – C-, S-, O-Isotopie – Sr-Isotopie, die in drei Laboren stattfand und stattfindet, liegen bislang noch nicht alle Daten vor, auch wenn die Präparation und röntgendiffraktometrische Untersuchung der Proben nahezu vollendet ist. Auch Dienstreisen wurden von meinem Arbeitgeber lange Zeit überhaupt nicht und danach dann nur sehr restriktiv genehmigt. Die geplante Tagungsteilnahme musste ebenfalls ausfallen. Tabelle 1 vermittelt einen Überblick über den derzeitigen Stand der Untersuchungen.

Tabelle 1: Übersicht über geplante und bereits erfolgte Untersuchungen.

	Anzahl Proben	Präparation + RBA	S-Isotopie	C-Isotopie	O-Isotopie	Sr-Isotopie
geplant	150	150	112	41	119	0
erledigt	165	157 (von 165)	31 (von 99)	41 (von 65)	97 (von 164)	80 (von 165)

Gegenüber der ursprünglich anvisierten Zahl von 150 Proben konnte die Anzahl auf 165 erhöht werden, da durch den Kontakt mit Mineraliensammlern (ehemaligen Bergleuten) weitere Proben aus dem Ruhrgebiet zugänglich wurden. Durch die ausfallenden Tagungsteilnahmen 2020 und 2021 standen die dafür notwendigen Gelder zur Verfügung. Weiterhin wurde auch die Sr-Isotopie in das Untersuchungsprogramm mit aufgenommen.

Im November des Berichtsjahrs konnte eine Bachelor-Arbeit im Studiengang Geotechnik und Angewandte Geologie der TH Georg Agricola begonnen werden. Sie hat eine 3-D-Visualisierung der Störungen im Ruhrgebiet zur Aufgabe, in der die untersuchten Proben und die aus der Literatur bekannten Mineralbildungen im Ruhrgebiet (Steinkohlengebirge und Deckgebirge) verortet werden sollen. Die Arbeit wird Ende Januar 2021 abgeschlossen sein.

Als vorläufiges Ergebnis der analytischen Arbeiten kristallisiert sich heraus, dass die untersuchten Minerale Baryt, Calcit, Pyrit/Markasit, Coelestin und Strontianit aus dem Steinkohleengebirge und dem Deckgebirge mindestens zwei unterschiedlichen Fluid-Systemen zugeordnet werden können, die voneinander räumlich und/oder zeitlich entkoppelt sind.

Mit den noch ausstehenden Messwerten der stabilen Isotope ist im 1. Quartal 2021 zu rechnen, so dass die endgültige Datenauswertung und -interpretation im 2. Quartal 2021 beginnen kann.



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

Projektleiterin: PD Dr. Winkelmann, Uni Koblenz

Schwerpunkt: Ökologisch-wasserwirtschaftliche Auswirkungen

Betreuer: Prof. Wieber

Fördersumme: 300 Tsd. €

Förderdauer: 24 Monate



## Einleitung

Das Ziel dieses Vorhabens ist eine Abschätzung der Einflüsse des Grubenwasserkonzepts der Ruhrkohle AG auf die ökologische Qualität des Rheins im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sowie auf die Resilienz der Lebensgemeinschaft unter den geänderten Umweltbedingungen. Dazu sollen zuerst mögliche Frachten für relevante Einleitungsszenarien abgeleitet werden. Anschließend ist eine Projektion der Wirkung der Frachten auf die ökologische Qualität der örtlichen Lebensgemeinschaften für diese Szenarien mit einem ökologischen Modell notwendig. Für die Parametrisierung dieses Modelles werden Experimente mit Fischen und Wirbellosen durchgeführt.

## Arbeitsstand

Der Bearbeitungsstand des Projektes liegt leicht hinter dem Zeitplan zurück. Aufgrund der gewährten kostenneutralen Verlängerung sind die Projektziele aber trotzdem zu erreichen und der Endbericht kann fristgerecht abgegeben werden.

Aktuell werden die Frachten für mögliche Einleitungsszenarien unter Einbeziehung klimatischer Veränderungen und absehbarer Veränderungen der Abwärmeeinleitung in den Rhein mittels QSIM abgeleitet.

Die Grundstruktur des ökologischen Modells wurde fertiggestellt und die Parametrisierung des Modells macht gute Fortschritte. Die für die Parametrisierung notwendigen Experimente sind zum großen Teil abgeschlossen.

## Teilprojekt A: Wasserwirtschaftliche Analyse und Erstellung von Belastungsszenarien

Im Teilprojekt A wurden seit dem letzten Zwischenbericht weitere Daten der verschiedenen Qualitätsmessstellen ober- und unterhalb der Einleitungen bzw. Gewässereinmündungen in den Rhein abgefragt und auf Plausibilität geprüft. Dabei zeigte sich u.a., dass die Temperaturmesswerte an der Messstelle Rees seit längerem nicht mehr glaubwürdig sind.

Weiter wurde die Entwicklung der Grubenwassereinleitungen für den Zeitraum 2000 bis 2017 (18 Jahre) für die verschiedenen Gewässer (Rhein, Ruhr, Emscher und Lippe) gegenübergestellt. Hierbei konnte festgestellt werden, dass zum einen die Entwicklung der Grubenwassereinleitungen von der getroffenen Annahme (Gutachten zur Bewertung der Stillsetzungskosten, Alt- und Ewigkeitslasten des Steinkohlenbergbaus der RAG Aktiengesellschaft, Essen vom 23. November 2006) abweicht.

Zur Prognose der Veränderungen der Wasserqualität durch die Grubenwassereinleitungen wurde das Modell QSIM der Bundesanstalt für Gewässerkunde angepasst und verwendet. Im bestehenden Modell QSIM für den frei fließenden Rhein von Karlsruhe bis zur Grenze mit den Niederlanden mussten zunächst für den Ist- und für die Prognose-Zustände „Nahe Zukunft“ und „ferne Zukunft“ die aktuellen Einleitungen aus den Kohle- und Kern- Kraftwerken sowie die entsprechenden Ausstiegsszenarien berücksichtigt werden. Dem Modell liegt eine Reihe von Annahmen zu Grunde. Insbesondere betrifft dies eine angenommene sofortige und vollständige Durchmischung an der Einleitungsstelle, sodass die Modellergebnisse keine Aussagen über die Bedingungen innerhalb der Einleitungsfahne treffen können. Hierzu wäre eine zusätzliche 2D-Modellierung notwendig. Außerdem werden Klimawandeleffekte entsprechend des ICCP-Szenarios RCP 8.5 angenommen (ungebremster Ausstoß von Klimagasen, weltweite Erwärmung Ende 2100 durchschnittlich  $> 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), und das Abschalten verschiedener Kraftwerke aufgrund des Kohle- und Atomkraftausstieges bereits eingerechnet.

## Teilprojekt B: Nahrungsnetz und benthische Lebensgemeinschaft

Die Analyse der Struktur des Nahrungsnetzes fußt auf Daten zur Benthosbesiedlung im Bereich der zukünftigen Einleitungen verwendet (km 979) und einer Analyse der realen Nahrungsnetzbeziehungen mittels

stabiler Isotopen. Die Analyse anhand der Besiedlungsdaten zeigt eine starke Bedeutung von Flohkrebse (Amphipoden) und die Recherche der Zusammensetzung der Fischfauna ergibt eine hohe Bedeutung der invasiven Schwarzmundgrundel als benthivore Fischart und den einheimischen Flussbarsch als benthivor und piscivoren Konsumenten.

Eine Beprobung zur Verifizierung der Nahrungsnetzstruktur war für Juni 2020 in Kooperation mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde geplant. Allerdings konnte die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung in 2020 kein Schiff für die Beprobung zu Verfügung stellen. Um die notwendigen Proben dennoch zu entnehmen, wird aktuell eine Beprobung in Kooperation mit Forschungstauchern der SDA Kiel geplant. Diese soll im Mai oder Juni 2021 stattfinden.

Im zweiten Arbeitspaket wurden Experimente mit allen im Nahrungsnetz wichtigen Arten durchgeführt, den Fischen *Perca fluviatilis* (Flussbarsch, einheimisch) und *Neogobius melanostomus* (Schwarzmundgrundel, invasiv) sowie den Flohkrebse *Dikerogammarus villosus* und *Echinogammarus ischnus* (beide invasiv). Die Versuche sollten die Antworten auf erhöhte Temperaturen (16 °C, 20 °C und 24 °C) und erhöhte Leitfähigkeiten (500  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , 1000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  und 2000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) erfassen.

In der ersten Experimentalserie wurde der Einfluss von Temperatur und Salinität auf die Wachstumsrate des einheimischen Flussbarsches (*Perca fluviatilis*) und der invasiven Schwarzmundgrundel (*Neogobius melanostomus*) analysiert. In der zweiten Experimentalserie wurde das Verhalten der Fische analysiert. Diese Verhaltensexperimente wurden nur für die Effekte der Salinität durchgeführt, da auf diesem Gebiet noch keine Daten für das ökologische Modell vorliegen.

### Teilprojekt C: Ökologische Modellierung

Die Entwicklung der salinitätsabhängigen Wachstumsmodelle konnte für beide Fischarten abgeschlossen werden. Das Grundmodell der ungekoppelten Populationen wurde in MATLAB implementiert und soll demnächst zur Kopplung nach Comsol transferiert werden. Im Fokus der Modellentwicklung stand dabei die Wahl a) der physiologischen Größe, b) der Modelle und c) der salinitätseffekttragenden Parameter.

- (a) Von der Salinität beeinflusst werden die Körpermasse der Fische stark und die Körperlänge leicht. Während die Körpermasse also den physiologischen Stress gut wiedergibt und somit als Leitgröße für die Effekte auf Mortalität und Reproduktion geeigneter wäre, gibt die Körperlänge den Energiebedarf wieder und ist somit geeigneter für die Interaktion im Bereich Prädation. Eine salinitätsabhängige Umrechnung wurde erwogen, hat aber den Nachteil eines statischen Elements.
- (b) Daten zum salinitätsabhängigen Wachstum liegen uns im Wesentlichen für Juvenile vor. Kapazitätsbegrenzte Wachstumsmodelle wie logistisches Wachstum, Gompertz, von Bertalanffy unterscheiden sich im Wesentlichen in der Lage des Wendepunktes im Verhältnis zur Kapazitätsgrenze. Während sich alle Modelle sehr gut an die Mittelwerte der vorliegenden Daten anpassen ließen, deuteten fischindividuelle Anpassungen darauf hin, dass die Kapazitätsgrenze sehr fitnessabhängig ist. Oben genannte Modelle setzen wir folglich für mehrjähriges Wachstum ein
- (c) Als salinitätseffekttragender Parameter für das juvenile Wachstum wurde die Wachstumsrate identifiziert, die jedoch unterhalb von 10 ‰ für keinen der Fische signifikant ist.

Aktuell steht die Parametrisierung der temperatur- und salinitätsabhängigen Prozesse im Mittelpunkt.



PUBLIKATIONEN AUS DEM  
FORUM BERGBAU UND WASSER

## Wissenschaftliche Publikationen in Fachjournalen

### 2020

- [1] Kessler T, Mugova E, Jasnowski-Peters H, Rinder T, Stemke M, Wolkersdorfer C, Hilberg S, Melchers C, Struckmeier W, Wieber G, Schafmeister MT (2020): Grundwasser in ehemaligen deutschen Steinkohlenrevieren – ein wissenschaftlicher Blickwinkel auf Grubenflutungen. – Grundwasser, 25(4):259–272.; doi:10.1007/s00767-020-00460-0.
- [2] Wolkersdorfer C, Mugova E (2020): Temporäre Entwicklung der Dichteschichtung in einem gefluteten Bergwerksschacht eines Gold-Kleinbergbaus in Biberwier/Tirol. Paper presented at the Geoforum Umhausen, Umhausen. – p. 97-102
- [3] Rinder T, Dietzel M, Stammeier JA, Leis A, Bedoya-González D, Hilberg S (2020): Geochemistry of coal mine drainage, groundwater, and brines from the Ibbenbüren mine, Germany: A coupled elemental-isotopic approach. Appl. Geochemistry 121, 104693. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2020.104693>
- [4] Rinder T, Hilberg S, Bedoya-Gonzalez DA (2020): Eine hydrochemische Systemanalyse zur Herkunft und Qualität des Grubenwassers im Ibbenbürener Ostfeld. Grundwasser und Flusseinzugsgebiete: Prozesse, Daten, Modelle, Leipzig: Fachsektion Hydrogeologie e.V. in der DGGV e.V. S. 186-187
- [5] Bedoya Gonzalez DA, Rinder T, Hilberg S (2020): Evidences of water-rock interaction in a porous and fractured coalmine overburden - Towards a reactive transport model for coalmine drainage. Grundwasser und Flusseinzugsgebiete: Prozesse, Daten, Modelle. Leipzig: Fachsektion Hydrogeologie e.V. in der DGGV e.V., Leipzig. S. 193-194
- [6] Kessler T, Bedoya Gonzalez DA, Schafmeister MT (2020): Reactive Transport Modelling Within the Hydraulic Framework of Failure Zones Due to Underground Mining Grundwasser und Flusseinzugsgebiete: Prozesse, Daten, Modelle: Fachsektion Hydrogeologie e.V. in der DGGV e.V., Leipzig, S. 193-194

### VOR 2020

- [7] Wieber G, Stemke M (2019): Pump Tests In Deep Ore Mine Shafts For The Evaluation Of A Possible Geothermal Use. In: Khayrulina E, Wolkersdorfer C, Polyakova S, Bogush A: Mine Water – Technological and Ecological Challenges. S. 375–379; Perm, Russia.
- [8] Wieber G, Scheffer E, Stemke M (2019): Grubenwässer des ehemaligen Braunkohlebergbaus im Westerwaldrevier. In: Tagungsband 19. Altbergbaukolloquium, Leoben, S. 94-104.
- [9] Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V. (2019): A new vision of sustainable management in mining and post-mining landscapes. Mit Beiträgen von Campos JA, Barbosa PM, Brandão L, Stemke M et al. ISBN 978-3-8047-4026-6.
- [10] Wieber G, Stemke M, Wonik T, Enzmann F, Kersten M (2019): Stratification Dynamics and Geothermal Potential of a Deep Shaft in the Flooded Wolf Mine, Siegerland/Germany. Mine Water Environ 38:325-334; doi 10.1007/s10230-019-00602-8.
- [11] Wieber G, Scheffer E (2019): Die Hydrogeologie der ehemaligen Braunkohlegrube Alexandria im Westerwaldrevier, Rheinisches Schiefergebirge. In: Mainzer geowiss. Mitt. 47: S. 147-162, 10 Abb., 3 Tab., Mainz (ISSN 0340-4404).
- [12] Campos JA, Barbosa PM; Brandão, Camargo de Azevedo A, et al. (2019): A new vision of sustainable management in mining and post-mining landscapes. Hrsg.: Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V. Nationale Akademie der Wissenschaften, Halle (Saale). ISBN: 978-3-8047-4026-6

- [13] Schiffer et al. (2019): Systemtechnologie. Tagungsband Bergbau, Energie und Rohstoffe 2019. Hrsg.: THGA/FZN und DMV. TH Georg Agricola, Bochum. S. 308-317

### **Zur Publikation eingereichte Beiträge**

- [14] Genth T, Sessing J, Jasnowski-Peters H, Melchers C (in Druck): Sedimentanalyse unter besonderer Berücksichtigung der Tonmineralogie, Emscher-Formation, Bohrung Waltrop 1 – erste Ergebnisse. Scriptum Online, Krefeld
- [15] Wieber G, Stemke M (eingereicht): Grundlagen des Grubenwasseranstiegs in stillgelegten deutschen Steinkohlebergwerken
- [16] Stemke M, Wieber G (eingereicht): Rise in mine water in German hard coal mining areas: Effects and legal framework

### **Publikationen in Vorbereitung**

- [17] Jasnowski-Peters H, Melchers C (in Vorbereitung): Die Tiefenwässer im Ruhrgebiet und in der Kreide des Münsterländer Beckens – eine zusammenfassende Darstellung ihrer Hydrochemie, geochemische Unterscheidungskriterien und Hinweise zu ihrer Genese. (Deep aquifer systems of the Ruhr District and the Cretaceous of the Munsterland Basin – a review of the water's hydrochemistry, their geochemical difference and further evidence of their origin)
- [18] Jasnowski-Peters H, Cebula L, Wolf U, Melchers C (in Vorbereitung): Hydrogeochemischer Tracer - Ansatz für eine potentielle Identifizierung der Grubenwasserdynamik im Rahmen des Monitoringkonzepts für den Grubenwasseranstieg im Ruhrrevier
- [19] Stemke M, Wieber G (in Vorbereitung): Determination of the background values of deep water in the Ibbenbüren hard coal mining area
- [20] Stemke M, Wieber G (in Vorbereitung): Hydraulische Auswertungen von Wasserhaltungsmaßnahmen in gefluteten Bergwerken
- [21] Kessler T, Kories H, Schafmeister MT (in Vorbereitung): Experiences with quantitative numerical modelling of groundwater rebound in abandoned coal mines – a comparison of approaches
- [22] Bedoya-Gonzalez DA, Kessler T, Schafmeister MT (in Vorbereitung): Application of the Double continuum approach for modeling groundwater flow in mechanically modified underground hard coal mines
- [23] Kessler T, Kories H, Schafmeister MT (in Vorbereitung): Finite-element modelling approach to study flow processes during groundwater rebound in abandoned underground hard coal mines
- [24] Bedoya-Gonzalez DA, Kessler T, Schafmeister MT (in Vorbereitung): Employment Of A Double Continuum Model To Characterize Groundwater Flow In Underground Post-Mining Setups: Case Study Of Ibbenbüren West Field

## Wissenschaftliche Vorträge

Mitglieder des Kuratoriums und ihre wissenschaftlichen Mitarbeiter(inn)en haben aus den Projekten des Forums folgende wissenschaftliche Vorträge gehalten (Vortragende in Fettdruck)

### 2020

Bedingt durch die Covid-19-Pandemie sind weltweit wissenschaftliche Tagungen abgesagt oder verschoben worden. Die Mitglieder des Kuratoriums und ihre wissenschaftlichen Mitarbeiter(inn)en haben daher in diesem Jahr keine Vorträge gehalten

### Vor 2020

- [25] Rinder T, Hilberg S (2019): Hydrochemistry and Isotope Geochemistry of Coal Mine Drainage from the Ibbenbüren Coalfield, Germany. Goldschmidt Conference 2019, 18.-23.8.2019, Barcelona, Spanien.
- [26] Wieber G, Stemke M (2019): Pump Tests In Deep Ore Mine Shafts For The Evaluation Of A Possible Geothermal Use. International Mine Water Association Conference 2019, 15.-19.7.2019, Perm, Russland.
- [27] Wieber G, Scheffer E, Stemke M (2019): Grubenwässer des Braunkohlebergbaus des Westerwaldes (RSG). 19. Altbergbau Kolloquium, 7.-9.11.2019, Leoben, Österreich.
- [28] Wolkersdorfer C, Mugova E (2019): Dichteschichtung als potentielle Sanierungsmaßnahme in gefluteten Untertagebergwerken. (THGA)

## Masterarbeiten

- [29] Marsiske L (2020): Untersuchung von bergbaulichen Einleitwässern im Ruhrgebiet mit Blick auf eine mögliche Rohstoffrückgewinnung ausgewählter Elemente. MSc.-Arbeit, Johannes-Gutenberg Universität Mainz [unveröffentlicht].
- [30] Lange MF (2020): Die Einleitwässer des Bergwerks Ibbenbüren und ihre Bedeutung für eine Rückgewinnung wirtschaftlich wichtiger Elemente. MSc.-Arbeit, Johannes-Gutenberg Universität Mainz [unveröffentlicht].



## DAS FBW IM DIALOG

### **Dialoge mit Bürgerinnen und Bürgern**

Für Jahr 2020 waren bereits zwei Veranstaltungen einer Reihe konkret geplant, in der das FBW verschiedene Interessengruppen, insbesondere aber die interessierte Öffentlichkeit und politische Entscheidungsträger(innen), zur Diskussion und zum Gedankenaustausch einlädt:

- 14.5.2020 in der Jahrhunderthalle Bochum
- 28.10.2020 in der Congresshalle Saarbrücken

Beide Veranstaltungen mussten aufgrund der Covid-19-Pandemie abgesagt werden.

Eine dritte Veranstaltung in Ibbenbüren war ebenfalls ins Auge gefasst worden. Diese Planungen wurden aufgrund der vorherigen Terminverschiebungen nicht weiter verfolgt.

### **Weitere Dialoge**

Kurzfristig abgesagt wurde zudem eine geplante Dialogveranstaltung mit der Stifterin RAG am 29.10.2020. Zudem wurden eine für den 3.2.2021 geplante Dialogveranstaltung mit den Aufsichtsbehörden in Nordrhein-Westfalen abgesagt.

Konkrete neue Planungen für Dialogveranstaltungen im Jahr 2021 sind noch nicht möglich.

### **Infobroschüre Grubenwasser**

Unter der Leitung der Professoren Wolkersdorfer und Melchers hat das Kuratorium eine kurze Informationsschrift zum Thema Grubenwasser erstellt, die kurz und knapp in das Thema der Chancen und Risiken eines kontrollierten Grubenwasseranstiegs einführen soll. Die Broschüre „Blickfänge – Was Sie über Grubenwasser im Blick haben sollten“ soll Anfang 2021 erscheinen.





## ORGANISATORISCHES

### **Kuratoriumssitzungen**

Das Kuratorium traf sich im Berichtsjahr zu vier Sitzungen bzw. Besprechungen:

- » 14. Mai 2020 als Videokonferenz,
- » 10. Juni 2020 als Videokonferenz,
- » 31. August bis 2. September 2020 in Greifswald
- » 29. Oktober 2020 als Videokonferenz
- » 1. Dezember 2020 als Videokonferenz

Die wissenschaftlichen Mitarbeiter(innen) nahmen an der Sitzung in Greifswald teil.

### **Befahrungen**

Im Berichtsjahr hat das Kuratorium keine Grubenbefahrung vorgenommen.

### **Statusbericht**

Am 3. Dezember 2020 hat das Kuratorium hat das Forum Bergbau und Wasser seinen ersten Statusbericht zum Stand der Projekte unter besonderer Berücksichtigung der wissenschaftlichen Ergebnisse veröffentlicht. Der Bericht ist über die Geschäftsstelle der Stiftung erhältlich.