Forum Bergbau Wasser

KOMPENDIUM

GRUNDLAGEN, ANALYSEN UND PERSPEKTIVEN AUS ZEHN JAHREN FORSCHUNG ZUM GRUBENWASSER



2017 – 2026

KOMPENDIUM

Autorinnen & Autoren:
Wilhelm Struckmeier, Christian Melchers, Maria-Theresia Schafmeister, Christian Wolkersdorfer, Sylke Hilberg, Georg Wieber, Rainer Lüdtke, Charlotte Leuchter, Armin Voigtland

Forum Bergbau Wasser

INHALT

1 VORWORTE 4

Dr. Wilhelm Struckmeier ... 6
Joachim Löchte ... 8
Rainer Lüdtke ... 10

2 EINLEITUNG 12

Vom Ende der Förderung zur Aufgabe in der Zukunft ... 14

3 KURATORIUM 18

Unabhängig denken, gemeinsam entscheiden ... 20
Dr. Wilhelm Struckmeier, Dir. u. Prof. a.D. ... 22
Prof. Dr. Christian Melchers ... 24
Prof. Dr. Maria-Theresia Schafmeister ... 26
Prof. Dr. Christian Wolkersdorfer ... 28
Prof. Dr. Sylke Hilberg ... 30
Prof. Dr. Georg Wieber ... 32
Dipl.-Stat. Rainer Lüdtke ... 34
Wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ... 37
In Erinnerung: Prof. Dr. Josef Klostermann ... 39

4 ERGEBNISSE 40

Forschung verstehen, Entscheidungen ermöglichen ... 42
Was Grubenwasser leisten kann ... 44
Was im Wasser steckt ... 48
Was alte Minerale über künftige Wasserwege verraten ... 52
Was das Wasser verrät ... 56
Warum Grubenwasser Schichten bildet ... 60
Wie dicht ist das Deckgebirge? ... 64
Wie gut sind unsere Prognosen? ... 68
Wenn Wasser Wege findet ... 72
Wenn aus Grubenwasser Energie wird ... 76
Wenn Grubenwasser auf das sensible Ökosystem Rhein trifft ... 80
Wenn Recht den Rahmen setzt ... 84
Wenn das Grubenwasser frei steigen würde ... 88
Was macht ein optimales Flutungsniveau aus? ... 92
Wenn Schächte zu Wärmequellen werden ... 96
Wenn Gas seinen Weg sucht ... 100

5 AKTIVITÄTEN 104

Dialog als Prinzip ... 106
Dialog in der Praxis ... 110
Meinungen sichtbar machen und einordnen ... 116
Wissen vermitteln und verständlich machen ... 118
Themen vertiefen und Wissen verbreiten ... 121

6 ERFOLGE 124

Wissen, das Wirkung entfaltet ... 126
Stimmen zur Arbeit der Stiftung ... 128
Was bleibt – und was weitergeführt werden muss ... 134

ANHANG 136

Meilensteine in der Geschichte der Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ ... 138
Abbildungsverzeichnis ... 140
Weiterführende Publikationen ... 142

Vorworte


Besucherstollen
Kupferbergwerk Bergfreiheit 1561
GLÜCK AUF

DR. WILHELM STRUCKMEIER

KURATORIUMSVORSITZENDER DER STIFTUNG „FORUM BERGBAU UND WASSER“



Mit dem Ende des Steinkohlenbergbaus in Deutschland begann für die betroffenen Regionen eine neue Phase – geprägt von der Aufgabe, die Folgen des Bergbaus verantwortungsvoll zu gestalten. Dazu gehört insbesondere der Umgang mit dem Grubenwasser, der fundierte wissenschaftliche Grundlagen und einen offenen Austausch erfordert.

Vor diesem Hintergrund wurde im Jahr 2017 die Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ ins Leben gerufen. Ihr Auftrag war es, unabhängige Forschung zu fördern und die gewonnenen Erkenntnisse einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Aus Sicht des Kuratoriums war dabei entscheidend, unterschiedliche fachliche Perspektiven zusammenzuführen und wissenschaftliche Fragestellungen mit Blick auf ihre praktische Relevanz zu bearbeiten.

Die Arbeit der vergangenen Jahre zeigt, wie wertvoll dieser Ansatz ist. In zahlreichen Projekten konnten zentrale Fragestellungen zum Grubenwasseranstieg untersucht und belastbare Grundlagen für künftige Entscheidungen erarbeitet werden. Zugleich ist es gelungen, einen fachlich fundierten Austausch zu etablieren und damit das Verständnis für dieses komplexe Thema nachhaltig zu vertiefen.

Das vorliegende Kompendium gibt einen Einblick in die Vielfalt der bearbeiteten Themen und die erzielten Ergebnisse. Es dokumentiert nicht nur den Stand der Forschung, sondern unterstreicht auch das Erfordernis, komplexe Herausforderungen auf Basis verlässlicher Erkenntnisse und im Austausch unterschiedlicher Perspektiven anzugehen.

Ihr



JOACHIM LÖCHTE

VORSTAND TECHNIK
DER RAG AKTIENGESELLSCHAFT

Der verantwortungsvolle Umgang mit dem Grubenwasser zählt zu den zentralen Aufgaben der RAG Aktiengesellschaft in der Nachbergbauzeit. Um diesen gesellschaftlichen Auftrag nachhaltig zu erfüllen, bedarf es einerseits einer soliden wissenschaftlichen Grundlage und zum anderen einer steten Optimierung auf Basis neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse. Vor diesem Hintergrund rief die RAG vor fast einem Jahrzehnt die Treuhandstiftung „Forum Bergbau und Wasser“ ins Leben.

Der Unabhängigkeit der Stiftung kam von Beginn an eine besondere Bedeutung zu. Als Treuhandstiftung des Stifterverbandes arbeitet das „Forum Bergbau und Wasser“ weisungsfrei und ausschließlich dem Stiftungszweck verpflichtet. Diese Konstruktion trug wesentlich zur fachlichen Qualität der Arbeit, zur Glaubwürdigkeit der Ergebnisse und zur Akzeptanz in Wissenschaft, Fachöffentlichkeit und Politik bei.

Aus Sicht der RAG hat sich die Stiftung in jeder Hinsicht bewährt. Die Forschungsarbeiten erbrachten wertvolle und praxisrelevante Erkenntnisse – insbesondere zum notwendigen Abstand zwischen Grubenwasser und schützenswerten Grundwasserschichten. Darüber hinaus schuf das „Forum Bergbau und Wasser“ mit seiner offenen, dialogorientierten Arbeitsweise die Grundlage für eine Versachlichung der öffentlichen Diskussion über Grubenwasser und den Grubenwasseranstieg.

Ob ihrer Leistungen sind wir der Stiftung zu großem Dank verpflichtet. Die von ihr gesetzten Impulse werden über ihre Laufzeit hinaus weiterwirken.

Ihr



RAINER LÜDTKE

STIFTUNGSMANAGER, DEUTSCHES STIFTUNGSZENTRUM GMBH IM STIFTERVERBAND



Ist das Trinkwasser im Ruhrgebiet gefährdet, wenn das Grubenwasser ansteigt? Kommt es im Saarland zu Mikroerdbeben? Oder können in Ibbenbüren Schwefelgase austreten? Mit diesen und ähnlichen Fragen beschäftigen sich viele Menschen in den ehemaligen Steinkohlenrevieren. Sie zeigen: Das Thema ist komplex, hoch emotional und oft mit Ängsten verbunden.

Ob diese Sorgen berechtigt sind, lässt sich nicht durch Meinungen klären, sondern nur durch wissenschaftliche Untersuchungen. Die RAG AG hat deshalb frühzeitig unabhängige Expertinnen und Experten aus dem In- und Ausland eingebunden, um fundiertes Wissen für einen sicheren Umgang mit Grubenwasser zu erarbeiten.

Mit der Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ hat der Stifterverband den institutionellen Rahmen geschaffen, der diese wissenschaftliche Unabhängigkeit dauerhaft sicherte. Besonders wichtig war dabei, dass die Stiftung ihre Themen eigenständig setzen, Fragestellungen frei bearbeiten und Ergebnisse transparent kommunizieren konnte.

Jetzt zieht die Stiftung Bilanz. Deutlich wird: Sie hat nicht nur wissenschaftliche Erkenntnisse geliefert, sondern auch den Dialog zwischen Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit gestärkt, indem sie Ängste ernst genommen, Fragen fundiert beantwortet und nachvollziehbare Lösungsansätze aufgezeigt hat. Das Kompendium zeigt meines Erachtens eindrucksvoll: Unabhängige Wissenschaft und offener Dialog tragen dazu bei, komplexe Herausforderungen verständlich einzuordnen und verantwortungsvolle Entscheidungen zu unterstützen.

Ihr Rainer Lüdtke

Einleitung



VOM ENDE DER FÖRDERUNG ZUR AUFGABE IN DER ZUKUNFT

Was bleibt, wenn der Bergbau endet? Eine Frage, die am Anfang dieses Kompendiums steht – und die Arbeit der Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ seit dem Jahr 2017 begleitet. Mit dem Ende des Steinkohlenbergbaus in Deutschland im Jahr 2018 ist eine lange Industriegeschichte abgeschlossen. Doch unter der Oberfläche wirken ihre Folgen weiter. Gruben füllen sich mit Wasser, natürliche Systeme verändern sich, und es entstehen Aufgaben, die weit in die Zukunft reichen.

Dieses Kompendium lädt dazu ein, den gesamten Prozess besser zu verstehen. Es bündelt Erkenntnisse, Erfahrungen und Perspektiven aus mehreren Jahren Forschung und Dialog. Der Begriff „Kompendium“ ist dabei bewusst gewählt: Es geht nicht nur um das Sammeln von Wissen, sondern auch darum, Zusammenhänge sichtbar zu machen, Entwicklungen einzuordnen und Orientierung zu geben.

Im Mittelpunkt steht eine zentrale Herausforderung: Wie lassen sich die Chancen und Risiken eines Grubenwasseranstiegs verantwortungsvoll bewerten und gestalten? Die Fragestellung ist vielschichtig. Sie berührt geologische und hydrologische Prozesse ebenso wie Fragen des Umwelt- und Trinkwasserschutzes, wirtschaftliche Aspekte und gesellschaftliche Erwartungen. Mit dem Ende des aktiven Bergbaus entfällt die Notwendigkeit, Gruben dauerhaft trocken zu halten – zugleich beginnt eine neue Phase im Umgang mit dem Grubenwasser.

→

Die Stiftung hat sich dieser Aufgabe aus einer unabhängigen wissenschaftlichen Perspektive genähert. Sie hat Forschungsprojekte initiiert, internationale Expertise eingebunden und den Austausch zwischen Wissenschaft, Praxis und Öffentlichkeit gefördert. Ziel war es, bestehende Wissenslücken zu schließen, neue Erkenntnisse zu gewinnen und diese verständlich zugänglich zu machen.

Dieses Kompendium blickt auf die bisherigen Ergebnisse zurück und macht sichtbar, welche Impulse aus der Arbeit der Stiftung hervorgegangen sind. Zugleich richtet es den Blick nach vorn. Denn auch wenn der Bergbau beendet ist, bleibt das Thema aktuell. Der Umgang mit Grubenwasser gehört zu den sogenannten Ewigkeitsaufgaben – Aufgaben, die dauerhaft Aufmerksamkeit, Wissen und verantwortungsvolle Entscheidungen erfordern.

> *Die Erkenntnisse aus fast zehn Jahren Stiftungsarbeit zeigen: Forschung, Dialog und transparente Information bleiben entscheidend, um Vertrauen zu schaffen und tragfähige Lösungen zu entwickeln.*

Dieses Kompendium versteht sich daher als Einladung: die gewonnenen Erkenntnisse nachzuvollziehen, einzuordnen und die Auseinandersetzung mit dem Nachbergbau weiterzuführen.



Kuratorium



UNABHÄNGIG DENKEN, GEMEINSAM ENTSCHEIDEN

DAS KURATORIUM ALS WISSENSCHAFTLICHES HERZ DER STIFTUNG

Die inhaltliche Ausrichtung der Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ wurde maßgeblich vom Kuratorium geprägt. Als zentrales Entscheidungsgremium war es für die Verwendung der Stiftungsmittel verantwortlich und setzte die Schwerpunkte der Forschungsarbeit. Sechs anerkannte Expertinnen und Experten brachten ihre wissenschaftliche Expertise ein: ehrenamtlich, unabhängig und interdisziplinär.

EXPERTISE UND VERANTWORTUNG

Die Mitglieder vereinten umfassendes Know-how in den Bereichen Hydrogeologie, Grubenwasser, Modellierung und Hydrogeochemie. Sie bewerteten Forschungsergebnisse, identifizierten offene Fragen und gaben Impulse für neue Projekte. Dabei wurden sie selbst wissenschaftlich tätig und vergaben Forschungsaufträge. Grundlage ihres Handelns war der Anspruch, nach hohen wissenschaftlichen Standards zu arbeiten und Ergebnisse kritisch zu hinterfragen.

UNABHÄNGIGKEIT UND TRANSPARENZ

Die Struktur der Stiftung stellte sicher, dass diese Arbeit unabhängig erfolgen konnte. Als Treuhandstiftung des Stifterverbandes war gewährleistet, dass die Mittel ausschließlich dem Stiftungszweck dienten. Zugleich war der Stifterverband durch ein Mitglied im Kuratorium vertreten und trug zur Einhaltung guter Stiftungspraxis sowie zur Transparenz bei.

Diese Unabhängigkeit schuf Vertrauen und ermöglichte es, Fragestellungen frei zu entwickeln und Ergebnisse nachvollziehbar zu kommunizieren. Zugleich suchte die Stiftung aktiv den Austausch mit der Fachöffentlichkeit und Gesellschaft. So verband sie wissenschaftliche Qualität mit Transparenz und Verantwortung.

DR. WILHELM STRUCKMEIER, DIR. U. PROF. A.D.

ZUR PERSON

Dr. rer. nat. Wilhelm Struckmeier, Dir. u. Prof. a. D.

Vorsitzender des Kuratoriums

2002–2013: Fachgruppe Grundwasser und Internationale Zusammenarbeit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

1992–1998: Leiter der Fachsektion Hydrogeologie der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften (DGG)

1996–2012 und 2012–2016: Generalsekretär und Präsident der Internationalen Assoziation der Hydrogeologen (IAH)

Themenschwerpunkte

Hydrogeologie, Schutz und nachhaltige Nutzung von Grundwasser



Welche Entscheidung oder welches Projekt war aus Ihrer Sicht besonders wegweisend?

——— Das waren für mich die Untersuchungen zur Dichteschichtung, die zeigen, wie natürliche Prozesse umweltgefährdende Folgen mindern können. Auch die Forschung zu Grubengasen und die Erkenntnis, dass Einleitungen in den Rhein nur geringe Auswirkungen haben, schaffen wichtige Grundlagen und nehmen Ängste.

Welche Haltung oder welches Prinzip war Ihnen in der Arbeit besonders wichtig?

——— Mir war die Unabhängigkeit der Stiftung besonders wichtig, um wissenschaftliche Grundlagen mit nationaler und internationaler Perspektive zu stärken. Entscheidend war zudem ein Kuratorium mit hoher Expertise, das vielfältige, belastbare Forschungsergebnisse ermöglicht hat.

Welche Zielgruppe hat die Stiftung aus Ihrer Sicht besonders gut erreicht – und wie?

——— Durch die Organisation von offenen Informationsveranstaltungen über das Thema Grubenwasseranstieg konnte eine Vielzahl von Interessierten aus Politik, Verbänden, Behörden und der Öffentlichkeit erreicht werden. Zudem wurden die Forschungsergebnisse in der Fachwelt vorgestellt und wissenschaftlich diskutiert.

Was braucht es, damit das Thema Grubenwasser auch künftig sachlich und konstruktiv diskutiert wird?

——— Auch künftig sollten die fachlichen Grundlagen in verständlicher Form angeboten werden, um die Akzeptanz für gut begründete Maßnahmen zur Behandlung des Grubenwassers nach der Einstellung des Kohlenbergbaus in Deutschland zu steigern.

PROF. DR. CHRISTIAN MELCHERS

Gab es einen Moment, der Sie überrascht oder besonders inspiriert hat?

——— Die durchgeführten Dialogveranstaltungen haben mich gleichermaßen inspiriert und überrascht. Inspirierend war das große Interesse an den wissenschaftlichen Erkenntnissen. Überraschend war die überwiegende Einsicht und Zustimmung zu den aufgezeigten Erfordernissen für einen nachhaltigen Grubenwasseranstieg.

Welche Frage oder welches Thema hat Sie während der Stiftungsarbeit besonders beschäftigt?

——— Die Frage nach einem belastbaren Monitoring für den Grubenwasseranstieg. Das Ziel bestand in der hydrogeochemischen Charakterisierung der Grubenwässer anhand natürlicher Inhaltsstoffe und deren eindeutigen Unterscheidung von den Grund- und Trinkwasservorkommen der Reviere.

Was war aus Ihrer Sicht die größte Stärke der Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“?

——— Die größte Stärke lag im Forum selbst und somit dem öffentlichen Meinungsaustausch zum Grubenwasser. Der Diskurs zeigt Standpunkte, Bedenken und Bedürfnisse auf und schafft die Grundlagen für Bewusstsein und Akzeptanz.

ZUR PERSON

Prof. Dr. rer. nat. Christian Melchers

Stellvertretender Vorsitzender des Kuratoriums

Leiter Forschungszentrum Nachbergbau der Technischen Hochschule Georg Agricola

Themenschwerpunkte

Hydrogeochemisches Monitoring für nachhaltige Grubenwasseranstiegsprozesse

Beurteilung hydraulischer Barrieren

Analyse von Methanausgasungen im Zuge des Grubenwasseranstiegs



Was wünschen Sie sich für den weiteren gesellschaftlichen Umgang mit den Folgen des Bergbaus?

——— Ich wünsche mir einen anderen gesellschaftlichen Umgang mit Risiken, der nicht Bedenken und Ängste, sondern kluge Lösungen in den Vordergrund stellt. Ganz persönlich wünsche ich mir, auch und gerade im Sinne zukünftiger Generationen, die Umsetzung eines kontrollierten und nachhaltigen Grubenwasseranstiegs.

PROF. DR. MARIA-THERESIA SCHAFMEISTER

ZUR PERSON



Prof. Dr. rer. nat.
Maria-Theresia Schafmeister

Professorin i. R. für Angewandte Geologie mit Schwerpunkt Hydrogeologie an der Universität Greifswald

Seit 2020 Mitglied des Nationalen Begleitgremiums zur Suche eines Standortes für die Endlagerung hochradioaktiven Abfalls

Themenschwerpunkt

Numerische Modellierung von Grundwasserströmung und Stofftransport

Welche Diskussion im Kuratorium ist Ihnen besonders im Gedächtnis geblieben – und warum?

——— In Erinnerung geblieben ist mir eine Diskussion zu Beginn der Stiftungsarbeit darüber, welche fachlichen Qualifikationen im Kuratorium vertreten sein sollten. Ich hatte angeregt, neben hydrogeologischer auch gesellschaftswissenschaftliche Expertise einzubeziehen – ein Vorschlag, der leider nicht aufgegriffen wurde.

Was war für Sie persönlich die größte Herausforderung in der Kuratoriumsarbeit?

——— Die größte Herausforderung für mich war, meine Forschungsarbeit zur numerischen Modellierung der Grubenwasserdynamik so zu vermitteln, dass auch Nichtfachleute ihren Nutzen und ihre Bedeutung nachvollziehen können.

Worin lag aus Ihrer Sicht der besondere Beitrag der Stiftung im Vergleich zu anderen Akteuren?

——— Das „Forum Bergbau und Wasser“ hat es geschafft, das vermeintlich „trockene“, aber zugleich konfliktbehaftete Thema des Grubenwasseranstiegs betroffenen Bürgern zu veranschaulichen, ohne dabei als Lobbyist zu erscheinen. Es verstand es außerdem, zwischen Wissenschaft und RAG-Stiftung zu vermitteln.

Wenn Sie der nächsten Generation von Verantwortlichen einen Rat geben könnten – welcher wäre das?

——— Offenheit, Fairness und fundiertes Fachwissen in die Diskussion einzubringen, nicht nur beim Grubenwasseranstieg, sondern bei allen umwelt- und gesundheitsrelevanten Fragestellungen.

PROF. DR. CHRISTIAN WOLKERSDORFER

Was hat Sie in Ihrer Arbeit mit der Stiftung am meisten bewegt?

——— Die Zusammenarbeit mit so vielen unterschiedlichen Institutionen und Menschen in Deutschland, Österreich, Portugal, Spanien, Finnland und Südafrika. Fast alle standen unseren Forschungen und Diskussionen jederzeit offen gegenüber.

Was hat Sie persönlich angetrieben, sich im Kuratorium der Stiftung zu engagieren?

——— Mich hat vor allem motiviert, meine langjährigen Erfahrungen zu Grubenflutungen in ein Team von Experten und in ein Bergwerksunternehmen einzubringen. Wichtig war mir allerdings, dass ich Gelegenheit hatte, mit einer exzellenten Mitarbeiterin gänzlich neue Erkenntnisse zu gewinnen.

Welche Erkenntnis aus der Arbeit der Stiftung ist Ihnen besonders in Erinnerung geblieben?

——— Am meisten hat mich überrascht, dass sich die Ergebnisse aller Arbeitsgruppen zu einem relativ einheitlichen Bild zusammenfügen lassen: Untertagebergwerke sollten aus ökonomischen und ökologischen Gründen so schnell und so hoch wie möglich geflutet werden, um eine stabile Schichtung des Grubenwassers hervorzurufen.

ZUR PERSON

Prof. Dr. habil. rer. nat. Christian Wolkersdorfer

Präsident der International Mine Water Association

SARChI Chair in Mine Water Management, Tshwane University of Technology (TUT), Pretoria, Südafrika

Mitglied in der Südafrikanischen Akademie der Wissenschaften

Themenschwerpunkte

Dichteschichtung, Hydrogeochemie, Tracertests und Hydrodynamik



Wo sehen Sie künftig die größten Herausforderungen beim Thema Grubenflutung?

——— Meines Erachtens ist die größte Herausforderung, wissenschaftliche Fakten so zu kommunizieren, dass sie von allen Beteiligten verstanden werden. Daneben brauchen wir belastbare Langzeitprognosen, preiswerte und zuverlässige Reinigungsmethoden für das Grubenwasser sowie ein einfach handzuhabendes Monitoring.

PROF. DR. SYLKE HILBERG

ZUR PERSON

Prof. Dr. nat. techn. Sylke Hilberg

Professorin für Hydro- und Umweltgeologie
Universität Salzburg

Präsidentin der Österreichischen
Geologischen Gesellschaft (ÖGG)

Mitglied des Nationalkomitees Geo/Hydro
im Earth System Science Programm
der Österreichischen Akademie der Wissen-
schaften

Themenschwerpunkte

Hydrochemie, Hydrogeologie und
Isotopenhydrologie



Welche Begegnung oder Erfahrung werden Sie noch lange in Erinnerung behalten?

——— Das eindrucksvollste Erlebnis war unsere Grubenbefahrung in Prosper Haniel. Am Kohlenhobel an einem Punkt der Erdkruste zu stehen, an dem noch nie ein Mensch war und auch niemals wieder jemand sein wird, hat mich sehr bewegt. Ich habe großen Respekt vor den Bergleuten und werde das nie vergessen.

Inwiefern hat die Arbeit der Stiftung Ihre eigene Sicht auf den Bergbau oder den Umgang mit seinen Folgen verändert?

——— Etwas ist mir erst im Laufe unserer Arbeit klar geworden: Der Bergbau ist ein Beispiel dafür, dass wir Menschen Entwicklungen angestoßen haben, die sich nicht rückgängig machen lassen. Mit einem detaillierten Prozessverständnis ist es aber möglich, diese Veränderungen umweltverträglich zu gestalten.

Welche Rolle spielt aus Ihrer Sicht der Dialog zwischen Wissenschaft, Politik und Gesellschaft bei diesem Thema?

——— Die allerwichtigste! Nur wenn zwischen Wissenschaft, Politik und der Bevölkerung Konsens darüber besteht, wie die Ewigkeitsaufgaben gelöst werden können, kann die Umsetzung gelingen. Es ist daher von größter Bedeutung, dass alle miteinander und in der gleichen Sprache sprechen.

Welche Fragen rund um Grubenwasser sollten auch nach Ende der Stiftung weiterverfolgt werden?

——— Langfristig muss es gelingen, das Grubenwasser nicht als Abfall zu sehen, der möglichst umweltschonend zu entsorgen ist, sondern als Rohstoff, der dabei unterstützt, die verfügbaren Ressourcen zu schonen. Diesem Thema sollte sich die Forschung rund ums Grubenwasser zukünftig vor allem widmen.

PROF. DR. GEORG WIEBER

Wenn Sie auf die gemeinsame Zeit zurückschauen – was macht Sie besonders stolz?

——— Besonders wichtig ist mir, dass wir mit unseren Dialog- und Informationsangeboten etwas geschaffen haben, das über die Stiftung hinaus wirkt: eine verständliche Grundlage, die es auch Menschen ohne Fachwissen ermöglicht, sich künftig fundiert mit dem Thema Grubenwasseranstieg auseinanderzusetzen.

Was gefiel Ihnen an der Zusammenarbeit im Kuratorium besonders?

——— Ich habe die hohe fachliche Expertise sowie die unterschiedlichen Perspektiven im Kuratorium sehr geschätzt. Daraus sind immer wieder fruchtbare Gespräche entstanden, die zu guten Ergebnissen geführt haben. Diese Mischung aus Kompetenz und angenehmer Zusammenarbeit wird mir in bester Erinnerung bleiben.

Welche Wirkung der Stiftung wird möglicherweise erst in Zukunft sichtbar werden?

——— Ich glaube, die eigentliche Wirkung zeigt sich erst mit der Zeit. Besonders wichtig ist mir, dass wir ein komplexes Thema so aufbereitet haben, dass es auch für Laien verständlich wird. Unsere Informationsangebote bleiben länger bestehen und ermöglichen es vielen, sich selbst fundiert zu informieren.

Welche Weichen sollten heute gestellt werden, damit Grubenwasser langfristig sicher gemanagt werden kann?

——— Mir erscheint es wichtig, frühzeitig einen Wasserpegel festzulegen, auf dem sich das Grubenwasser stabil einpendeln kann, ohne dabei oberflächennahe Grundwasserleiter zu gefährden. Gleichzeitig müssen Forschung und wissenschaftliche Grundlagen weiter gestärkt werden, um künftig fundierte Entscheidungen treffen zu können.

ZUR PERSON

Prof. Dr. rer. nat. Georg Wieber

2015 – 2023: Direktor Landesamt für Geologie und Bergbau des Landes Rheinland-Pfalz

Seit 2002: Apl. Professor im Bereich der angewandten Geologie an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz

Themenschwerpunkte

Genehmigungsrecht und Umweltverträglichkeitsprüfungen



DIPL.-STAT. RAINER LÜDTKE

ZUR PERSON

Dipl.-Stat. Rainer Lüdtke

Stiftungsmanager

Themenschwerpunkt

Wissenschaftsförderung



Was war aus Ihrer Sicht der wichtigste Meilenstein in der Stiftungsarbeit?

——— Unser Dialog in Saarbrücken mit Personen aus Politik, Interessen- und Umweltverbänden, der zu einem besseren gegenseitigen Verständnis von Wissenschaft, Behörden und Betroffenen geführt hat.

Welche Erkenntnis nehmen Sie aus der Stiftungstätigkeit für Ihre eigene Arbeit mit?

——— Alle wissenschaftlichen Zugänge und Modelle bestätigen, dass es aus ökologischen und ökonomischen Gründen sinnvoll ist, das Grubenwasser möglichst hoch ansteigen zu lassen. Die Chancen, Rohstoffe aus Grubenwasser zu gewinnen oder dieses zur Wärmeerzeugung zu nutzen, sind aber leider gering.

Was sollte aus der Arbeit der Stiftung unbedingt „bleiben“?

——— Natürlich das Wissen. Das Wissen um Schichtbildungen in Gruben, das Wissen um den Wert von Modellen zum Grubenwasseranstieg, das Wissen um Analysemethoden für ein aussagekräftiges Monitoring, das Wissen um Seltene Erden in tiefen Grubenwässern und das Wissen um Gewässerbelastungen im Rhein.

Welche Rolle wird aus Ihrer Sicht Forschung künftig in diesem Themenfeld spielen müssen?

——— Eine große. Wir wissen zwar viel über grundsätzliche Mechanismen, aber immer noch zu wenig darüber, welche Folgen ein Grubenwasseranstieg im Einzelfall vor Ort hinsichtlich der Freisetzung von Salzen, Methanausgasungen oder Bodenhebungen hat.



WISSENSCHAFTLICHE MITARBEITERINNEN UND MITARBEITER

Die wissenschaftliche Arbeit der Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ wurde über viele Jahre hinweg von engagierten wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern begleitet und gestaltet – als Herzstück der praktischen Forschungsarbeit: Sie wirkten an Forschungsprojekten mit, bereiteten wissenschaftliche Grundlagen auf, analysierten Daten und unterstützten die Entwicklung neuer Fragestellungen und Lösungsansätze.

Mit ihrer fachlichen Kompetenz, ihrem Engagement und ihrer engen Zusammenarbeit mit dem Kuratorium haben sie wesentlich dazu beigetragen, komplexe Themen verständlich aufzubereiten und Forschungsergebnisse nachvollziehbar zu dokumentieren. Viele Projekte konnten erst durch ihre intensive Mitarbeit und ihre wissenschaftliche Expertise erfolgreich umgesetzt werden. Insgesamt waren über die Jahre 14 wissenschaftliche Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen an 17 Forschungsprojekten aktiv beteiligt. Die Stiftung dankt ihnen allen herzlich für ihren wichtigen Beitrag zur Forschungs-, Dialog- und Öffentlichkeitsarbeit der vergangenen Jahre.

Forschungen gemeinsam gestaltet mit:

DIEGO A. BEDOYA GONZALEZ
→ Reaktiver Stofftransport bei der Initialflutung *(S. 72)*

TILL GENTH
→ Durchlässigkeit der Emscher-Formation *(S. 64)*

JULE GLEBA
→ Internetportal Grubenflutungen *(S. 120)*

BENJAMIN HASKE
→ GEO-GASH *(S. 100)*

HENNING JASNOWSKI-PETERS
→ Monitoring für den Grubenwasseranstieg *(S. 56)*
→ Durchlässigkeit der Emscher-Formation *(S. 64)*

TIMO KESSLER
→ Belastbarkeit numerischer Modelle *(S. 68)*
→ Reaktiver Stofftransport bei der Initialflutung *(S. 72)*

ELKE MUGOVA
→ Tiefblick Dichteschichtung *(S. 60)*
→ Nachhaltige Flutungsniveaus *(S. 92)*
→ Bevölkerungsumfrage Grubenwasser *(S. 116)*

PETER QUENSEL
→ Beurteilungsgrundlagen und -kriterien für Grubenwasser *(S. 44)*
→ Bergrechtliche Genehmigungsverfahren *(S. 84)*

BASTIAN REKER
→ GEO-GASH *(S. 100)*
→ Internetportal Grubenflutungen *(S. 120)*

THOMAS RINDER
→ Einzugsgebiete von Grubenwasser *(S. 48)*
→ Reaktiver Stofftransport bei der Initialflutung *(S. 72)*

LISA ROSE
→ Durchlässigkeit der Emscher-Formation *(S. 64)*

MARION STEMKE
→ Beurteilungsgrundlagen und -kriterien für Grubenwasser *(S. 44)*
→ Bergrechtliche Genehmigungsverfahren *(S. 84)*

BARBARA TEICHERT
→ GEO-GASH *(S. 100)*

SEBASTIAN WESTERMANN
→ GEO-GASH *(S. 100)*

IN ERINNERUNG: PROF. DR. JOSEF KLOSTERMANN

——— Professor Josef Klostermann war von der Gründung der Stiftung „Forum Bergbau und Wasser" im Jahr 2017 bis zu seinem krankheitsbedingten Ausscheiden im Frühjahr 2018 Vorsitzender des Kuratoriums. In dieser frühen Phase hat er die inhaltliche Ausrichtung der Stiftung maßgeblich geprägt.

Als ehemaliger Leiter des Geologischen Dienstes Nordrhein-Westfalen brachte er ein außergewöhnlich breites Fachwissen ein. Mit großer Klarheit und Weitblick trug er dazu bei, den Stiftungszweck zu schärfen und zentrale Themen für die Forschungsarbeit zu identifizieren. Viele grundlegende Impulse der Anfangszeit gehen auf ihn zurück.

Im Kuratorium wurde er nicht nur für seine fachliche Kompetenz, sondern auch für seine offene, zugewandte Art geschätzt.



Er verstand es, unterschiedliche Perspektiven zusammenzuführen und den Austausch konstruktiv zu gestalten. Mit seinem Tod am 18. Mai 2018 verlor die Stiftung einen geschätzten Wegbegleiter und wichtigen Impulsgeber. Die Stiftung erinnert sich mit großem Respekt und Dankbarkeit an sein Wirken.

Ergebnisse


1000 ml
RETRACE CODE
CZECH REPUBLIC
CHRIS KOCKE VISIT
BOTANICKA ZAHRADA
1034 mS/cm
10,3°C
8,46
189,8 mV

FORSCHUNG VERSTEHEN, ENTSCHEIDUNGEN ERMÖGLICHEN

WISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN FÜR DEN VERANTWORTUNGSVOLLEN UMGANG MIT GRUBENWASSER

Warum hat die Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ so viele Forschungsprojekte durchgeführt? Weil der Blick auf Grubenwasser keine Frage einfacher Meinungen ist. Mit dem Ende des Steinkohlenbergbaus verschwanden die Herausforderungen nicht unter Tage. Grubengebäude, untertägige Wegsamkeiten, Schadstoffe, Grubenwasser und die Erwartungen der Menschen bleiben bestehen – ebenso wie die Verantwortung, mit diesen Folgen langfristig umzugehen.

Wer verantwortungsvoll über Grubenflutungen entscheiden will, braucht belastbare wissenschaftliche Grundlagen. Genau dort setzte die Arbeit der Stiftung an. Über mehrere Jahre hinweg wurden unterschiedlichste Fragestellungen untersucht: von rechtlichen Rahmenbedingungen über numerische Modelle und Monitoringkonzepte bis hin zu Stofftransport, Flutungsniveaus, Dichteschichtungen, Energiepotenzialen und ökologischen Auswirkungen. Ergänzt wurde dies durch Untersuchungen zur öffentlichen Wahrnehmung und zum Informationsbedarf der Bevölkerung.

> *Aus den vielen Einzelprojekten entstand so Schritt für Schritt ein Gesamtbild: Grubenflutungen sind steuerbar, wenn man sie frühzeitig versteht, konsequent beobachtet und offen kommuniziert.*

Dabei wurde eine zentrale Erkenntnis klarer als zu Beginn erwartet: Ein hoher, gut überwachter Grubenwasserstand bei schnellstmöglicher Flutung ist in der Regel nachhaltiger als ein dauerhaftes Tiefhalten. Er kann Energie sparen, Eingriffe verringern und langfristig stabilere hydrologische und hydrogeologische Verhältnisse schaffen. Dies gilt jedoch nicht automatisch überall. Es gilt dort, wo geologische Bedingungen, Wasserchemie, Tagesoberfläche, Nutzung und Sicherheit zusammen betrachtet werden. Genau dafür hat die Stiftung die wissenschaftliche Grundlage geschaffen: nicht für einfache Antworten, sondern für künftig bessere Entscheidungen mit dem Fokus auf Wesentlichem.

„Grubenwasser ist nicht nur ein Bewertungsgegenstand. Es birgt Potenziale – als Ressource, als Energieträger und als dynamisches System, das wir verstehen müssen.“

——— **Prof. Dr. Georg Wieber**

WAS GRUBENWASSER LEISTEN KANN

WIE HINTERGRUNDWERTE, ROHSTOFFPOTENZIALE UND HYDRAULIK NEUE MASSSTÄBE FÜR DIE BEWERTUNG SETZEN

Grubenwasser ist eine Folge des Bergbaus. Es verändert das hydraulische System und kann eine Rohstoffquelle darstellen. Wer es verstehen will, muss seine chemische Zusammensetzung, die rechtliche Einordnung und physiko-chemische Dynamik gemeinsam betrachten. Genau hier setzt das Forschungsprojekt „Beurteilungs-grundlagen und -kriterien für Grubenwasser“ an.

→



Beurteilungsgrundlagen und -kriterien für Grubenwasser

Projektzeitraum: 2017–2022

Leitung: Prof. Dr. Georg Wieber, Dr. Marion Stemke, Dipl.-Geol. Peter Quensel (Universität Mainz)

Schwerpunkte: Hintergrundwerte, Rohstoffpotenziale (Lithium, Seltene Erden), geothermische Nutzung, Grubenwasserhydraulik

Bedeutung: Entwicklung wissenschaftlicher Grundlagen für Bewertung, Nutzung und langfristiges Management von Grubenwasser

Mehr Infos zum Projekt

Maßstäbe für die Bewertung

Im ersten Teilprojekt wurden Hintergrundwerte für Grubenwässer des Steinkohlenbergbaus ermittelt. Hintergrundwerte beschreiben flächig verbreitete Stoffkonzentrationen im Grundwasser und dienen als Referenz für die Zustandsbewertung von Grundwasser gemäß der EG-Wasserrahmenrichtlinie.

Die Herausforderung: Hinter dem Begriff Grubenwasser stehen Wässer sehr unterschiedlicher Herkunft und Zusammensetzung. Mithilfe statistischer Verfahren und umfangreicher Datensätze – rund 4.800 Analysen aus verschiedenen Revieren – wurde geprüft, ob sich belastbare Gruppierungen und Referenzbereiche ableiten lassen. Ein einheitliches Muster zeigte sich bislang nicht. Dennoch liefert die Auswertung wichtige Hinweise für die künftige Bewertung von Flutungsniveaus und Wasserhaltungsstandorten.

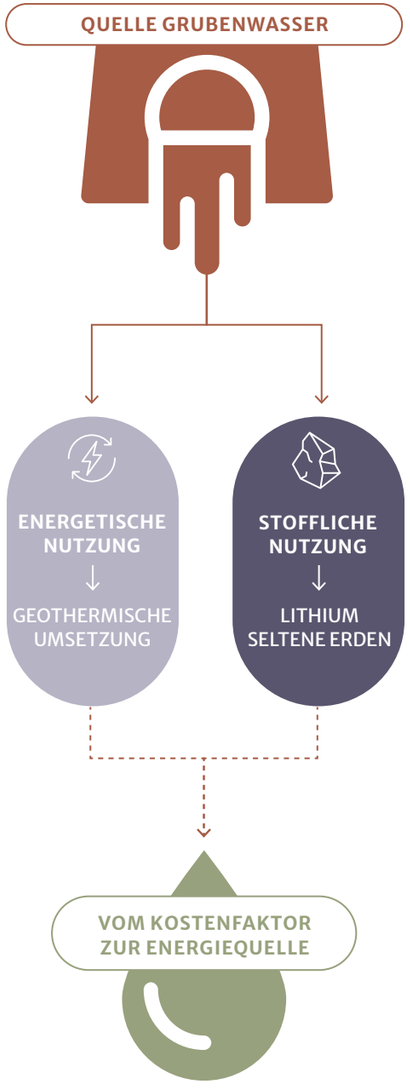
Vom Grubenwasser zur Ressource

Im zweiten Teilprojekt stand die Inwertsetzung von Grubenwasser im Mittelpunkt. Es unterschied zwischen stofflicher und energetischer Nutzung.

Bei der stofflichen Nutzung rückten kritische Rohstoffe in den Fokus – darunter Lithium und Seltene Erden. In den Grubenwässern des ehemaligen Anthrazitbergwerks Ibbenbüren konnten relevante Lithiumkonzentrationen nachgewiesen werden. Erste Laborversuche zeigen, dass eine selektive Extraktion grundsätzlich möglich ist. Auch Seltene Erden konnten nachgewiesen werden und ließen sich in Versuchen an Tonmineralen adsorbieren. Weitere Untersuchungen müssten klären, wie diese Verfahren technisch und wirtschaftlich optimiert werden können.

Neben der stofflichen Nutzung wurde auch das energetische Potenzial untersucht. Grubenwasser kann geothermisch genutzt werden – etwa über Wärmetauschertechnologien. Überschlägige Berechnungen zeigen, dass bei großen Wasserhaltungsvolumina erhebliche Wärmemengen erschlossen werden könnten. Damit wird Grubenwasser vom Kostenfaktor zur potenziellen Energiequelle.

INWERTSETZUNG VON GRUBENWASSER



Hydraulik gefluteter Grubenbaue

Das dritte Teilprojekt widmete sich der Hydraulik gefluteter Bergwerke. Wie verändern sich Fließwege, wenn sich Randbedingungen ändern? Langzeitmessungen in Schächten zeigen, dass sich Strömungsrichtungen und Schichtungen dynamisch entwickeln können. In einem gefluteten Schacht wurde ein Modell zur Entstehung und zum Kollaps solcher Dichteschichtungen erarbeitet.

> *Diese Untersuchungen machen deutlich: Grubenwasser bzw. dessen Hydraulik stellen kein statisches System dar. Ihre chemischen und hydraulischen Eigenschaften können sich auch nach der Stilllegung weiter verändern.*



Bestimmung von Grubenwasser-einzugsgebieten: Prozesse und Dynamik der Grundwasserneubildung

Projektzeitraum: 2017–2022

Leitung: Prof. Dr. Sylke Hilberg, Dr. Thomas Rinder (Universität Salzburg)

Methoden: Wasser- und Feststoff-proben, hydrochemische Analysen, isotopenhydrologische Auswertung, statistische Dateninterpretation

Bedeutung: Verbessertes Verständnis der Stoffzusammensetzung und -dynamik im Grubenwasser als Grundlage für Monitoring, Prognosen und Sanierungsstrategien

Mehr Infos zum Projekt

„Grubenwasser ist kein einheitlicher Stoff, sondern ein komplexes Gemisch. Seine Zusammensetzung verrät uns viel darüber, wo es herkommt, wie es sich bewegt und welche Wechselwirkungen zu erwarten sind.“

——— **Prof. Dr. Sylke Hilberg**

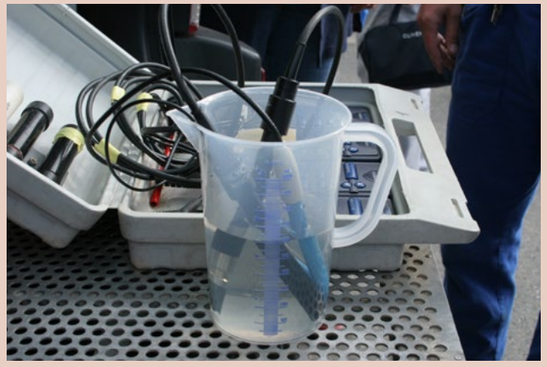
WAS IM WASSER STECKT

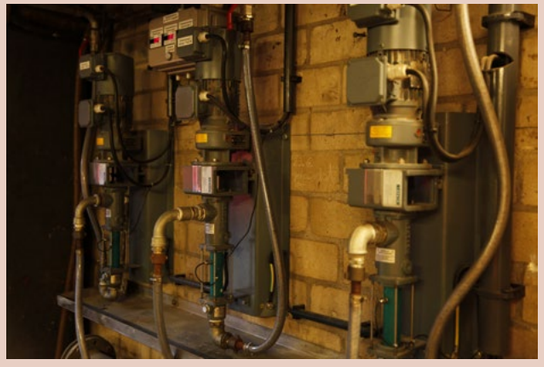
WIE CHEMISCHE SIGNATUREN IM GRUBENWASSER RISIKEN SICHTBAR MACHEN UND CHANCEN ERÖFFNEN

Wasser sieht oft gleich aus. Klar, farblos, unscheinbar. Doch unter der Oberfläche erzählt es Geschichten. Grund- und Grubenwasser tragen chemische Spuren ihrer Herkunft in sich – Hinweise auf Gestein, Prozesse und Wege, die sie über Jahrzehnte oder Jahrhunderte genommen haben. Wer diese Spuren lesen kann, gewinnt ein tiefes Verständnis dafür, was im Untergrund geschieht. Genau hier setzte dieses Forschungsprojekt an.

→









Chemie als Schlüssel zum Verständnis

Ziel des Projekts war es, systematisch zu erfassen, welche Stoffe in Grund- und Grubenwasser vorkommen und wie sie miteinander in Beziehung stehen. Hierfür wertete das Forschungsteam umfangreiche hydrochemische und isotopenhydrologische Daten aus. Isotope wirken dabei wie ein Fingerabdruck des Wassers: Sie helfen zu bestimmen, ob es sich um junges oder altes Wasser handelt, aus welcher Tiefe es stammt und welche Prozesse es durchlaufen hat.

Die Arbeiten folgten einem klaren Ablauf: Zunächst wurden vorhandene Daten aus früheren Untersuchungen und der Fachliteratur gesammelt. Darauf aufbauend analysierten die Forschenden neue Proben und interpretierten die Ergebnisse statistisch. Abschließend wurden Prognosen abgeleitet, die Aussagen über künftige Entwicklungen im Grubenwasser erlauben.

Proben aus Tiefe und Geschichte

Ein zentraler Untersuchungsraum war das Steinkohlenbergwerk im Ibbenbürener Ostfeld. Dort wurden Grubenwasser sowie tiefes und oberflächennahes Grundwasser miteinander verglichen. Ergänzend untersuchte das Team Wasser aus dem Dickenberger Stollen im Ibbenbürener Westfeld sowie aus einem alten Stollen im Bereich der bayerischen Pechkohlemulde. Diese Orte stehen exemplarisch für unterschiedliche geologische Bedingungen und bergbauliche Hinterlassenschaften.

Neben Wasserproben wurden auch feste Ablagerungen analysiert – insbesondere eisenhaltige Rückstände, die sich über lange Zeiträume in den Stollen gebildet haben. Sie sind sichtbare Zeugen chemischer Prozesse im Untergrund und liefern wertvolle Hinweise auf Reaktionen zwischen Wasser, Gestein und Luft.

Risiken erkennen, Potenziale nutzen

Die Ergebnisse zeigen ein differenziertes Bild. Einerseits ermöglichen die Analysen ein besseres Verständnis von Stoffströmen im Grubenwasser und damit eine fundiertere Einschätzung möglicher Risiken für Grund- und Trinkwasser. Andererseits zeigen die sekundären Eisenminerale das Selbstreinigungspotenzial des Systems auf. Neben Eisen werden weitere Metalle in die Festphase eingebaut und damit dem Grubenwasser entzogen.

> *Allerdings gilt auch hier: Der Weg von der Erkenntnis zur Anwendung ist anspruchsvoll. Eine gezielte Aufbereitung der Materialien ist zwingend erforderlich, um ihre Wirksamkeit sicher und kontrolliert nutzen zu können.*

Wissen, das Entscheidungen trägt

Was zunächst wie ein Blick ins Reagenzglas wirkt, hat große Bedeutung für den praktischen Umgang mit den Folgen des Bergbaus. Die gewonnenen Erkenntnisse helfen, chemische Prozesse im Untergrund besser vorherzusagen, Entwicklungen langfristig zu überwachen und Entscheidungen auf eine solide wissenschaftliche Grundlage zu stellen. So wird aus chemischer Analyse ein wichtiges Instrument für einen verantwortungsvollen Umgang mit dem Grubenwasser – heute und in Zukunft.

WAS ALTE MINERALE ÜBER KÜNFTIGE WASSERWEGE VERRATEN

WIE ISOTOPENGEOCHEMISCHE ARCHIVE AUS DER ZEIT VOR DEM BERGBAU HELFEN, DIE GRUBENFLUTUNG ZU VERSTEHEN

Bevor Pumpen das Grundwasser im Ruhrgebiet über Jahrzehnte absenkten, zirkulierten Tiefenwässer, Solen und Thermalwässer ungestört durch das Gestein. Doch wie sahen diese natürlichen Verhältnisse aus? Und was bedeutet es für die künftige Grubenflutung, wenn das Wasser nun langsam zurückkehrt?

Das Forschungsprojekt ging dieser Frage mit einem ungewöhnlichen Ansatz nach: Anstatt aktuelle Messdaten zu verwenden, wurden Minerale untersucht, die sich lange vor Beginn des Bergbaus in natürlichen, offenen Spaltensystemen im Steinkohlen- und Deckgebirge gebildet hatten.

→



Daten aus der Vergangenheit als Grundlage für die zukünftige Steuerung eines nachhaltigen Grubenwasseranstiegs

Förderdauer: 24 Monate (2019 – 2020)

Leitung: Prof. Dr. Thomas Kirnbauer (TH Georg Agricola Bochum)

Schwerpunkte: Isotopengeochemie, historische Fluidsysteme, Tiefensolen

Bedeutung: Rekonstruktion der natürlichen Grundwasserverhältnisse als Referenz für die Steuerung des künftigen Grubenwasseranstiegs

Mehr Infos zum Projekt



„Die Minerale sind stille Zeugen eines früheren Wassersystems. Wenn wir ihre isotopischen Signaturen verstehen, gewinnen wir ein Referenzbild für die Zeit vor dem Bergbau und damit eine Orientierung für die Zukunft.“

——— **Prof. Dr. Thomas Kirnbauer**

Minerale als isotopengeochemische Zeitkapseln

Während ihres Wachstums im Mineral- oder Thermalwasser bauen Minerale stabile und radiogene Isotope ein, unter anderem solche der Elemente Kohlenstoff, Sauerstoff, Schwefel und Strontium. Damit konservieren sie Informationen über die chemische Zusammensetzung und Herkunft der Wässer.

Untersucht wurden unter anderem die Minerale Baryt, Calcit, Pyrit/Markasit, Coelestin und Strontianit. Ihre isotopengeochemischen Analysen erlaubten es, die historischen Fluidsysteme im Steinkohlengebirge und im Deckgebirge zu rekonstruieren, folglich jene Wasserzirkulationen, die vor der bergbaubedingten Grundwasserabsenkung aktiv waren.

Zwei getrennte Fluidsysteme

Zentrales Ergebnis der Untersuchungen ist die Existenz zweier Systeme: Zum einen ein atektonisches, rezentes bis subrezentes System im Steinkohlengebirge. Entlang großer, hydraulisch leitender Störungszonen stiegen salzreiche (NaCl) und bariumreiche Tiefensolen auf und mischten sich mit sulfatreichen Wässern. Die dabei entstandene Baryt-Mineralisation markiert ehemalige Aufstiegswege dieser Tiefenwässer.

Mit dem Ende der Wasserhaltung ist davon auszugehen, dass diese Tiefensolen künftig erneut entlang dieser Strukturen aufsteigen können. Allerdings treffen sie nun auf bergmännische Hohlräume, die neue hydraulische Wege eröffnen. Frühere „kanalisierte“ Aufstiege könnten sich dadurch verändern.

Zum anderen identifizierte das Projekt ein tektonisch induziertes, fossiles Mineralsystem im Oberkreide-Deckgebirge. Es entstand in geologischen Zeiten intensiver tektonischer Aktivität und ist räumlich wie zeitlich klar vom rezenten System getrennt. Für den Nachbergbau spielt dieses fossile System keine Rolle, da eine erneute Aktivierung unter den heutigen geologischen Bedingungen nicht zu erwarten ist.

Vergangenheit als Planungsgrundlage

Das Projekt lieferte erstmals belastbare Hinweise auf die natürliche Hydrochemie für die Zeit vor dem Eingriff des Bergbaus.

> *Diese historischen Referenzdaten helfen, heutige Entwicklungen einzuordnen und künftige Szenarien der Grubenflutung realistisch zu bewerten.*

Indem die isotopengeochemischen „Archive“ des Gesteins gelesen werden, entsteht ein tieferes Verständnis für mögliche Aufstiegswege, Mischungsprozesse und Systemgrenzen. Diese sind eine wichtige Grundlage für ein nachhaltiges Wassermanagement im Nachbergbau.



Monitoringmaßnahmen für nachhaltige Grubenwasseranstiegsprozesse

WAS DAS WASSER VERRÄT

WIE EIN INTEGRALES MONITORING GRUBENWASSERANSTIEGE KONTROLLIERBAR MACHT

Wenn Grubenwasser ansteigt, verläuft dieser Prozess meist unsichtbar, tief im Untergrund. Doch gerade weil er sich dem direkten Blick entzieht, braucht es verlässliche Instrumente, um Veränderungen frühzeitig zu erkennen. Monitoring ist dabei weit mehr als reine Messroutine. Es ist ein zentrales Element des Risikomanagements im Nachbergbau.

Projektzeitraum: 2017–2022

Leitung: Prof. Dr. Christian Melchers, Henning Jasnowski-Peters (TH Georg Agricola Bochum)

Schwerpunkte: Risikomanagement (Conformance & Containment), „BOW-TIE"-Konzept, hydrochemische und isotopengeochemische Tracer

Bedeutung: Entwicklung eines integralen Monitorings zur frühzeitigen Erkennung von Infiltrationen und Mischungsprozessen im Zuge des Grubenwasseranstiegs

Mehr Infos zum Projekt

Das Forschungsprojekt „Monitoringmaßnahmen für nachhaltige Grubenwasseranstiegsprozesse" widmete sich der Frage, wie ein solches Überwachungssystem aufgebaut sein muss, um langfristig Sicherheit zu gewährleisten. Im Mittelpunkt standen zwei Grundprinzipien: Conformance und Containment. Conformance bedeutet, dass Prognosen und Modelle kontinuierlich überprüft und anhand neuer Messdaten angepasst werden. Es beschreibt somit die langzeitliche Sicherheit des Prozesses. Containment beschreibt die Aufgabe, das System so zu überwachen, dass unerwünschte Entwicklungen – etwa eine Infiltration in Trinkwasserreservoire oder bewirtschaftete Grundwasserleiter – ausgeschlossen bleiben. Es steht somit für die aktuelle Sicherheit des Prozesses.

→

Ein Konzept mit Sicherheitslogik

Als methodische Grundlage diente das „BOW-TIE“-Verfahren aus dem internationalen Risikomanagement. Es verbindet mögliche Gefahrenquellen mit präventiven und korrigierenden Maßnahmen. Für den Grubenwasseranstieg heißt das: Klare Messparameter werden definiert, Baselines festgelegt und Messnetze aufgebaut. Ein Bewertungssystem in Form eines Ampelmodells hilft, Veränderungen einzuordnen und im Bedarfsfall gezielt zu reagieren.

Doch hydraulische Messungen allein reichen nicht aus. Eine zentrale Herausforderung bestand darin, auch die hydrochemischen und isotopengeochemischen Eigenschaften der unterschiedlichen Grundwasserleiter systematisch in das Monitoring einzubeziehen.

Wasser trägt seine Geschichte in sich

Die Auswertung von mehr als 550 Datensätzen aus eigenen Analysen, Referenzdaten und der Literatur zeigte: Die Hydrochemie ist ein entscheidender Indikator für Prozesse im Untergrund. Gelöste Ionen wie Bromid oder Lithium sowie charakteristische Isotopenverhältnisse – etwa Strontiumisotope oder stabile Wasserisotope – wirken als natürliche Tracer. Sie erlauben es, unterschiedliche Wasserkörper eindeutig zu unterscheiden und Mischungsprozesse zu identifizieren.

So konnte beispielsweise mithilfe des Chlorid/Bromid-Verhältnisses nachgewiesen werden, ob ein Wasser aus salzführenden Schichten des Deckgebirges stammt oder aus oberkarbonischen Formationswässern des ehemaligen Grubengebäudes. Auch Lithiumkonzentrationen liefern Hinweise auf Wasser-Gesteins-Wechselwirkungen. Diese chemischen Signaturen machen sichtbar, woher ein Wasser kommt, welchen Weg es genommen hat – und ob sich seine Zusammensetzung verändert.

Monitoring als lernendes System

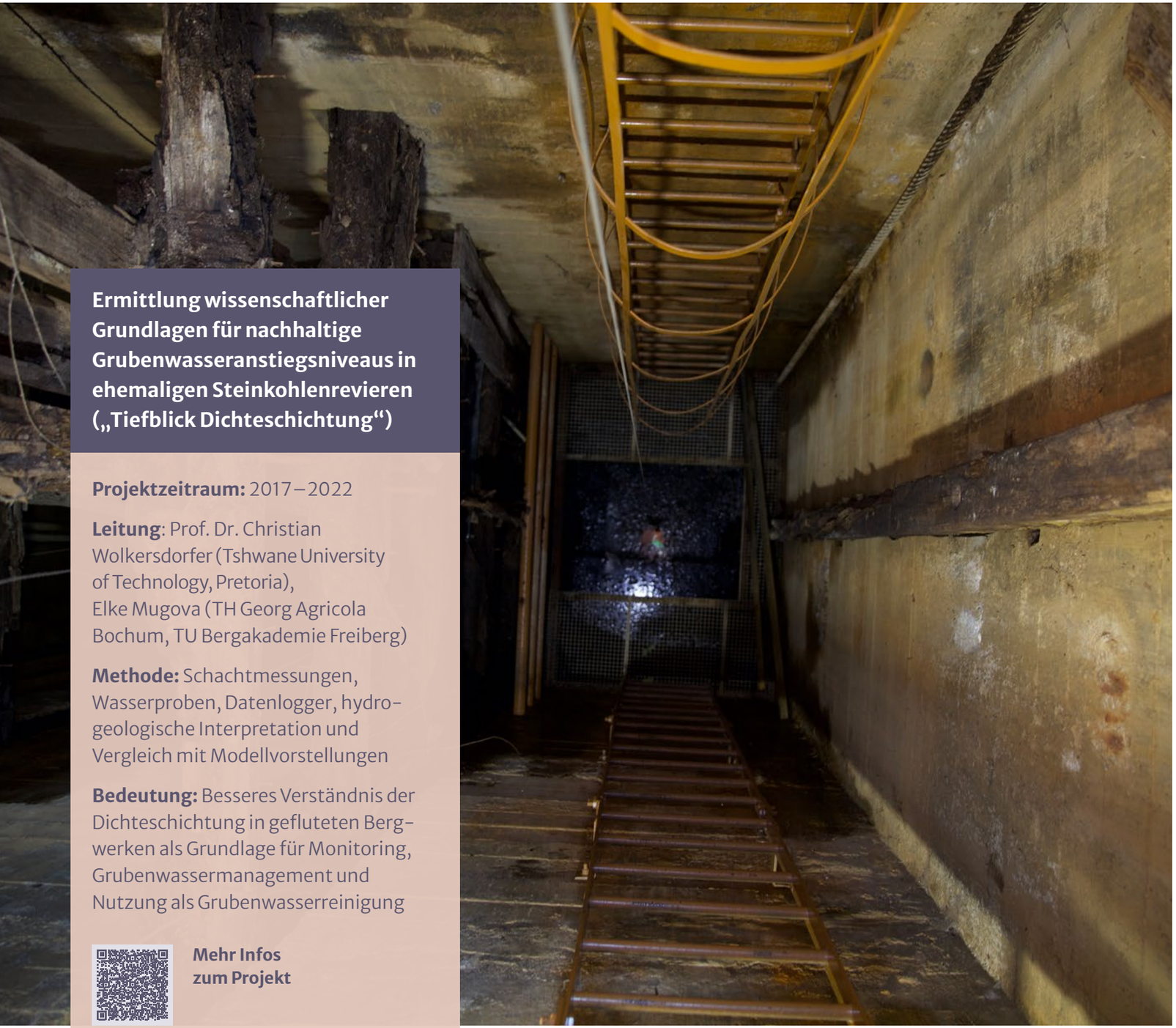
Das Projekt zeigt: Ein nachhaltiges Monitoring muss integrativ angelegt sein. Es verbindet hydraulische Beobachtungen mit geochemischen Analysen und bewertet sie im systematischen Zusammenhang. Dabei ist Monitoring kein statisches Kontrollinstrument, sondern ein lernendes System. Neue Daten fließen kontinuierlich in die Bewertung ein, Modelle werden überprüft und Unsicherheiten reduziert.

> *So entsteht ein Frühwarnsystem, das nicht nur den aktuellen Zustand beschreibt, sondern langfristige Entwicklungen im Blick behält. Damit wird Monitoring zu einem zentralen Baustein für einen sicheren und verantwortungsvollen Umgang mit dem Grubenwasseranstieg.*

„Monitoring bedeutet, Entwicklungen rechtzeitig zu erkennen und handlungsfähig zu bleiben, bevor aus einer Veränderung ein Risiko wird.“

——— **Prof. Dr. Christian Melchers**





Ermittlung wissenschaftlicher Grundlagen für nachhaltige Grubenwasseranstiegsniveaus in ehemaligen Steinkohlenrevieren („Tiefblick Dichteschichtung“)

Projektzeitraum: 2017–2022

Leitung: Prof. Dr. Christian Wolkersdorfer (Tshwane University of Technology, Pretoria), Elke Mugova (TH Georg Agricola Bochum, TU Bergakademie Freiberg)

Methode: Schachtmessungen, Wasserproben, Datenlogger, hydrogeologische Interpretation und Vergleich mit Modellvorstellungen

Bedeutung: Besseres Verständnis der Dichteschichtung in gefluteten Bergwerken als Grundlage für Monitoring, Grubenwassermanagement und Nutzung als Grubenwasserreinigung

Mehr Infos zum Projekt

WARUM GRUBENWASSER SCHICHTEN BILDET

WIE DICHTEUNTERSCHIEDE DAS WASSER ORDNEN UND WELCHE FOLGEN DAS FÜR DEN NACHBERGBAU HAT

Auf den ersten Blick wirkt ein geflutetes Bergwerk wie ein großer unterirdischer Wasserkörper. Doch so einfach ist es nicht. Das Grubenwasser aus verschiedenen Tiefen kann sich in Temperatur und chemischer Zusammensetzung erheblich unterscheiden. Dadurch können Wasserschichten entstehen, die sich nicht oder nur langsam vermischen. Um zu verstehen, wie sich dieses Grubenwasser verhält, ist ein genauer Blick in die Tiefe notwendig.

Unsichtbare Grenzen im Wasser

Im Projekt „Tiefblick Dichteschichtung“ wurde untersucht, wie Dichteschichtungen entstehen, wie stabil sie sind und unter welchen Bedingungen sie wieder zusammenbrechen. Dichteschichtung bedeutet, dass in der Regel „leichteres“ Wasser über „schwererem“ Wasser liegt. Bereits kleine Unterschiede in der Temperatur oder der Konzentration gelöster Stoffe können ausreichen, um eine klare Trennung zu bilden.

→

„Ähnlich wie beim Latte Macchiato ist ein geflutetes Untertage-bergwerk in verschiedene Schichten unterteilt. Wenn man diese Schichten nicht durch Umrühren stört, kann das meist qualitativ bessere Wasser oben stehen bleiben und in die Umgebung abfließen.“

——— **Prof. Dr. Christian Wolkersdorfer**

Dieses Wissen ist für geflutete Bergwerke wichtig. Eine stabile Schichtung kann verhindern, dass tiefer liegendes, stärker mineralisiertes Grubenwasser an die Oberfläche gelangt. Wird die Schichtung jedoch gestört – beispielsweise durch Pumpen, Zuflüsse, Wärme oder technische Eingriffe –, können sich die Wassermassen vermischen und stark verunreinigtes Grubenwasser kann in die Umwelt gelangen.

Messen, ohne den Untergrund zu stören

Ein Schwerpunkt des Projekts waren Messungen in gefluteten Bergwerksschächten. Dabei wurde die Verteilung der Temperatur und der elektrischen Leitfähigkeit über die Tiefe erfasst. Solche Messreihen zeigen, ob ein Bergwerk gleichmäßig durchmischt ist oder ob deutliche Sprünge zwischen einzelnen Schichten bestehen.

Die größte Herausforderung besteht darin, die Verhältnisse im Schacht so wenig wie möglich zu verändern. Eine unvorsichtige Probenahme kann feine Schichtgrenzen verwischen. Deshalb sind angepasste Messverfahren, langsames Arbeiten und eine sorgfältige Dokumentation entscheidend. So ließ sich erkennen, ob die beobachteten Unterschiede tatsächlich aus dem Bergwerk stammen oder durch die Untersuchung selbst verursacht wurden.

Vom Messwert zur verständlichen Aussage

Die Messdaten wurden mit hydrogeologischem Wissen und den Erfahrungen aus früheren Untersuchungen zusammengeführt. Zusammen mit Markierungsversuchen entstand so ein Bild der unterirdischen Strömungsverhältnisse.

DAS LATTE-MACCHIATO-PRINZIP DER DICHTESCHICHTUNG



Ganz oben, in der Nähe der Tagesoberfläche, bewegt sich das relativ frische Wasser – luftig wie der Milchschaum auf dem Kaffee.

In der Mitte lagern leichtere, weniger mineralisierte Schichten, die durch versickerndes Oberflächenwasser gespeist werden. Sie bilden die „Espresso-Schicht“ des Untergrunds.

Dichtes, stark mineralisiertes Wasser sammelt sich unten – vergleichbar mit der heißen Milch.

Da sich die Fragen zum Bergwerk nicht durch die Betrachtung eines einzelnen Wertes beantworten lassen, wurden viele Beobachtungen über Raum und Zeit kombiniert.

Für Betroffene ist das Thema dort relevant, wo Grubenflutung, Pumpbetrieb oder mögliche Nutzungen von Grubenwasser diskutiert werden. Die Dichteschichtung kann erklären, warum sich Veränderungen langsam entwickeln, warum Messungen in verschiedenen Tiefen unterschiedliche Ergebnisse liefern und weshalb einfache Aussagen wie „das Grubenwasser“ oft zu kurz greifen.

Wissen für sichere Entscheidungen

Insgesamt trägt das Projekt dazu bei, Risiken besser einzuordnen und technische Entscheidungen nachvollziehbarer zu machen. Vor allem zeigten die Untersuchungen, an welchen Stellen Monitoring besonders wichtig ist, welche Messungen regelmäßig wiederholt werden sollten und welche Eingriffe die Schichtung stören könnten. Damit trägt „Tiefblick Dichteschichtung“ dazu bei, Grubenflutungen sowohl technisch als auch verständlich zu begleiten.



Evaluation der Durchlässigkeit der Emscher-Formation

Projektzeitraum: 2019 – 2022

Leitung: Prof. Dr. Christian Melchers, Henning Jasnowski-Peters (TH Georg Agricola Bochum)

Mitarbeiter: Lisa Rose, Till Genth (TH Georg Agricola Bochum)

Schwerpunkte: Tonmineralogie, Smektit-Quellverhalten, Porositäts- und Permeabilitätsmessungen

Bedeutung: Bewertung der hydraulischen Eigenschaften des Deckgebirges als Grundlage für ein sicheres Grubenwassermanagement

Mehr Infos zum Projekt

„Die Durchlässigkeit eines Gesteins lässt sich nicht allein an seiner Porosität ablesen. Entscheidend ist, wie groß und wie gut vernetzt diese Poren sind und welche Minerale den Wasserfluss zusätzlich beeinflussen.“

——— **Prof. Dr. Christian Melchers**

WIE DICHT IST DAS DECKGEBIRGE?

WARUM DIE DURCHLÄSSIGKEIT DER EMSCHER-FORMATION FÜR DEN GRUBENWASSERANSTIEG ENTSCHEIDEND IST

Wenn Grubenwasser ansteigt, entscheidet nicht allein das Bergwerk über seinen Weg. Auch das Deckgebirge darüber spielt eine zentrale Rolle. Es wirkt wie eine Barriere – oder wie ein Filter. Wie durchlässig diese geologischen Schichten sind, bestimmt, ob und wie schnell Wasser fließt. Genau hier setzte das Forschungsprojekt zur Evaluation der Durchlässigkeit der Emscher-Formation an.

Die Emscher-Formation ist im Münsterländer Kreidebecken über 1.000 Meter mächtig und Teil des Deckgebirges über ehemaligen Steinkohlenbergwerken im Ruhrrevier. Die Eigenschaften des Emscher-Mergels sind daher für das Grubenwassermanagement von großer Bedeutung.

→

Minerale mit Wirkung

Im ersten Teilprojekt stand die Zusammensetzung des Gesteins im Mittelpunkt. Anhand der Bohrung „Waltrop 2“ wurden der Mineralbestand und insbesondere die Tonmineralogie detailliert untersucht, denn Tonminerale beeinflussen die hydraulische Durchlässigkeit in besonderem Maße.

Die Analysen zeigten, dass quellfähige Tonminerale der Smektitgruppe eine Schlüsselrolle spielen. Sie besitzen die Fähigkeit, bei Wasserkontakt aufzuquellen und Poren oder Störungszonen teilweise selbst abzudichten. Gerade in tektonisch beanspruchten Bereichen kann diese Eigenschaft die Durchlässigkeit erheblich reduzieren.

> *Damit wird deutlich: Nicht allein Risse und Klüfte entscheiden über den Wasserfluss, sondern auch die mineralogische Feinstruktur des Gesteins.*

Poren sind nicht gleich Poren

Im zweiten Teilprojekt wurde die hydraulische Durchlässigkeit direkt gemessen. Dazu wurden Plug-Proben aus dem Emscher-Mergel sowie – zum Vergleich – aus dem Bentheimer Sandstein entnommen. Mithilfe von Porositäts- und Permeabilitätsmessungen wurde bestimmt, wie viel Wasser pro Zeiteinheit durch das jeweilige Gestein fließen kann.

Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede: Der Emscher-Mergel weist mit rund 15 Prozent zwar eine beachtliche Porosität auf, doch seine Poren sind extrem klein – im Mittel nur etwa 0,03 Mikrometer. Der Bentheimer Sandstein besitzt hingegen größere Poren und eine höhere Porosität. Dadurch ist er wesentlich durchlässiger.

Das bedeutet: Hohe Porosität allein sagt wenig über die tatsächliche Durchlässigkeit aus. Entscheidend sind die Größe und Vernetzung der Poren: die effektive Porosität. Beim Emscher-Mergel führen die sehr kleinen Porendurchmesser trotz vorhandener Hohlräume zu einer insgesamt geringen Durchlässigkeit für Flüssigkeiten.

Bedeutung für das Grubenwassermanagement

Für das nachhaltige Management von Grubenwasser sind solche Erkenntnisse zentral. Sie helfen einzuschätzen, wie sich ein Wasseranstieg im Untergrund verhält und in welchem Maße das Deckgebirge als hydraulische Barriere wirkt. Gleichzeitig zeigt das Projekt, dass kleinräumige Messungen stets im geologischen Gesamtzusammenhang interpretiert werden müssen. Struktur, Mineralbestand und Porengeometrie greifen ineinander und bestimmen gemeinsam das hydraulische Verhalten der Formation.

> *Somit liefert das Projekt eine wichtige Grundlage, um die Integrität des Deckgebirges fundiert zu bewerten und langfristige Entwicklungen im Untergrund besser einschätzen zu können.*



WIE GUT SIND UNSERE PROGNOSEN?

WARUM DIE WAHL DES MODELLS ÜBER DAS VERSTÄNDNIS VON GRUBENWASSERANSTIEGEN ENTSCHEIDET

Wenn ein Bergwerk geflutet wird, steigt das Wasser nicht einfach gleichmäßig an wie in einem stillen Becken. Es folgt alten Strecken, füllt Schächte, durchströmt verbrochene Bereiche und tauscht sich mit dem umliegenden Gestein aus. Der Verlauf dieses Anstiegs entscheidet darüber, wie sich Druckverhältnisse verändern, welche Bereiche zuerst erreicht werden und wie sich das Wasser langfristig im Untergrund verteilt. Doch wie zuverlässig lassen sich solche Prozesse vorhersagen?

Genau dieser Frage widmete sich das Forschungsprojekt „NumGru“. Im Mittelpunkt stand die Belastbarkeit numerischer Modelle für komplizierte Grubenwasseranstiege.

→

Belastbarkeit numerischer Modelle für komplizierte Grubenwasseranstiege (NumGru)

Projektzeitraum: 2017 – 2022

Leitung: Prof. Dr. Maria-Theresia Schafmeister, Dr. Timo Kessler (Universität Greifswald)

Schwerpunkte: Vergleich von Finite-Volumen- (Boxmodelle) und Finite-Elemente-Ansätzen, Modellkalibrierung, hydraulische Konzeptentwicklung

Bedeutung: Bewertung der Prognosesicherheit von Grubenwasseranstiegsmodellen als Grundlage für belastbare Entscheidungen im Nachbergbau

Mehr Infos zum Projekt

„Modellierung ist kein Selbstzweck. Sie muss zur Fragestellung passen – nur dann liefert sie verlässliche Grundlagen für den Umgang mit Grubenwasseranstiegen.“

——— **Prof. Dr. Maria-Theresia Schafmeister**



Zwei Wege, ein Ziel

Ausgangspunkt waren Boxmodelle. Sie bilanzieren Wasserzuflüsse über das gesamte Hohlraumvolumen und können mit vergleichsweise geringem Rechenaufwand große Grubengebäude abbilden. Am Standort Königsborn zeigte sich, dass sich der Wasseranstieg in Schächten und Strecken damit grundsätzlich gut reproduzieren lässt.

Ihre Grenzen liegen jedoch in der Abbildung komplexer Prozesse im umliegenden Gebirge. Ungleichmäßige Zuflüsse, Klüfte oder Verbruchzonen können nur vereinfacht berücksichtigt werden.

Deshalb wurde ergänzend ein Finite-Elemente-Modell mit der Software Feflow entwickelt. Dieser Ansatz erfasst den gesamten hydraulischen Einflussbereich des Bergwerks und bildet Strömung und Wasserstände räumlich differenziert ab. Besonders wenn auch angrenzende Grundwasserkörper betrachtet werden sollen, liefert er realitätsnähere Ergebnisse.

Mehr Realismus braucht mehr Daten

Die höhere Detailtiefe hat jedoch ihren Preis. Finite-Elemente-Modelle erfordern eine umfangreiche Datengrundlage, etwa zu geologischen Strukturen, Hohlräumen und tiefen Grundwassermessstellen. Auch die Kalibrierung ist aufwendiger, da der Wasseranstieg im Bergwerk häufig schneller erfolgt als im angrenzenden Gebirge.

Am Beispiel des ehemaligen Bergwerks Westfalen wurde ein solches detailliertes Modell umgesetzt. Schächte, Strecken, Abbaubereiche und tektonische Störungen wurden digital erfasst und hydraulisch parametrisiert. So entstand ein Modell, das die unterschiedlichen Strömungstypen – von der Infiltration aus höherliegenden Grundwasserleitern bis zur kluftgebundenen Strömung im Verbruchbereich – integriert abbildet.

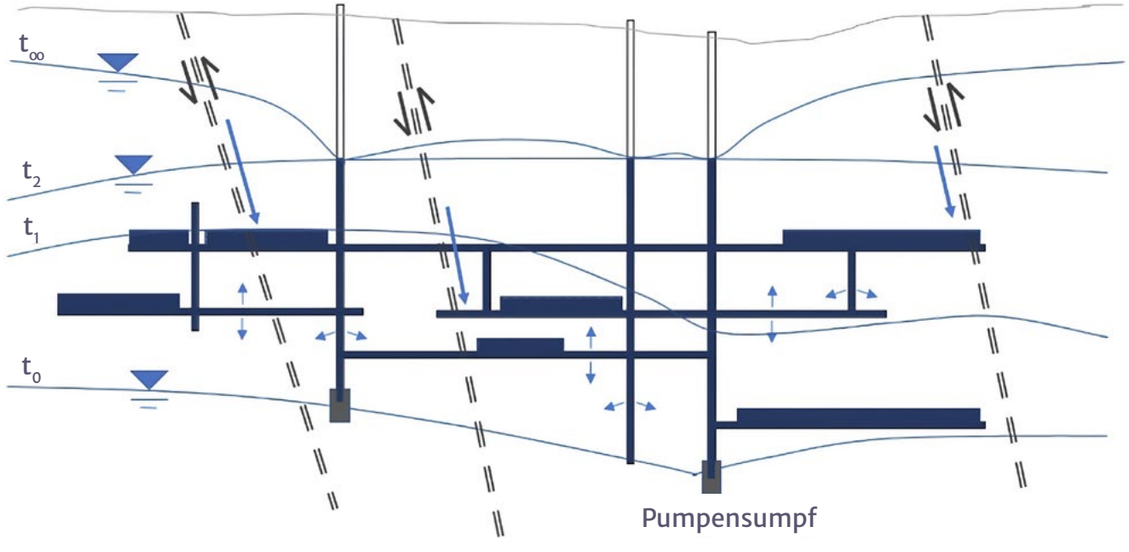
Welches Modell ist das richtige?

Das Projekt kommt zu einem differenzierten Ergebnis: Für Prognosen des Wasseranstiegs im Grubengebäude selbst sind klassische Boxmodelle mit vergleichsweise geringem numerischem Aufwand gut geeignet.
Geht es jedoch um weiterreichende Fragestellungen – etwa um Auswirkungen auf umliegende Grundwasserkörper –, bieten Finite-Elemente-Modelle entscheidende Vorteile.

„NumGru“ zeigt damit, dass nicht jedes Modell für jede Fragestellung gleichermaßen geeignet ist. Entscheidend ist, welche Prozesse betrachtet werden sollen und welche Datengrundlage zur Verfügung steht.

So wird Modellierung zu einem Instrument, das nicht nur Berechnungen ermöglicht, sondern auch dabei hilft, die Strömungsdynamik des Untergrunds belastbar zu verstehen.

HYDRAULISCHES KONZEPT EINER BERGWERKSFLUTUNG



Konzeptualisierung des Grubenwasseranstiegs und der Strömungskomponenten. Neben der störungsgebundenen Infiltration meteorischen Wassers, verbunden mit einer unmittelbaren Flutung des Grubengebäudes, strömt Wasser in die Gesteinsmatrix und lässt den Grundwasserstand im Gebirge langsam ansteigen.



Reaktiver Stofftransport bei initialer Flutung von stillgelegten Kohlebergwerken

Projektzeitraum: 2019 – 2022

Leitung: Prof. Dr. Maria-Theresia Schafmeister (Universität Greifswald), Prof. Dr. Sylke Hilberg (Universität Salzburg)

Mitarbeit: Dr. Diego A. Bedoya Gonzalez (Universität Greifswald, Universität Salzburg), Dr. Timo Kessler (Universität Greifswald), Dr. Thomas Rinder (Universität Salzburg)

Fallstudie: Ibbenbürener Westfeld

Methoden: Geochemische Bohrkern-analysen, konzeptionelle Modellierung, numerische Strömungs- und Transport-modelle

Bedeutung: Vertieftes Verständnis der Wechselwirkung von Wasser, Gestein und Schadstoffen als Basis für Risiko-bewertung, Monitoring und Prognosen

Mehr Infos zum Projekt

„Die Flutung eines Bergwerks ist kein gleichförmiger Vorgang, sondern ein Zusammenspiel aus Strömung und chemischer Reaktion. Welche Wege das Wasser nimmt, bestimmt, welche Stoffe mobilisiert werden.“

Prof. Dr. Sylke Hilberg

WENN WASSER WEGE FINDET

WIE DIE FLUTUNG STILLGELEGTER BERGWERKE VERBORGENE STOFFE IN BEWEGUNG SETZT UND WARUM IHR TIMING ENTSCHEIDEND IST

Wenn ein Bergwerk schließt, kehrt unter Tage keine Ruhe ein. Statt Maschinen und Menschen übernimmt das Wasser. Es sickert langsam in alte Strecken, füllt Hohlräume und sucht sich seinen Weg durch das Gestein. Dabei ist es kein neutraler Besucher: Auf seinem Weg nimmt es Stoffe auf, reagiert mit Mineralen und kann Substanzen mobilisieren, die lange im Untergrund gebunden waren. Was dabei geschieht, entscheidet mit darüber, welche Folgen der Bergbau noch Jahrzehnte später für Wasser und Umwelt haben kann.

→

Ein Blick in das Innere des Gebirges

Genau hier setzte das Forschungsprojekt zum reaktiven Stofftransport bei der initialen Flutung stillgelegter Kohlenbergwerke an. Ziel war es, sichtbar zu machen, wie sich nach der Stilllegung das Wasser durch das Gebirge bewegt und wie diese Bewegung chemische Prozesse antreibt. Im Mittelpunkt stand ein numerisches Modell, das Strömung und Stofftransport gemeinsam betrachtet. Als Fallstudie diente das Ibbenbürener Westfeld, dessen geologische Struktur typisch für viele Steinkohlenbergwerke ist.

Die Grundlage dafür lieferten detaillierte Untersuchungen von Bohrkernproben. Sie erlauben gewissermaßen einen Blick in das Innere des Gesteins. Die Analysen zeigten: Auch Gesteine, die auf den ersten Blick kaum Wasser durchlassen, stehen in engem Kontakt mit dem Grundwasser. Verantwortlich dafür sind Bruchstrukturen aus der Zeit des Bergbaus: feine Risse und Klüfte, die dem Wasser neue Wege eröffnen.

Klüfte als Abkürzungen, Gestein als Speicher

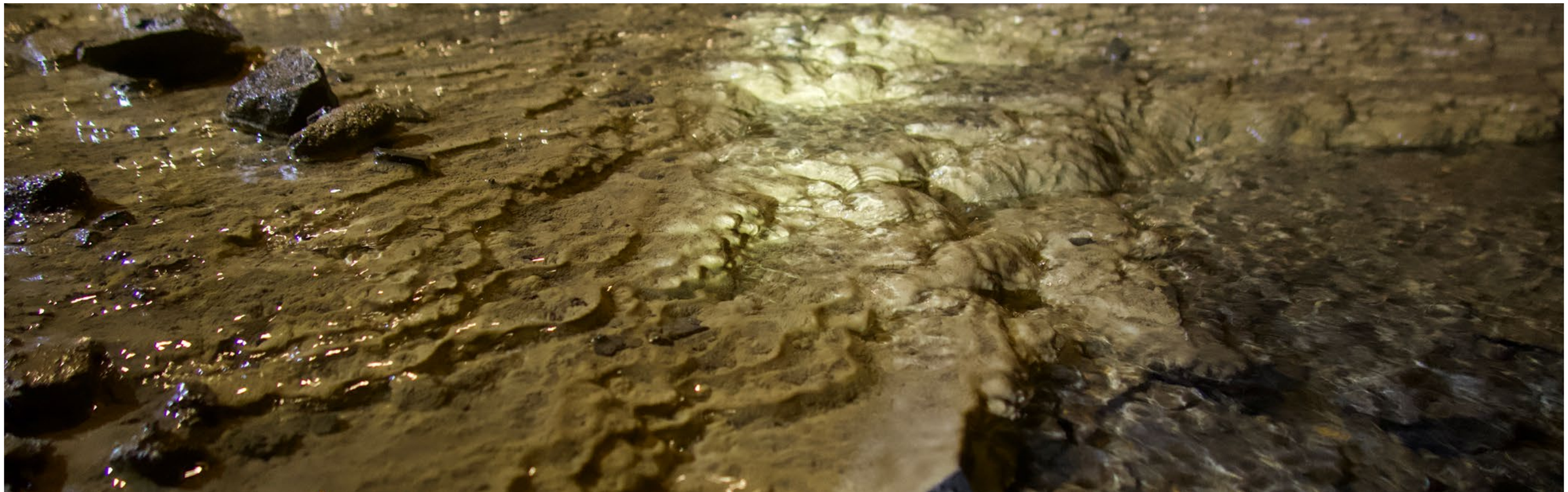
Auf Basis dieser Erkenntnisse entstand ein Strömungsmodell, das das untertägige Fließverhalten realitätsnah nachbildet. Dabei zeigte sich ein deutliches Wechselspiel: Im Winter, wenn mehr Wasser in den Untergrund gelangt, fließt es bevorzugt durch die Klüfte. Diese wirken wie Abkürzungen im Gestein und führen zu schnellen, intensiven Abflussereignissen. Im Sommer hingegen übernimmt die weniger durchlässige Gesteinsmatrix die Hauptrolle. Das Wasser bewegt sich langsamer und gleichmäßiger – wie durch einen Schwamm.

Diese Unterschiede sind mehr als ein hydrologisches Detail. Denn je schneller und intensiver das Wasser fließt, desto größer ist das Potenzial, wassergefährdende Stoffe aus dem Gestein zu lösen und weiterzutragen. Das Modell konnte diese jahreszeitliche Dynamik erfolgreich abbilden und damit zeigen, wann und unter welchen Bedingungen besondere Aufmerksamkeit nötig ist.

Grundlage für verantwortliche Entscheidungen

> *Das Projekt macht deutlich: Die Flutung eines Bergwerks ist kein passiver Vorgang, sondern ein komplexer Prozess mit weitreichenden Folgen.*

Die entwickelten Modelle helfen dabei, diese Prozesse besser zu verstehen, Risiken realistisch einzuschätzen und langfristige Entwicklungen im Blick zu behalten. So wird aus der Analyse unsichtbarer Strömungen ein wichtiges Werkzeug für den Umgang mit den Altlasten des Steinkohlenbergbaus – und für den Schutz der Wasserressourcen von morgen.



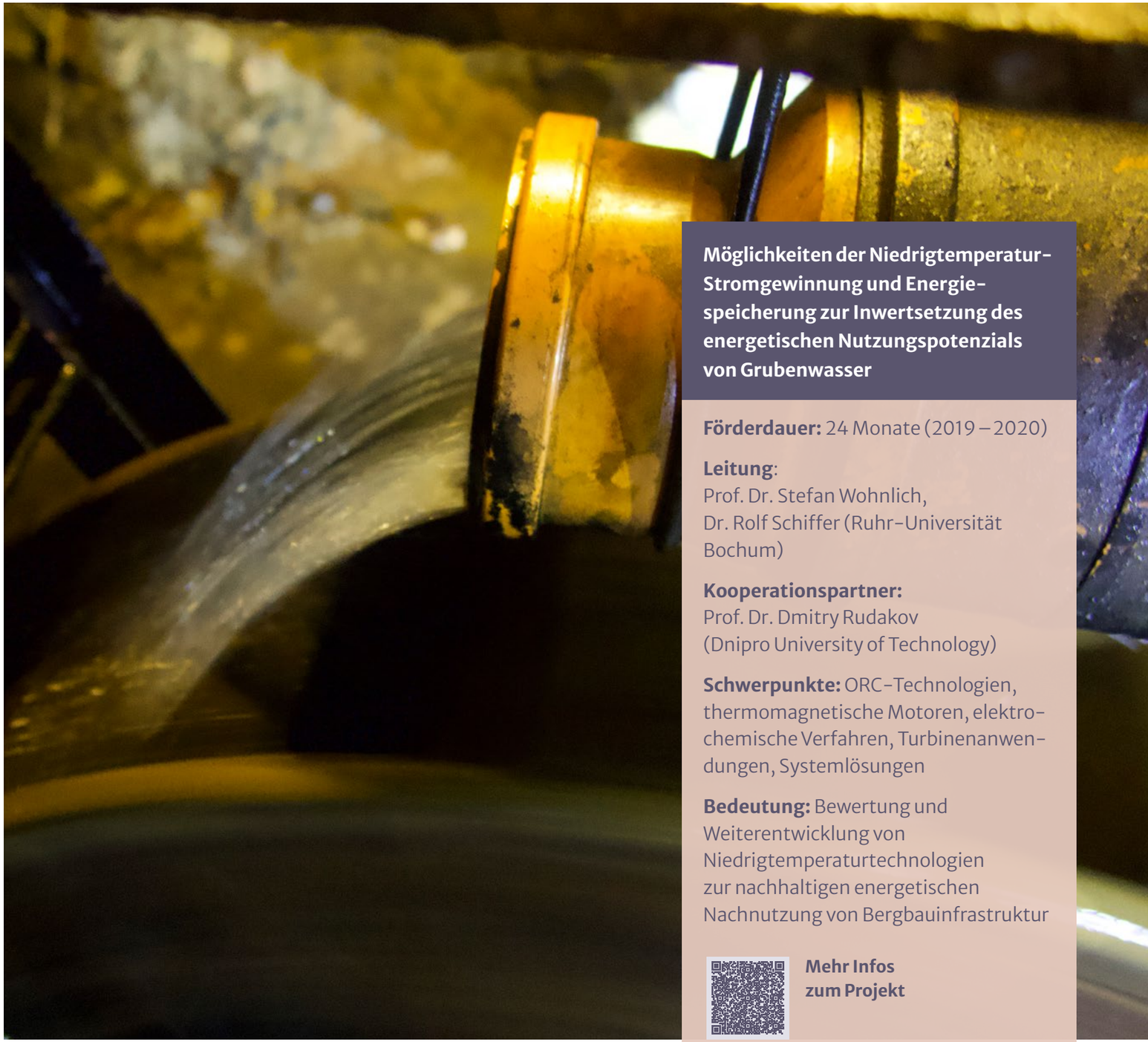
WENN AUS GRUBENWASSER ENERGIE WIRD

WIE NIEDRIGTEMPERATURTECHNOLOGIEN NEUE PERSPEKTIVEN FÜR STROMGEWINNUNG UND ENERGIE-SPEICHERUNG ERÖFFNEN

Mit dem Ende des Steinkohlenbergbaus verschwinden Fördertürme und Maschinen – doch die Infrastruktur bleibt. Schächte, Wasserhaltungen und untertägige Hohlräume sind weiterhin vorhanden. In ihnen steckt nicht nur bergbauliche Geschichte, sondern auch Energie. Bisher stand vor allem die Nutzung der Wärme aus Grubenwasser im Mittelpunkt. Doch lässt sich dieses Potenzial noch weiter ausschöpfen?

Das Forschungsprojekt zur Niedrigtemperaturstromgewinnung und Energiespeicherung widmete sich genau dieser Frage. Ziel war es, zusätzliche technologische Ansätze zu identifizieren, mit denen sich das im gehobenen Grubenwasser enthaltene Energiepotenzial nachhaltig nutzen lässt.

→



Möglichkeiten der Niedrigtemperatur-Stromgewinnung und Energiespeicherung zur Inwertsetzung des energetischen Nutzungspotenzials von Grubenwasser

Förderdauer: 24 Monate (2019 – 2020)

Leitung:
Prof. Dr. Stefan Wohnlich,
Dr. Rolf Schiffer (Ruhr-Universität Bochum)

Kooperationspartner:
Prof. Dr. Dmitry Rudakov
(Dnipro University of Technology)

Schwerpunkte: ORC-Technologien, thermomagnetische Motoren, elektrochemische Verfahren, Turbinenanwendungen, Systemlösungen

Bedeutung: Bewertung und Weiterentwicklung von Niedrigtemperaturtechnologien zur nachhaltigen energetischen Nachnutzung von Bergbauinfrastruktur

Mehr Infos zum Projekt

„Grubenwasser ist mehr als eine Wärmequelle. Mit geeigneten Technologien kann es zu einem Baustein der regionalen Energieversorgung werden.“

——— **Prof. Dr. Stefan Wohnlich**

Mehr als nur Wärme

Die Wärmegewinnung aus Grubenwasser gilt inzwischen als etablierte Nachnutzungsform. Dennoch bleiben vielerorts große Anteile des energetischen Potenzials ungenutzt. Das Projekt untersuchte daher ergänzende Technologien, die auch bei niedrigen Temperaturen eine Stromproduktion ermöglichen.

Im Fokus standen innovative Ansätze wie thermomagnetische Motoren, ORC-basierte Systeme (Organic Rankine Cycle) mit für Niedrigtemperatur geeigneten Arbeitsmitteln sowie elektrochemische Verfahren, sofern die Salinität der Förderwässer dies erlaubt. Auch turbinenbasierte Anwendungen, die die Bewegungsenergie des Wassers nutzen, wurden betrachtet. Einige dieser Technologien befinden sich noch in der Entwicklung, zeigen jedoch vielversprechende Perspektiven.

Systemlösungen statt Einzeltechnik

Ein zentrales Ergebnis des Projekts ist die Empfehlung, nicht allein auf einzelne Technologien zu setzen, sondern auf integrierte Mehrkomponentensysteme. Solche Systemlösungen kombinieren verschiedene Energiequellen und -formen – etwa Grubenwasser, Solarstrom oder netzbasierte Energie – und ermöglichen so eine effizientere Nutzung der vorhandenen Infrastruktur.

> *Mit den im Projekt entwickelten Modellansätzen lässt sich das energetische Potenzial einzelner Standorte erstmals systematisch bewerten.*

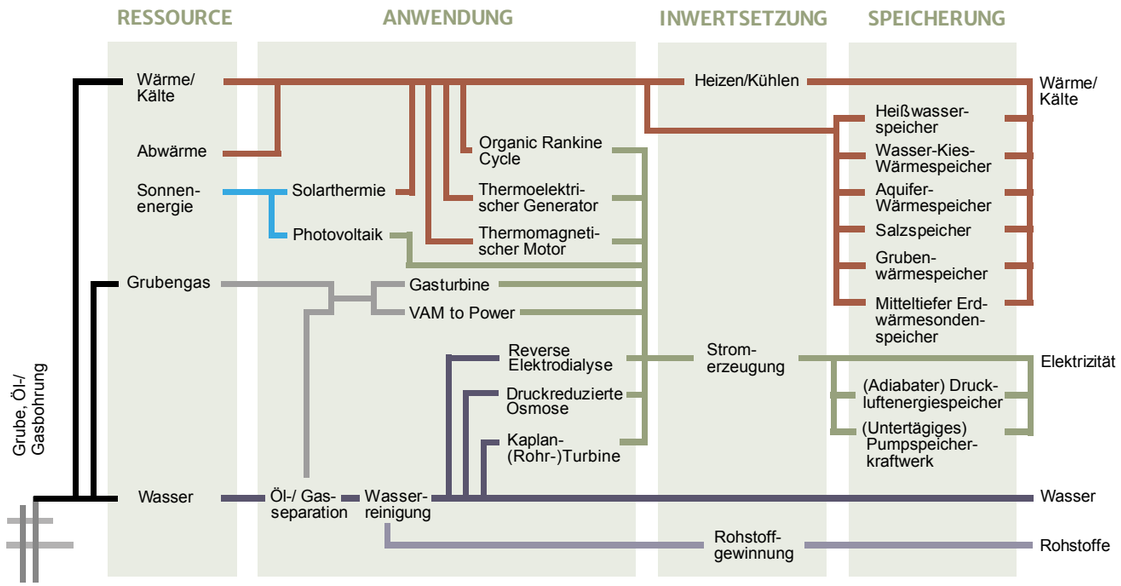
Selbst bei begrenzter Datengrundlage erlauben sie eine erste Einschätzung möglicher Anwendungen. Für eine vertiefte Planung wäre jedoch ein verbesserter Zugang zu bergbaulichen Bestandsdaten notwendig – idealerweise über eine zentrale, georeferenzierte Datenbank.

Impulse für den Strukturwandel

Das Projekt macht deutlich: Ehemalige Bergbauregionen verfügen über ein bislang unterschätztes Energiepotenzial. Die aktive Wasserhaltung kann – richtig eingebunden – nicht nur eine Ewigkeitsaufgabe erfüllen, sondern zugleich einen Beitrag zur Energiewende leisten. Niedrigtemperaturtechnologien eröffnen neue Möglichkeiten der Stromgewinnung, Energiespeicherung und intelligenten Netzintegration.

Damit wird aus bergbaulicher Nachsorge ein Baustein für den regionalen Strukturwandel. Die entwickelten Konzepte lassen sich perspektivisch auch auf andere Bergbauregionen übertragen und tragen so zur nachhaltigen Nutzung bestehender Infrastrukturen bei.

MÖGLICHE NIEDRIGTEMPERATURANWENDUNGEN IM BERGBAUUMFELD – PRINZIPSKIZZE



„Der Rhein trägt seit jeher vielfältige Einflüsse – die hier untersuchten Änderungen fügen sich in diese Dynamik ein, ohne sie grundlegend zu verändern.“

——— **Dr. Carola Winkelmann**



WENN GRUBENWASSER AUF DAS SENSIBLE ÖKOSYSTEM RHEIN TRIFFT

WIE SICH MODERATE TEMPERATUR- UND SALZÄNDERUNGEN AUF EIN KOMPLEXES FLUSSSYSTEM AUSWIRKEN

Ökologisch-wasserwirtschaftliche Auswirkung des Grubenwasser-konzepts der RAG AG auf den Rhein

Förderdauer: 24 Monate (2019 – 2021)

Leitung: PD Dr. Carola Winkelmann (Universität Koblenz)

Schwerpunkt: Temperatur- und Salzszenarien, ökologische Modellierung, Nahrungsnetzanalysen

Bedeutung: Wissenschaftliche Grund-lage zur Bewertung der Auswirkungen von Grubenwassereinleitungen auf die ökologische Qualität des Rheins

Mehr Infos zum Projekt

Der Rhein ist Lebensraum, Verkehrsweg und Wasserressource zugleich. Als großes, vielschichtiges Ökosystem reagiert er sensibel auf Veränderungen seiner Wasser-qualität. Mit dem Grubenwasserkonzept der RAG AG stellt sich daher eine zentrale Frage: Welche ökologischen Folgen hätte die Einleitung von warmem und salzhaltigem Grubenwasser in den Rhein?

Genau dieser Frage widmete sich das Forschungsprojekt zu den ökologisch-wasserwirtschaftlichen Auswirkungen des RAG-Konzepts.

→

NAHRUNGSNETZ UND BENTHISCHE LEBENSGEMEINSCHAFT



Darstellung der wahrscheinlich bedeutsamsten Nahrungsnetzbeziehungen und der wichtigsten Arten (violette Pfeile: Fraßdruck, Pfeildicke zeigt Intensität, gestrichelter Pfeil: Konkurrenz)

Grafik KI-generiert

Temperatur und Salz als ökologische Stellgrößen

Wassertemperatur und Salzgehalt beeinflussen zentrale Prozesse im Fluss. Sie wirken sich auf Stoffwechsel, Wachstum und Verhalten von Fischen aus und prägen die Lebensgemeinschaft der wirbellosen Organismen am Gewässerboden: dem Makrozoobenthos. Veränderungen können Nahrungsbeziehungen verschieben und damit die ökologische Qualität eines Gewässers beeinflussen.

Gleichzeitig ist der Rhein kein unbelastetes System. Klimatische Änderungen, industrielle Einleitungen, Schifffahrt und natürliche Schwankungen überlagern sich. Einzelne zusätzliche Effekte eindeutig zu isolieren, ist daher anspruchsvoll. Um belastbare Aussagen zu ermöglichen, entwickelte das Forschungsteam wasserwirtschaftliche Szenarien und verknüpfte sie mit ökologischen Modellierungen.

Die Prognosen zeigen, dass die geplanten Grubenwassereinleitungen nach vollständiger Durchmischung die mittlere Wassertemperatur rechnerisch um rund 0,1 Grad und die mittlere Chloridkonzentration um etwa 10 Milligramm pro Liter Rheinwasser erhöhen. Auch die elektrische Leitfähigkeit nähme nur geringfügig zu.

> *Im Verhältnis zu den natürlichen Schwankungsbreiten des Rheins bleiben diese Veränderungen klein.*

Stabilität im Nahrungsnetz

Im Mittelpunkt der ökologischen Betrachtung stand das benthische Nahrungsnetz. Analysiert wurden unter anderem eingewanderte Flohkrebse, die invasive Schwarzmundgrundel sowie der einheimische Flussbarsch. Diese Arten bestimmen das Nahrungsnetz am Gewässerboden maßgeblich.

Experimentelle Untersuchungen zeigten, dass moderate Salzsteigerungen kaum Einfluss auf Wachstum und Überleben der untersuchten Fischarten haben. Bei erhöhten Temperaturen reagierte der Flussbarsch sensibler als die Schwarzmundgrundel. Insgesamt blieben die beobachteten Effekte jedoch gering und bewegten sich im Bereich natürlicher Umweltvariabilität.

Das zentrale Ergebnis des Projekts: Die prognostizierten Temperatur- und Salzänderungen sind messbar, führen jedoch voraussichtlich nicht zu einer grundlegenden Verschiebung der Biodiversität oder der Nahrungsnetzstruktur im Rhein. Eine ernsthafte Beeinträchtigung der ökologischen Qualität im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie ist nach aktuellem Kenntnisstand nicht zu erwarten.

Was hier modellhaft untersucht wurde, zeigt damit vor allem eines: Auch bei sensiblen Parametern wie Temperatur und Mineralisation entscheidet nicht allein die Veränderung durch die Einleitung von warmem, mineralisiertem Grubenwasser, sondern ihr Verhältnis zur Größe und jährlichen Dynamik des gesamten Systems.

WENN RECHT DEN RAHMEN SETZT

WIE BERGRECHTLICHE GENEHMIGUNGEN VERANTWORTUNG NACH DEM BERGBAU SICHERN

Mit dem Ende des aktiven Bergbaus erlischt nicht automatisch die Verantwortung. Auch wenn die Fördertürme stillstehen und die Schächte verfüllt sind, wirken bergbauliche Eingriffe noch lange nach. Das Grund- und Grubenwasser steigt an, Gruben werden geflutet, und mögliche Folgen für Umwelt und Gewässer müssen dauerhaft im Blick bleiben. Genau hier setzt das Forschungsprojekt zu den rechtlichen Grundlagen bergrechtlicher Genehmigungsverfahren an.



Rechtliche Grundlagen bergrechtlicher Genehmigungsverfahren

Projektzeitraum: 2017–2021

Leitung: Prof. Dr. Georg Wieber (Universität Mainz)

Mitarbeit: Dr. Marion Stemke, Dipl.-Geol. Peter Quensel (Universität Mainz)

Schwerpunkte: Bundesberggesetz, Betriebsplanverfahren, Wasserrecht, Grubenflutung, Ewigkeitslasten

Bedeutung: Rechtssichere Bewertung von Stilllegung und Grubenflutung als Grundlage für Gewässerschutz und dauerhafte Finanzierungsverantwortung

Mehr Infos zum Projekt

Betriebspläne als zentrales Steuerungsinstrument

Das Bundesberggesetz bildet aktuell den rechtlichen Rahmen für das Aufsuchen, Gewinnen und Aufbereiten von Bodenschätzen. Es legt fest: Bergbaubetriebe dürfen nur auf Grundlage von Betriebsplänen errichtet, geführt und auch eingestellt werden. Damit endet die rechtliche Verantwortung nicht mit der Stilllegung. Im Gegenteil: Gerade der Abschlussbetriebsplan entscheidet darüber, unter welchen Bedingungen ein Bergwerk in die Nachbergbauphase übergeht. Ein Betriebsplan darf nur zugelassen werden, wenn keine gemeinschädlichen Einwirkungen zu erwarten sind. Dazu zählen ausdrücklich auch mögliche Beeinträchtigungen von Gewässern. Fragen der Wasserqualität und der langfristigen Entwicklung von Grubenwässern sind somit integraler Bestandteil des Genehmigungsverfahrens.

Flutung ist kein Selbstläufer

Besondere Aufmerksamkeit gilt der Grubenflutung. Sie stellt eine wesentliche Änderung der Betriebsweise dar und ist deshalb in der Regel betriebsplanpflichtig. Mit dem Anstieg des Grubenwassers







„Die Stilllegung eines Bergwerks ist kein rechtlicher Endpunkt. Auch nach dem Ende der Förderung bleibt die Pflicht bestehen, Gefahren auszuschließen und die Gewässer dauerhaft zu schützen.“

——— **Prof. Dr. Georg Wieber**

können sich chemische Eigenschaften verändern, Minerale gelöst werden oder neue hydraulische Gleichgewichte entstehen. Solche Prozesse berühren wasserwirtschaftliche Belange unmittelbar.

Deshalb entscheidet die Bergbehörde nicht allein. Sie darf eine Genehmigung nur im Einvernehmen mit der zuständigen Wasserbehörde erteilen. Ohne deren Zustimmung ist eine wasserrechtliche Erlaubnis in vielen Fällen nicht möglich. Grundlage der Entscheidung sind in der Regel Sachverständigengutachten, amtliche Bewertungen des Gewässerzustands und die Vorgaben des Wasserhaushaltsgesetzes, das den guten ökologischen und chemischen Zustand der Gewässer als Ziel definiert.

Verantwortung über Generationen hinweg

Mit der Stilllegung endet also nicht die Pflicht zur Vorsorge. Für die Ewigkeitslasten – etwa Maßnahmen der Grubenwasserhaltung, der Wasserreinigung oder des Umgangs mit bergbaubedingten Bodenabsenkungen – werden verbindliche Regelungen getroffen. Ein im Jahr 2007 geschlossener Erblastenvertrag zwischen den Ländern Nordrhein-Westfalen und Saarland sowie der RAG-Stiftung legt fest, dass nach Aufgabe des aktiven Steinkohlenbergbaus die Finanzierung dieser Maßnahmen dauerhaft gesichert werden muss.

> *Das Forschungsprojekt macht deutlich: Bergrechtliche Genehmigungsverfahren sind weit mehr als formale Verwaltungsakte. Sie bilden den rechtlichen Rahmen dafür, Risiken zu prüfen, Gewässer zu schützen und Verantwortung langfristig festzulegen.*

So wird aus Gesetzestexten ein Instrument, das den Übergang vom aktiven Bergbau in eine verantwortungsvolle Nachbergbauphase rechtssicher gestaltet.



Auswirkungen eines ungehinderten Grubenwasseranstiegs sowie der Einstellung aller Poldermaßnahmen im Einzugsgebiet von Emscher und Lippe auf das oberflächennahe Grundwasser

Förderdauer: 24 Monate (2019 – 2020)

Leitung: Dipl.-Geol. Michael Getta (Emschergenossenschaft Essen)

Schwerpunkt: Grundwassermodellierung, Worst-Case-Szenarien, hydraulische Druckpotenzialflächen

Bedeutung: Wissenschaftliche Grundlage zur Bewertung extremer Szenarien des Grubenwasseranstiegs im Emscher- und Lippegebiet

Mehr Infos zum Projekt

„Worst-Case-Szenarien sind kein Zukunftsbild, sondern ein Prüfstein. Sie zeigen uns, wo die hydraulischen Grenzen des Systems liegen und geben Sicherheit für die reale Bewirtschaftung.“

— **Dipl.-Geol. Michael Getta**

WENN DAS GRUBEN-WASSER FREI STEIGEN WÜRDE

WAS EIN „WORST-CASE“-SZENARIO FÜR EMSCHER, LIPPE UND DAS OBERFLÄCHENNAHE GRUNDWASSER BEDEUTEN WÜRDE

Was würde passieren, wenn das Grubenwasser nach dem Ende des Steinkohlenbergbaus ungehindert ansteigt und gleichzeitig alle Poldermaßnahmen im Einzugsgebiet von Emscher und Lippe eingestellt würden? Genau dieses bewusst zugespitzte Szenario untersuchte das Forschungsprojekt der Emschergenossenschaft.

Im Mittelpunkt stand dabei nicht die Optimierung des Grubenwasserkonzepts, sondern eine theoretische Extrembetrachtung: ein „Worst Case“, um die Grenzen und Wechselwirkungen der Einzugsgebiete besser zu verstehen.

→



Zwei Systeme – getrennt betrachtet

Untersucht wurden zwei wasserwirtschaftliche Regime, die bislang unabhängig voneinander bewirtschaftet werden: das tiefe Grubenwasser und das oberflächennahe Grundwasser einschließlich der Polderflächen.

Für das Emscher- und das südliche Lippegebiet wurde zunächst auf topografischer Basis analysiert, welche Flächen ohne Polderentwässerung potenziell überflutet würden. Mithilfe von GIS-Auswertungen wurden Überschwemmungsflächen und -volumina abgeschätzt. Dabei wurde bewusst konservativ gerechnet; die Ergebnisse zeigen daher keine Prognose, sondern eine eher überzeichnete Situation.

Parallel dazu richtete sich der Blick in die Tiefe: auf das großräumige Grundwasserleitersystem des Münsterländer Kreidebeckens.

Eine gedachte Druckfläche unter dem Becken

Für den Fall eines ungehinderten Grubenwasseranstiegs im Karbon wurde modellhaft angenommen, dass sich im darüberliegenden Grundwasserstockwerk des Cenomans und Turons eine hydraulische Druckpotenzialfläche ausbildet.

Ausgehend von hydrogeologisch begründbaren, hydraulischen Tiefdruckpunkten am Nord-, Ost- und Südrand des Beckens wurde diese Fläche rechnerisch über das gesamte Becken interpoliert. Das Ergebnis: ein generelles Gefälle von Nordosten nach Südwesten.

Der höchste Druckpunkt liegt im Nordosten: an der Fosbergquelle bei Bielefeld. Der niedrigste liegt im Südwesten: im Ruhrbogen bei Oberhausen.

> *Diese gedachte Druckfläche ist kein realistisches Zukunftsbild, sondern ein Werkzeug: Sie ermöglicht es, künftige Szenarien eines Grubenwasseranstiegs oder aufsteigender Tiefengrundwässer systematisch zu bewerten.*

Grundlage für weitere Szenarien

Mit dem entwickelten großräumigen Grundwassermodell lassen sich nun weitere Fragestellungen untersuchen: etwa mögliche „Kurzschlüsse“ zwischen tiefen und oberflächennahen Grundwasserleitern an Schächten oder flächige Zutritte bei geringmächtigem Deckgebirge.

Das Projekt liefert damit eine strategische Grundlage für die langfristige Steuerung des Grubenwasseranstiegs im dicht besiedelten Emscher- und Lippegebiet. Es zeigt: Auch extreme Szenarien lassen sich wissenschaftlich fassen und helfen, realistische Entwicklungen besser einzuordnen.

WAS MACHT EIN OPTIMALES FLUTUNGSNIVEAU AUS?

WARUM DIE FESTLEGUNG NACHHALTIGER FLUTUNGS-NIVEAUS ZEIT, DATEN UND AUGENMASS ERFORDERT

Wenn ein Untertagebergwerk stillgelegt wird, werden die Pumpen in der Regel abgeschaltet und die Grubenbaue füllen sich langsam mit Grundwasser. Dieser als Grubenflutung bezeichnete Vorgang spart langfristig Energie- und Betriebskosten und trägt dazu bei, das Grubengebäude zu stabilisieren und somit Bergschäden zu vermeiden. Außerdem verhindert die Flutung, dass Sauerstoff in das Grubengebäude gelangt, der dann die Pyritoxidation aufrecht-erhalten würde. Gleichzeitig muss sichergestellt sein, dass das Grubenwasser kein Grundwasser, Oberflächengewässer, Gebäude oder technische Anlagen gefährdet.

Eine neue Aufgabe nach dem Bergbau

Im Projekt wurde untersucht, welche wissenschaftlichen Grund-lagen notwendig sind, um ein optimales Grubenwasserniveau in ehemaligen Steinkohlenrevieren festzulegen. Dabei muss ein nachhaltiges Flutungsniveau zum jeweiligen Bergwerk, zu den geologischen Verhältnissen, zur Wasserchemie und zur Nutzung der Umgebung passen.

→



Ermittlung wissenschaftlicher Grundlagen für nachhaltige Grubenwasseranstiegsniveaus in ehemaligen Steinkohlenrevieren („Nachhaltige Flutungsniveaus“)

Projektzeitraum: 2017–2022

Leitung: Prof. Dr. Christian Wolkersdorfer (Tshwane University of Technology, Pretoria), Elke Mugova (TH Georg Agricola Bochum, TU Bergakademie Freiberg)

Methode: Auswertung von Gruben-wasserständen, Schachtmessungen, Wasserproben, Datenloggern, hydrochemische und hydrogeologische Interpretation sowie Vergleich mit Modellvorstellungen

Bedeutung: Wissenschaftliche Grundlage für langfristiges Gruben-wassermanagement, Monitoring, Risikovorsorge und verständliche Kommunikation im Nachbergbau

Mehr Infos zum Projekt





„Ein nachhaltiges Flutungsniveau ist kein Wunschwert, sondern das Ergebnis aus Messungen, Erfahrung und verantwortungsvoller Abwägung. Entscheidend ist, dass wir verstehen, welche Prozesse im Untergrund ablaufen.“

Prof. Dr. Christian Wolkersdorfer

„Nachhaltig“ bedeutet vor allem: Das Niveau soll dauerhaft beherrschbar sein und es darf keine zusätzlichen Risiken schaffen. Was heute sinnvoll erscheint, darf künftige Generationen nicht mit vermeidbaren Problemen belasten.

Messen, verstehen und vergleichen

Grundlage des Projekts waren Messungen, Wasserproben und hydrogeologische Auswertungen. Es wurden Wasserstände, physiko-chemische Schachtprofile und die chemische Zusammensetzung des Grubenwassers betrachtet. Solche Daten zeigen die Grubenwasserbewegungen und ob sich eine stabile Dichteschichtung eingestellt hat.

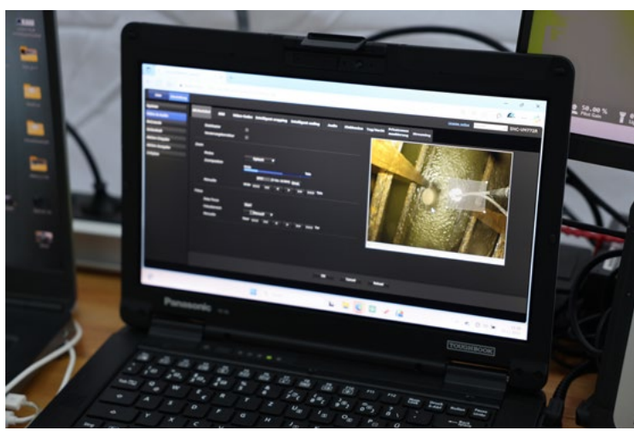
Besonders wichtig ist der Blick in die Tiefe, um Veränderungen der Wasserzusammensetzung erkennen zu können. Diese Veränderungen können eine Dichteschichtung hervorrufen, die wiederum verhindert, dass stärker mineralisiertes Tiefenwasser nach oben gelangt. Deshalb reicht es nicht, nur den Wasserstand oder den Chemismus einer Probe von der Grubenwasseroberfläche im Schacht zu kennen.

Risiken abwägen, Chancen erkennen

Ein zu niedrig gehaltenes Grubenwasserniveau bedeutet oft dauerhaften Pumpbetrieb und hohen Energieverbrauch. Ein höheres Niveau hingegen kann langfristige Kosten verringern und in manchen Fällen neue Möglichkeiten eröffnen, etwa für die Nutzung von Grubenwasserwärme. Gleichzeitig darf der Wasseranstieg nicht dazu führen, dass unerwünschte Stoffe in den Grundwasserleiter oder die Oberflächengewässer gelangen. Nachhaltige Flutungsniveaus sind immer das Ergebnis einer Abwägung von lokalen Gegebenheiten. Dazu gehören mögliche Stofffreisetzungen, die Stabilität alter Schächte, Verbindungen zwischen Bergwerken, Abflusswege an der Oberfläche und die Frage, wie gut Veränderungen überwacht werden können. Ein nachhaltiges Niveau ist nicht notwendigerweise – aber meistens – das höchstmögliche Niveau, sondern ein fachlich begründeter und technisch kontrollierbarer Grubenwasserspiegel.

Wissen für Entscheidungen, die lange wirken

Wichtig ist, dass Grubenflutungen datenbasiert und transparent begleitet werden müssen. Messprogramme sollten nicht erst beginnen, wenn Probleme auftreten, sondern bereits während des Flutungsprozesses. So lassen sich Veränderungen rechtzeitig erkennen, richtig einordnen und gegebenenfalls gegensteuern. Am besten ist es, ein Bergwerk so schnell und so hoch wie möglich zu fluten.





Quantifizierung der thermischen und hydrodynamischen Vorgänge bei der Nutzung des Erdwärme-potenzials von gefluteten Bergbauschächten am Beispiel des Eduard-Schachts, Alsdorf

Förderdauer: 24 Monate (2019 – 2020)

Leitung: Thomas König (Energeticon gGmbH, Alsdorf)

Schwerpunkte: Thermische Kapazität, hydrodynamische Prozesse, Simulation und Monitoring

Bedeutung: Wissenschaftliche Grundlage für die nachhaltige energetische Nachnutzung gefluteter Bergbauschächte

Mehr Infos zum Projekt

WENN SCHÄCHTE ZU WÄRMEQUELLEN WERDEN

WIE DER EDUARDSCHACHT IN ALSDORF DAS ENERGETISCHE POTENZIAL GEFLUTETER BERGBAUSCHÄCHTE SICHTBAR MACHT

Was einst der Förderung von Steinkohle diente, kann heute zur Quelle erneuerbarer Energie werden. Auf dem Gelände der ehemaligen Grube Anna in Alsdorf wird ein solcher Perspektivwechsel bereits praktiziert: Eine Erdwärmesonde im gefluteten Eduardschacht versorgt das Energiemuseum mit Wärme.

Doch wie groß ist das Potenzial eines solchen Schachts wirklich und wie nachhaltig lässt es sich nutzen?

Genau dieser Frage widmete sich das Forschungsprojekt zur Quantifizierung der thermischen und hydrodynamischen Vorgänge in gefluteten Bergbauschächten.

→

„Geflutete Bergbauschächte sind keine passiven Hohlräume. Sie können dauerhaft Wärme liefern, wenn wir ihre thermischen und hydrodynamischen Prozesse richtig verstehen.“

Thomas König

Wärme aus der Tiefe

Im Mittelpunkt stand die wissenschaftliche Untersuchung der Temperatur- und Strömungsverhältnisse im mit Grubenwasser gefüllten Schacht. Mithilfe von Temperaturmessungen, einem ausgebauten DTS-Monitoringsystem (Distributed Temperature Sensing) sowie Simulations- und Modellrechnungen wurde die thermische Kapazität des Schachts analysiert.

Ein zentrales Ergebnis: Dem Untergrund können dauerhaft deutlich größere Wärmemengen entzogen werden als bislang genutzt. Die Berechnungen zeigen, dass eine jährliche Heizarbeit von mindestens einer Gigawattstunde (1 GWh) langfristig möglich ist. Im Vergleich zu konventionellen Erdwärmesonden ist die potenzielle Entzugsleistung mehr als doppelt so hoch.

Strömung als Energiespeicher

Ein wesentlicher Grund dafür liegt in den hydrodynamischen Prozessen im Schacht. Konvektionsströmungen sowie die teilweise Durchströmung des angrenzenden Bergwerkgebäudes sorgen dafür, dass kontinuierlich Wärme nachgeliefert wird. Der Schacht wirkt damit nicht nur als statischer Wärmespeicher, sondern als dynamisches System.

Modellrechnungen über einen Zeitraum von 30 Jahren bestätigen, dass selbst bei erhöhtem Wärmeentzug keine kritische Abkühlung zu erwarten ist. Eine weitere Leistungssteigerung wäre durch größere oder mehrere Sonden innerhalb eines Schachts möglich.

Perspektiven für viele Standorte

Besonders interessant sind diese Ergebnisse vor dem Hintergrund zahlreicher noch offener oder nicht vollständig verfüllter Schächte. Allein in Nordrhein-Westfalen kommen über 80 ehemalige Bergwerksschächte in Betracht, in denen Wassersäulen von mehreren hundert Metern zur Verfügung stehen oder künftig entstehen werden.

Das Projekt zeigt zudem, dass das installierte Messsystem nicht nur für die Energiegewinnung wertvoll ist. Über das DTS-Monitoring lassen sich auch Temperaturänderungen, Strömungsverhältnisse und sogar der Anstieg des Grubenwasserspiegels beobachten. Damit entsteht eine wissenschaftliche Grundlage für die nachhaltige Bewirtschaftung unterirdischer Räume im Nachbergbau.

> *Was hier am Beispiel des Eduardschachts erprobt wurde, kann damit weit über Alsdorf hinausweisen – als Baustein für eine klimafreundliche Nachnutzung bergbaulicher Infrastruktur.*



WENN GAS SEINEN WEG SUCHT

WIE METHANEMISSIONEN ENTSTEHEN UND WAS SIE ÜBER DEN UNTERGRUND VERRATEN

Methan ist nicht sichtbar – und doch macht es sich bemerkbar. Im nördlichen Ruhrgebiet und im südlichen Münsterland tritt es seit Jahrzehnten immer wieder lokal an die Erdoberfläche. Besonders im Raum Hamm sind solche natürlichen Gasaustritte bekannt. Gleichzeitig verändert sich unter Tage vieles: Nach dem Ende des Steinkohlenbergbaus steigt das Grubenwasser in den stillgelegten Gruben langsam an. Wie diese Prozesse in Gänze zusammenhängen, ist bislang nicht eindeutig geklärt. Genau hier setzt das Forschungsprojekt GEO-GASH an.

Ein komplexes Zusammenspiel unter der Erde

Die zentrale Frage des Projekts ist ebenso klar wie herausfordernd: Woher stammt das Methan und wie gelangt es an die Oberfläche? Die Antworten sind vielfältig. Das Gas kann tief im Kohle führenden Gestein entstehen, aber auch in organikreichen Schichten oder durch mikrobiologische Prozesse nahe der Oberfläche. Im Untergrund existieren zudem zahlreiche mögliche Wegsamkeiten: Geologische Störungen, alte Bergbaustrukturen oder Veränderungen im Druck- und Grundwassersystem können das Gas nach oben leiten.

→



GEO-GASH: Erfassung und geochemische Analyse von Ausgasungen an der Tagesoberfläche im Raum Hamm

Projektzeitraum: 2025 – 2026

Leitung: Prof. Dr. Christian Melchers, Dr.-Ing. Sebastian Westermann (TH Georg Agricola Bochum)

Mitarbeit: Benjamin Haske, Bastian Reker, Barbara Teichert (TH Georg Agricola Bochum)

Schwerpunkte: Herkunft und Bildung von Methan im Untergrund, Transportwege von Gasen sowie Messung und Modellierung von Methanemissionen

Bedeutung: Verständnis von Methanaustritten im Nachbergbau verbessern und Grundlage für Risikobewertung, Monitoring und sichere Handlungskonzepte schaffen

Mehr Infos zum Projekt

„Methanemissionen sind kein Zufall, sondern das Ergebnis komplexer Prozesse im Untergrund. Wenn wir die Herkunft und Wegsamkeiten verstehen, können wir Risiken besser einschätzen und gezielt handeln.“

——— **Prof. Dr. Christian Melchers**

Dem Methan auf der Spur

Um diese Zusammenhänge zu entschlüsseln, kombiniert GEO-GASH unterschiedliche wissenschaftliche Ansätze. Zunächst wurden vorhandene geologische und bergbauliche Daten ausgewertet, um mögliche Gasquellen und Transportwege einzugrenzen. Ergänzend führten die Forschenden gezielte Messungen vor Ort durch.

Ein zentraler Baustein sind geochemische Analysen: Die Zusammensetzung des Gases sowie bestimmte Isotope wirken wie ein Fingerabdruck und geben Hinweise auf seine Herkunft. So lässt sich unterscheiden, ob das Methan aus tiefen Gesteinsschichten stammt oder in oberflächennahen Bereichen entstanden ist. Moderne Drohnen unterstützten die Untersuchungen, indem sie größere Flächen nach Emissionen absuchten. Alle Daten wurden schließlich in einem Modell zusammengeführt, das die Dynamik der Methanausgasungen im Untersuchungsgebiet beschreibt.

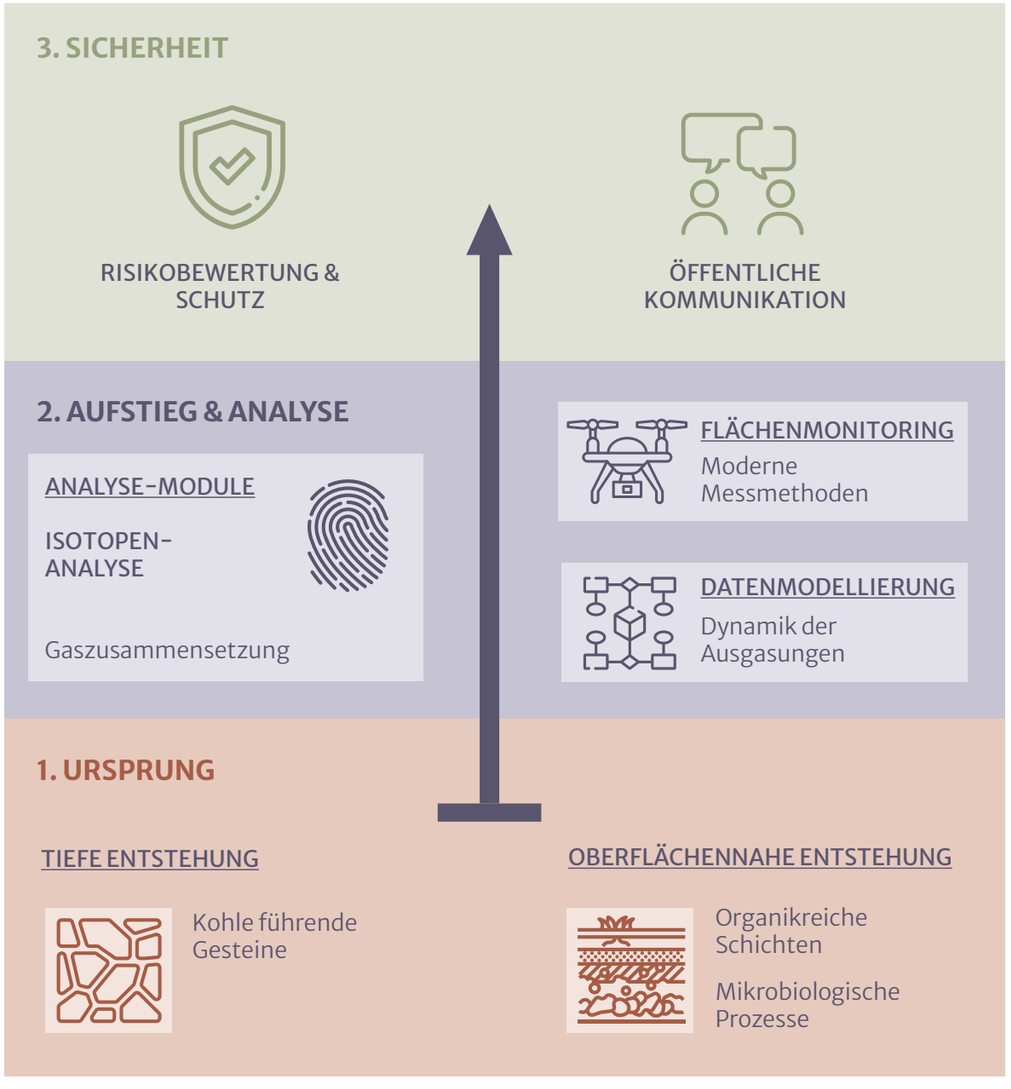
Risiken verstehen, Sicherheit schaffen

Der Nutzen dieser Forschung liegt vor allem im besseren Verständnis der Prozesse im Untergrund. Die Ergebnisse helfen, mögliche Risiken fundierter zu bewerten und gezielte Maßnahmen zu entwickeln – etwa für das Monitoring von Gasemissionen oder den Schutz von Infrastruktur und Bevölkerung.

Gleichzeitig leisten sie einen wichtigen Beitrag zur öffentlichen Kommunikation. Denn je besser die Ursachen und Zusammenhänge bekannt sind, desto leichter lassen sich Fragen beantworten und Unsicherheiten einordnen. So schafft das Projekt nicht nur wissenschaftliche Erkenntnisse, sondern auch Vertrauen.

Mit GEO-GASH wird deutlich: Der Untergrund bleibt auch lange nach dem Ende des Bergbaus von Bedeutung. Ihn zu verstehen, ist eine zentrale Voraussetzung für einen sicheren und verantwortungsvollen Umgang mit den Folgen des Bergbaus – heute und in Zukunft.

DER WEG DES METHANS AN DIE OBERFLÄCHE
VOM URSPRUNG BIS ZUR ÖFFENTLICHEN KOMMUNIKATION



Aktivitäten



DIALOG ALS PRINZIP

WIE AUSTAUSCH ZUR GRUNDLAGE DER STIFTUNGSARBEIT WURDE

Für die Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ war der Dialog von Beginn an weit mehr als nur ein begleitendes Element. Er bildete die Grundlage, um unterschiedliche Perspektiven zusammenzuführen und komplexe Fragestellungen gemeinsam zu diskutieren.

Die Themen rund um Bergbau und Wasser sind fachlich anspruchsvoll und zugleich von großer gesellschaftlicher Bedeutung. Sie berühren nicht nur technische und wissenschaftliche Aspekte, sondern auch die Erwartungen, Sorgen und Interessen verschiedener Akteure. Vor diesem Hintergrund hat die Stiftung den Dialog früh als zentrales Arbeitsprinzip verankert.

> *Ziel war es, Forschungsprozesse nicht isoliert zu betrachten, sondern sie für den Austausch zu öffnen.*

Unterschiedliche Sichtweisen sollten sichtbar werden und in die Auseinandersetzung einfließen – von Bürgerinnen und Bürgern über Politik und Verwaltung bis hin zur Wissenschaft. So wurde der Dialog zu einem integralen Bestandteil der inhaltlichen Arbeit.

→



Um dies zu ermöglichen, entwickelte die Stiftung verschiedene Formate. Veranstaltungen vor Ort schufen Raum für direkte Begegnungen und persönliche Gespräche. Digitale Angebote erweiterten diesen Austausch und machten ihn zeit- und ortsunabhängig zugänglich. Ein Podcast griff zentrale Fragestellungen auf und vertiefte sie im Gespräch mit Experten und Expertinnen. Ergänzend dazu lieferte eine Bevölkerungsumfrage wichtige Einblicke in Wahrnehmungen, Erwartungen und Informationsbedarfe.

So unterschiedlich diese Formate auch waren, sie folgten doch einem gemeinsamen Ansatz: Informationen sollten verständlich aufbereitet, Austausch ermöglicht und verschiedene Perspektiven einbezogen werden.

> *Der Dialog wurde damit zu einem Motor der Stiftungsarbeit: Er gab Impulse, machte Zielkonflikte sichtbar und trug dazu bei, die Herausforderungen eines Grubenwasseranstiegs differenziert zu betrachten.*













DIALOG IN DER PRAXIS

VERANSTALTUNGEN ALS ORTE DES AUSTAUSCHS UND DER WEITERENTWICKLUNG

Die Arbeit der Stiftung wurde durch mehrere Dialogveranstaltungen geprägt. Diese ermöglichten den Austausch zwischen Wissenschaft, Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Öffentlichkeit. Sie boten Raum, um Forschungsfragen gemeinsam zu entwickeln, Ergebnisse einzuordnen und unterschiedliche Perspektiven sichtbar zu machen. Die folgenden Veranstaltungen stehen exemplarisch für diesen Ansatz und zeigen, wie der Dialog die Arbeit der Stiftung von Beginn an begleitet und weiterentwickelt hat.

Auftakt

Forschung im Dialog entwickeln

BOCHUM, 12. DEZEMBER 2017

Die erste Dialogveranstaltung der Stiftung markierte den Ausgangspunkt ihrer inhaltlichen Arbeit. Ziel war es, Forschungsfragen zum Grubenwasseranstieg frühzeitig im Austausch mit der Fachöffentlichkeit und der Praxis zu konkretisieren. Rund 110 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus Wissenschaft, Behörden, Politik und Unternehmen diskutierten erste Projekt-ideen und zentrale Fragestellungen.

In einführenden Beiträgen wurden grundlegende Prozesse des Grubenwasseranstiegs sowie mögliche Forschungsschwerpunkte vorgestellt. Im anschließenden Austausch wurde deutlich, welche Themen aus Sicht der Teilnehmer und Teilnehmerinnen besonders relevant sind.
Die Hinweise aus der Praxis, offene Fragen und unterschiedlichen Perspektiven flossen direkt in die weitere Ausrichtung der Stiftung ein.
Die Veranstaltung zeigte: Der Dialog diente nicht nur der Vermittlung von Wissen, sondern war auch ein zentrales Instrument zur Entwicklung der Forschungsagenda.







Zwischen Fachwissen und Vertrauen

SAARBRÜCKEN, 7. FEBRUAR 2019

Bei der Dialogveranstaltung in Saarbrücken rückten neben fachlichen Fragen verstärkt gesellschaftliche Perspektiven in den Mittelpunkt. Im Kontext des Genehmigungsprozesses im Saarland zeigte sich, dass der Grubenwasseranstieg nicht nur eine technische, sondern auch eine kommunikative Herausforderung darstellt.

Im Austausch traten zudem Spannungsfelder zwischen wissenschaftlicher Bewertung und öffentlicher Wahrnehmung zutage. Themen wie Vertrauen in Gutachten, Nachvollziehbarkeit von Prognosen und der Umgang mit Unsicherheit prägten die Diskussion und unterstrichen die Bedeutung eines offenen Dialogs.

Rund 80 Teilnehmer und Teilnehmerinnen aus Politik, Verwaltung, Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft diskutierten in von Klaus Kuntz (kompass21) moderierten Workshops über zentrale Themen des Grubenwasseranstiegs – darunter Grundlagen, Erfahrungen, Chancen und Risiken. Alle Ergebnisse wurden am Schluss der Veranstaltung im Plenum vorgestellt und gemeinsam besprochen. Dabei wurde deutlich,dass viele Fragen weniger die technischen Details selbst, sondern vielmehr deren Verständlichkeit und Einordnung betreffen.



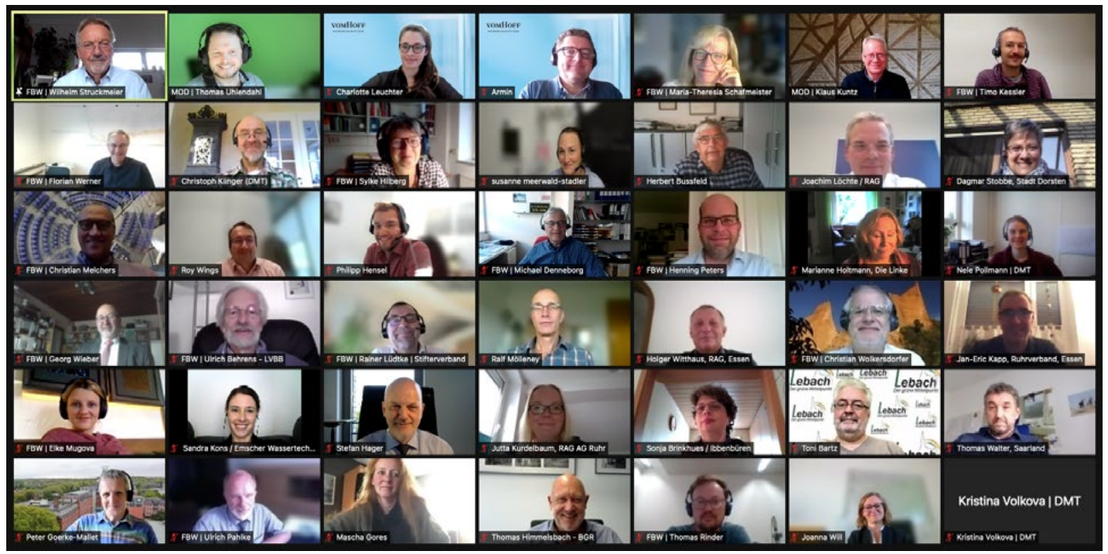
Den Dialog digital weiterführen und vertiefen

ONLINE-FORMATE 2021 UND 2022

Aufgrund der pandemiebedingten Einschränkungen mussten die Dialogformate angepasst werden. Durch die Online-Veranstaltungen wurde der Austausch in den digitalen Raum verlagert und zugleich inhaltlich weiterentwickelt.

Im Mittelpunkt des Online-Dialogs 2021 stand der interaktive Austausch. In thematischen Workshops diskutierten rund 75 Teilnehmerinnen und Teilnehmer über zentrale Fragen zu Vertrauen in Prognosen, Chancen und Risiken sowie zum Umgang mit Unsicherheiten. Das Format ermöglichte einen strukturierten Dialog in kleineren Gruppen und förderte unterschiedliche Perspektiven.

Bei der wissenschaftlichen Tagung 2022 wurden erstmals Ergebnisse der Forschungsprojekte gebündelt und zur Diskussion gestellt. Beide Formate zeigten, dass sich Dialog und fachliche Vertiefung auch digital wirkungsvoll verbinden lassen.



Ergebnisse einordnen und weiterdenken

SAARBRÜCKEN, 29. OKTOBER 2024

Auf der zweiten Veranstaltung in Saarbrücken wurden die Ergebnisse der Forschungsarbeiten gebündelt präsentiert und diskutiert. Damit schloss sich der Kreis zwischen Forschung und Dialog. Rund 80 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus Politik, Verwaltung, Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft erhielten Einblicke in zentrale Erkenntnisse zu Chancen, Risiken und Prozessen des Grubenwasseranstiegs. Ergänzt wurden die Beiträge durch internationale Erfahrungen, insbesondere aus Frankreich.

In den von Klaus Kuntz (kompass21) moderierten Dialogrunden wurden die vorgestellten Ergebnisse eingeordnet, kritisch hinterfragt und mit praktischen Erfahrungen verknüpft. Die Veranstaltung machte dabei deutlich, dass wissenschaftliche Erkenntnisse ihre Wirkung erst im Dialog entfalten – als Grundlage für Verständnis, Bewertung und zukünftige Entscheidungen.

Ergänzt wurde das Programm durch Exkursionen, die den Transfer in die Praxis ermöglichten. In Camphausen stellte die RAG AG den Probebetrieb einer aktiven Grubenwasserreinigung vor. Anschließend besichtigten die Teilnehmer und Teilnehmerinnen im lothringischen Forbach die passive Grubenwasserreinigungsanlage Simon 5, die dort bereits seit 2012 erfolgreich im Einsatz ist.











MEINUNGEN SICHTBAR MACHEN UND EINORDNEN

BEVÖLKERUNGSUMFRAGE ZUM THEMA GRUBENWASSER (2020 – 2021)

Die Bevölkerungsumfrage ergänzt die Dialogarbeit der Stiftung um eine systematische Perspektive. Sie zeigt, wie Menschen das Thema Grubenwasser wahrnehmen, welche Erwartungen sie haben und wo Informationsbedarf besteht.

Ausgangspunkt war die Beobachtung, dass zentrale Begriffe und Zusammenhänge rund um das Thema Grubenwasser unterschiedlich verstanden werden.

Ziel der Studie war es daher, das Meinungsklima in den Nachbergbauregionen Ibbenbüren, Ruhrgebiet und Saarland vergleichend zu erfassen. In einer repräsentativen Telefon- und Onlinebefragung mit 1.527 Teilnehmerinnen und Teilnehmern wurden unter anderem Assoziationen, Risikowahrnehmungen und Informationsbedarfe untersucht.

Insgesamt zeichnen die Ergebnisse ein differenziertes Bild. Viele Befragte fühlen sich nicht ausreichend informiert und wünschen sich eine verständliche und transparente Aufbereitung der Inhalte zum Thema Grubenwasser und Grubenflutung. Gleichzeitig zeigen sich Unsicherheiten und teilweise Fehlvorstellungen, beispielsweise hinsichtlich möglicher Auswirkungen wie großflächiger Vernässung oder Überflutung. Von allen Befragten wird der Begriff „Grubenflutung" positiver wahrgenommen als der Begriff „Grubenwasseranstieg".

Auffällig ist zudem, dass klare positive oder negative Bewertungen selten sind. Viele Einschätzungen bewegen sich im neutralen Bereich und spiegeln eine abwartende Haltung wider. Dabei zeigen sich auch regionale Unterschiede: Während die Einschätzungen im Ruhrgebiet und im Saarland stärker von Unsicherheit geprägt sind, fällt das Meinungsbild in Ibbenbüren insgesamt etwas positiver aus.

Unterschiede werden auch beim Vertrauen in die verschiedenen Akteure sichtbar. So wird das Bergbauunternehmen eher als handlungsfähig wahrgenommen, während politischen Akteuren eine geringere Kompetenz zur Problemlösung zugeschrieben wird. Somit unterstreicht die Umfrage die Bedeutung eines Dialogs, der Wissen nicht nur vermittelt, sondern auch einordnet und verständlich macht. Sie liefert eine wichtige Grundlage, um Informationsangebote gezielter auszurichten und die Ängste und Wünsche der Bevölkerung besser zu verstehen.



Auf einen Blick: Bevölkerungsumfrage Grubenwasser

Begriffe nicht eindeutig verstanden
„Grubenwasser" und „Grubenflutung" werden nicht von jedem identisch verstanden.

Unsicherheiten und Fehlvorstellungen
Viele Menschen glauben fälschlich, Vernässungen oder Überflutungen könnten auftreten.

Regionale Unterschiede
In Ibbenbüren etwas positiveres Meinungsbild als im Ruhrgebiet und im Saarland.

Hoher Informationsbedarf
Viele Befragte fühlen sich nicht ausreichend informiert.

Differenziertes Meinungsbild
Kaum klare Zustimmung oder Ablehnung – viele neutrale Einschätzungen.

Vertrauen variiert
Bergbauunternehmen gelten als handlungsfähig, Politik wird kritischer gesehen.

Mehr Infos zum Projekt

WISSEN VERMITTELN UND VERSTÄNDLICH MACHEN

BILDUNGSANGEBOTE FÜR UNTERSCHIEDLICHE ZIELGRUPPEN

In den vergangenen Jahren hat die Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ nicht nur bemerkenswerte Forschungsergebnisse erzielt, sondern auch gezielte Informations- und Bildungsangebote entwickelt. Dazu gehören ein Lernspiel und ein Internetportal, die dazu beitragen, die Themen Grubenwasser und Grubenflutung verständlich aufzubereiten und langfristig zugänglich zu machen.



Grafik KI-generiert

Wenn Lernen unter Tage beginnt

EIN DIGITALES LERNSPIEL MACHT DEN KOHLENBERGBAU ERLEBBAR

Wie lässt sich ein so komplexes Thema wie der Steinkohlenbergbau verständlich vermitteln? Das von Professorin Sylke Hilberg gemeinsam mit einem interdisziplinären Team um die Informatikerin Susanne Meerwald-Stadler entwickelte Lernspiel „… nach dem Kohlebergbau“ bietet Jugendlichen ab 15 Jahren einen interaktiven Zugang zur Geschichte und den Folgen des Bergbaus. Anstelle klassischer Wissensvermittlung erleben die Spieler und Spielerinnen eine digitale Reise durch zentrale Themen.

Gemeinsam mit der Figur Enya erfahren die Jugendlichen, wie Kohle gefördert wurde, welche Rolle Wasser im Bergbau spielt und welche Aufgaben auch nach dem Ende der Förderung bestehen bleiben. Drei eigenständig nutzbare Kapitel widmen sich dem Kohlenabbau, dem Grubenwasser und den Ewigkeitsaufgaben.

Zudem liefert das zusätzliche „Grubenbuch“ Hintergrundinformationen und enthält Aufgaben. So entsteht ein Lernkonzept, das eigenständiges Erkunden mit gemeinsamer Reflexion verbindet. Das Spiel macht deutlich: Der Bergbau ist nicht nur Vergangenheit. Seine Folgen wirken bis heute nach und müssen verstanden werden.



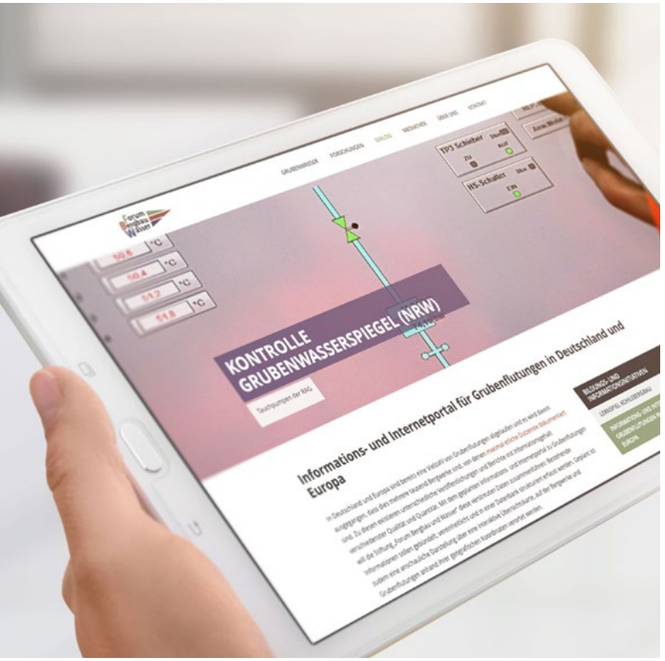
Mehr Infos zum Lernspiel

Wissen bündeln und zugänglich machen

EIN INTERNETPORTAL ZU GRUBENFLUTUNGEN IN DEUTSCHLAND UND EUROPA

Grubenflutungen, also der Wiederanstieg von Wasser in stillgelegten Bergwerken, werfen komplexe Fragen auf: zur Wasserqualität, zu Wechselwirkungen im Untergrund und zu möglichen Risiken. Gleichzeitig besteht ein hoher Bedarf an verständlichen und verlässlichen Informationen.

Das Internetportal der Stiftung bündelt vorhandenes Wissen zu diesem Thema und macht es für unterschiedliche Zielgruppen zugänglich. Zu diesem Zweck wurden Daten, Fachberichte, Karten und behördliche Informationen zusammengetragen, strukturiert und redaktionell aufbereitet. Dadurch lassen sich wissenschaftliche Inhalte so darstellen, dass sie auch ohne Fachkenntnisse nachvollziehbar bleiben.



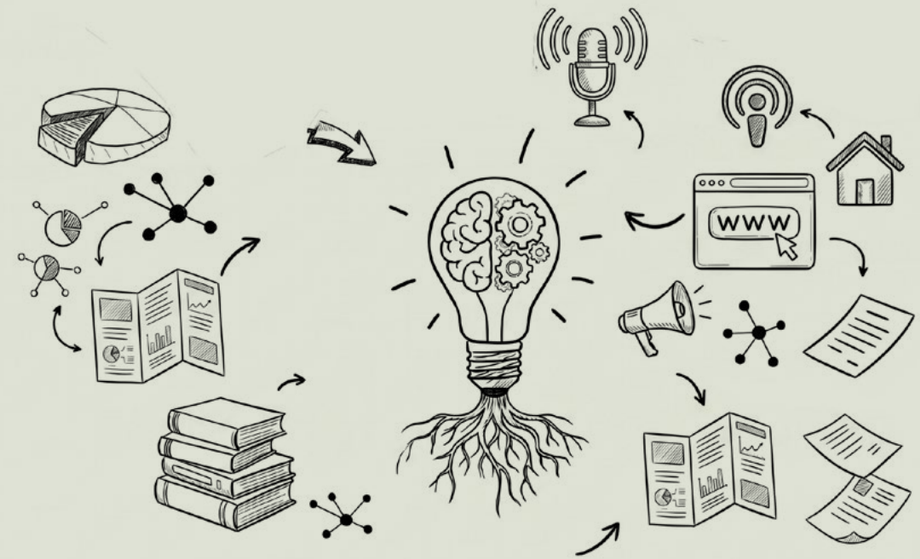
Insgesamt ermöglicht das Portal thematische Zugänge und stellt Zusammenhänge zwischen Region, Bergbaugeschichte und hydrologischen Fragestellungen anschaulich dar. Damit schafft es Transparenz und unterstützt eine faktenbasierte Diskussion. Zugleich bietet es Kommunen, Fachleuten und der Öffentlichkeit eine gemeinsame Informationsgrundlage und stärkt das Verständnis für die Herausforderungen des Nachbergbaus.

Zum Internetportal

THEMEN VERTIEFEN UND WISSEN VERBREITEN

KOMMUNIKATION ALS KONTINUIERLICHE AUFGABE

Neben Veranstaltungen und Dialogformaten hat die Stiftung ihre Kommunikationsarbeit gezielt ausgebaut. Das Ziel bestand darin, Inhalte nicht nur punktuell zu vermitteln, sondern sie dauerhaft zugänglich zu machen und zu vertiefen. Mithilfe unterschiedlicher Formate war es möglich, verschiedene Zielgruppen anzusprechen und komplexe Themen verständlich aufzubereiten.



Grafik KI-generiert



Im Gespräch bleiben

DER PODCAST „WASSER, WISSEN, WISSENSCHAFT! UNTER TAGE GEHT NOCH WAS.“

Mit dem Podcast hat die Stiftung den Dialog um ein kontinuierliches Format erweitert, das unabhängig von Ort und Zeit genutzt werden kann. Er greift zentrale Fragestellungen rund um den Grubenwasseranstieg auf und macht wissenschaftliche Inhalte einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich.

In Gesprächen mit Mitgliedern des Kuratoriums und weiteren Expertinnen und Experten werden Forschungsergebnisse eingeordnet, Hintergründe erläutert und Zusammenhänge verständlich gemacht. Dabei stehen sowohl grundlegende Prozesse als auch konkrete Fragestellungen im Mittelpunkt, beispielsweise zur Bewertung von Risiken, zu technischen Lösungsansätzen oder zu Fragen des Monitorings und der Modellierung.

Der Podcast schafft einen niedrigschwelligen Zugang zu komplexen Themen und ermöglicht es, Inhalte in Ruhe nachzuvollziehen. Gleichzeitig erweitert er den Dialog über einzelne Veranstaltungen hinaus und begleitet die Arbeit der Stiftung kontinuierlich. So wird Wissen nicht nur vermittelt, sondern eingeordnet, vertieft und bleibt langfristig verfügbar.

Zum Podcast

Wissen zugänglich machen

PUBLIKATIONEN, WEBSITE UND PRESSEARBEIT

Ergänzend zu Dialog- und Audioformaten hat die Stiftung ihre Ergebnisse in verschiedenen Informationsformaten systematisch aufbereitet. Das Ziel bestand darin, wissenschaftliche Erkenntnisse verständlich darzustellen und dauerhaft verfügbar zu machen.

So greifen die Broschüren „Fokus Grubenwasser“ und „Blickfänge“ zentrale Fragestellungen auf und übersetzen Forschungsergebnisse in eine klare, leicht verständliche Sprache. Sie richten sich sowohl an Fachleute als auch an interessierte Bürgerinnen und Bürger und ermöglichen einen schnellen Einstieg in das Thema. Tätigkeitsberichte dokumentieren darüber hinaus die Entwicklung der Stiftung, ihre Projekte und Ergebnisse und schaffen Transparenz über die geleistete Arbeit.

Die Website bündelt diese Angebote und stellt sie zentral zur Verfügung. Sie dient als Plattform für Publikationen, Hintergrundinformationen und Projektergebnisse und ermöglicht einen kontinuierlichen Zugang zu den Themen der Stiftung.

Zur Website

Dies wurde durch gezielte Pressearbeit flankiert, die dazu beitrug, Forschungsergebnisse und zentrale Inhalte in die öffentliche Diskussion einzubringen. So entstand ein vielfältiges Kommunikationsangebot, das Wissen nicht nur verbreitet, sondern auch verständlich macht und langfristig zugänglich hält.

Zur Mediathek Tätigkeitsberichte

Zur Broschüre „Fokus Grubenwasser“

Zur Broschüre „Blickfänge“



Erfolge



WISSEN, DAS WIRKUNG ENTFALTET

WIE FORSCHUNG, DIALOG UND TRANSPARENZ DEN UMGANG MIT GRUBENWASSER GEPRÄGT HABEN.

Zwischen 2017 und 2026 hat die Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ in 17 Forschungsprojekten zentrale Fragen zu Grubenwasser und Nachbergbau untersucht. Über 40 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiteten gemeinsam daran, komplexe Zusammenhänge besser zu verstehen und belastbare Grundlagen für zukünftige Entscheidungen zu schaffen.

Die Bandbreite der Themen war groß: Es wurden unter anderem Monitoringkonzepte, Einzugsgebiete von Grubenwässern, Dichteschichtungen, Stofftransport, energetische Nutzungsmöglichkeiten und unterschiedliche Szenarien des Grubenwasseranstiegs untersucht. Hinzu kamen rechtliche Fragestellungen, Bevölkerungsumfragen sowie vielfältige Informations- und Bildungsangebote. Aus vielen Einzelprojekten entstand so Schritt für Schritt ein umfassendes Gesamtbild.

Die Forschungsergebnisse lieferten wichtige Grundlagen für die Bewertung der Flutungsprozesse in den Revieren an der Ruhr, an der Saar und in Ibbenbüren. Sie machten deutlich, welche Risiken berücksichtigt werden müssen, welche Prozesse steuerbar sind und welche Maßnahmen langfristig nachhaltig sein können.

> *Von Beginn an verstand die Stiftung ihre Arbeit jedoch nicht allein als wissenschaftliche Aufgabe. Ebenso wichtig war der offene Dialog mit Politik, Verwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft und Öffentlichkeit. Dialogveranstaltungen in den Revieren sowie digitale Formate während der Pandemie schufen Raum für Austausch, Diskussion und Einordnung.*

Gerade darin liegt die besondere Wirkung der Stiftung: Die Forschungsergebnisse wurden nicht nur erarbeitet, sondern auch verständlich vermittelt und öffentlich diskutiert. So entstanden Wissen, Orientierung und ein besseres Verständnis für die Herausforderungen des Nachbergbaus und damit eine Grundlage für verantwortungsvolle Entscheidungen in der Zukunft.

STIMMEN ZUR ARBEIT DER STIFTUNG

PERSPEKTIVEN VON WEGBEGLEITERINNEN UND WEGBEGLEITERN

Die Arbeit der Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ wurde in den vergangenen Jahren von zahlreichen Menschen aus Wissenschaft, Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft begleitet. Ihre Erfahrungen, Eindrücke und Einschätzungen zeigen die Wirkung, die die Arbeit der Stiftung fachlich, gesellschaftlich und im Dialog entfaltet hat. Die folgenden Stimmen geben einen persönlichen Einblick in die Zusammenarbeit und den Austausch rund um das Thema Grubenwasser.



„Die fundierte wissenschaftliche Arbeit und die Dialog-veranstaltungen der Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ haben dazu beigetragen, die Diskussion über den Gruben-wasseranstieg im Saarland zu versachlichen und unterschied-liche Perspektiven einzubeziehen. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse bildeten eine wichtige Grundlage für die späteren Gerichtsentscheidungen zum Teilanstieg des Grubenwassers.“

——— **Ralf Mölleney** | Oberbergamt des Saarlandes

„Die Dialogveranstaltungen der Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ waren wichtige Plattformen, auf denen Vertreter von Bergbau, Wasserwirtschaft und Gesellschaft offen und respektvoll Lösungen für das Grubenwassermanagement diskutierten. Die Stiftung schafft so wichtige Impulse für einen nachhaltigen Nachbergbau.“

——— **Dr. Frank Wagner** | Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

„Das FBW war ein Unterfangen auf hohem Niveau, das Geschehen um Bergwerke und Grubenwasser wissenschaftlich aufzuarbeiten. Der Nutzen der Ergebnisse bleibt jedoch begrenzt, weil die relevanten Akteure meines Erachtens von historisch gewachsenen Interessen, Wissensdefiziten und umstrittenen Prognosen geprägt sind. Dies erschwert leider die Anwendung der wichtigen Ergebnisse des FBW.“

——— **Ulrich Behrens** | Geschäftsführender Vorstandssprecher, Landesverband der Bergbaubetroffenen NRW

„Das Forum Bergbau und Wasser hat aus Sicht der Bergbehörde NRW über viele Jahre einen wichtigen Beitrag zum Verständnis des Themenkomplexes Grubenwasseranstieg geleistet. Der Austausch der verschiedenen Institutionen verlief dabei stets konstruktiv und auf Augenhöhe. Die rege Teilnahme zeigte den hohen Wert des Forums als sinnvolle Ergänzung zu fachlichen und bergbehördlichen Prozessen.“

——— **Andreas Welz** | Leiter der Abteilung Bergbau und Energie in NRW, Bezirksregierung Arnsberg

„Die Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ hat einen wichtigen Beitrag geleistet, um Wissenschaft, Unternehmen und Gesellschaft an einen Tisch zu bringen. Besonders wertvoll war der offene, fachlich fundierte Austausch, durch den tragfähige Lösungen für die Ewigkeitsaufgabe Grubenwassermanagement gemeinsam entwickelt werden konnten.“

——— **Dr. Sebastian Westermann** | Leiter Ewigkeitsaufgaben und Grubenwassermanagement, Forschungszentrum Nachbergbau, TH Georg Agricola

„Der offene Austausch zwischen Expertinnen, Experten und der Zivilgesellschaft hat mir besonders gefallen. Die Stiftung schafft eine wertvolle Plattform, um aktuelle Herausforderungen im Grubenwassermanagement gemeinsam zu diskutieren und fördert innovative Ansätze.“

——— **Dr. Nele Pollmann** | Leiterin Hydrogeologie und Wasserwirtschaft, DMT GmbH & Co. KG

„Transparente Kommunikation ist ein zentraler Baustein für den verantwortungsvollen Umgang mit Grubenwasser und die Bewältigung nachbergbaulicher Aufgaben, insbesondere beim Grubenwasseranstieg. Durch die nachvollziehbare Aufbereitung der Forschungsergebnisse sowie die konstruktiv geführten Dialoge zwischen Gesellschaft, Wissenschaft und Behörden trug die Stiftung wesentlich dazu bei.“

——— **Dr. Jens Götzinger** | Abteilungsleiter „Wasser, Abwasser“, Ministerium für Umwelt, Klima, Mobilität, Agrar und Verbraucherschutz Saarland

„Durch die Arbeit des Forums erhielt das Thema erstmals neue Dynamik: Endlich wurde offen über Chancen und Herausforderungen des Grubenwassers diskutiert, Erkenntnisse wurden gebündelt und transparent weiterentwickelt – unterstützt durch ein unscheinbares, aber starkes Paket zur Öffentlichkeitsarbeit.“

——— **Thorsten Gökpinar** | Mitarbeiter an der Fakultät für Geowissenschaften / Hydrogeochemie, Ruhr-Universität Bochum

„Zukunftsfragen zu Auswirkungen menschlichen Handelns und Einfluss auf Natur, Klima und menschliches Dasein müssen gestellt werden. Auf Fragen nach Risiken und Nebenwirkungen durch den Bergbau, an verantwortlich Handelnde in Politik und Wirtschaft fehlen echte Antworten, trotz Arbeit und Engagement der Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“. Fragt die Betroffenen nach Risiken und Nebenwirkungen, denn diese haben die Auswirkungen auf Generationen zu ertragen!“

——— **Peter Lehnert** | ehemaliger Bürgermeister (2012 bis 2025) Gemeinde Nalbach / Saarland

„Als besonders wertvoll habe ich den stets spürbaren Willen der Forschenden empfunden, mit dem internationalen Erfahrungsschatz aus anderen Bergbauregionen, mit Fakten und mit den Bewertungen nach anerkannten wissenschaftlichen Standards zu einer Versachlichung der Diskussion über die Risiken und Chancen des Themas beizutragen.“

——— **Ulrich Kaiser** | Leiter Referat „Bergbau und Geologischer Dienst“, Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes NRW

WAS BLEIBT – UND WAS WEITERGEFÜHRT WERDEN MUSS

WARUM DIE ERKENNTNISSE DER STIFTUNG AUCH KÜNFTIG GEBRAUCHT WERDEN

Mit dem Ende der Stiftungsarbeit sind die Herausforderungen des Nachbergbaus nicht abgeschlossen. Nun beginnt die Phase, in der die gewonnenen Erkenntnisse in konkrete Planungen, Verfahren und Entscheidungen einfließen müssen. Die Forschungsergebnisse der Stiftung bilden dafür eine wichtige Grundlage.

Die Untersuchungen haben übereinstimmend gezeigt, dass ein kontrollierter Grubenwasseranstieg entscheidend ist, um langfristig nachhaltige Flutungsniveaus zu erreichen. Ebenso wurde deutlich, wie wichtig ein belastbares Monitoring ist, um Veränderungen frühzeitig zu erkennen und Risiken kontrollierbar zu machen. Grubenwassermonitoring bedeutet dabei jedoch mehr als nur Überwachung. Es trägt auch dazu bei, Prozesse besser zu verstehen und bestehende Konzepte fortlaufend weiterzuentwickeln.

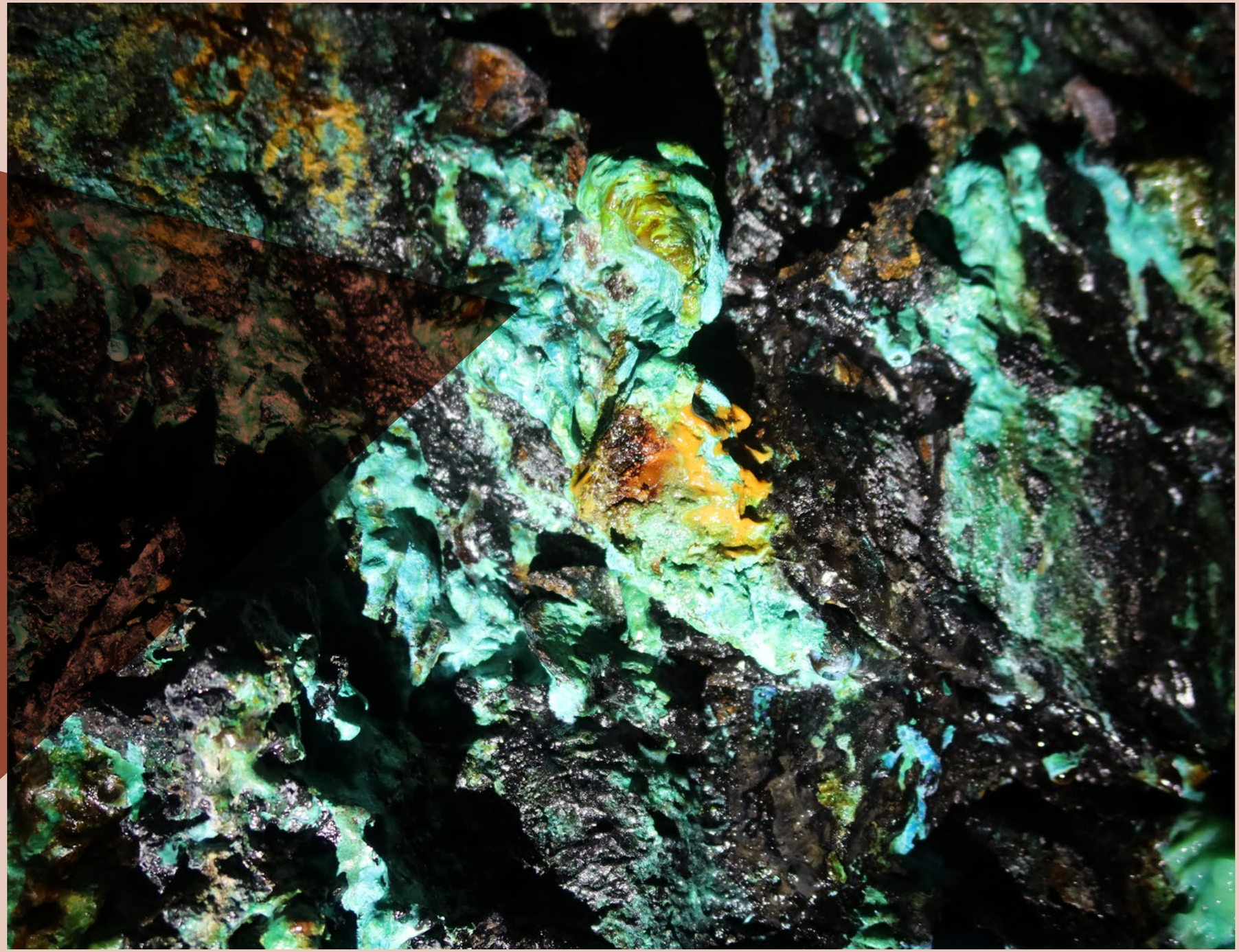
Die ehemaligen Steinkohlenreviere an der Ruhr, der Saar und in Ibbenbüren bleiben somit wissenschaftliche Reallabore. Sie bieten die Möglichkeit, neue Erkenntnisse zu gewinnen und diese für andere Regionen nutzbar zu machen. Deshalb ist auch in Zukunft eine kontinuierliche wissenschaftliche Begleitung der Prozesse wichtig.

Gleichzeitig richtet sich der Blick zunehmend auf die Chancen des Nachbergbaus. Internationale Beispiele zeigen, wie sich Grubenwasser und ehemalige Bergbauflächen sinnvoll nutzen lassen – etwa für die Energiegewinnung, als ökologische Ausgleichsflächen oder als Orte für Bildung, Freizeit und Kultur. Auch in den deutschen Revieren eröffnen sich damit neue Perspektiven für die regionale Entwicklung.

> *Die Arbeit der Stiftung endet, doch die Aufgabe bleibt bestehen. Es wird entscheidend sein, das erarbeitete Wissen langfristig zu sichern, weiterzuentwickeln und verantwortungsvoll anzuwenden.*



Anhang



MEILENSTEINE IN DER GESCHICHTE DER STIFTUNG „FORUM BERGBAU UND WASSER“



12.7.2017
Beginn der Stiftung
Auftaktpressekonferenz
(Essen)



12.12.2017
Dialogveranstaltung
(Bochum)



18.5.2018
Tod von
Josef Klostermann



2.2.2022
Online-Tagung



20.3.2021
Broschüre „Blickfänge“



3.12.2020
Statusbericht Stand
Forschung



03/2019
Bewilligung fünf externer
Forschungsprojekte



7.2.2019
Dialogveranstaltung
(Saarbrücken)



26.9.2018
Wilhelm Struckmeier neuer
Vorsitzender Kuratorium



11.2.2022
Zustiftungszusage /
Verlängerung Stiftung



28.2.2022
Internetportal
Grubenflutungen



30.6.2022
Online-Veröffentlichung
Abschlussbericht



1.2.2023
Veröffentlichung Lernspiel
„... nach dem Kohlebergbau“



23.6.2023
Online-Dialog-
veranstaltung



18.10.2023
Vorstellung der
Forschungsergebnisse:
Tagung kassel23



31.12.2026
Ende der
Stiftungsarbeit



8.8.2026
Fertigstellung
Kompendium



1.10.2025
Broschüre „Fokus
Grubenwasser“



29.10.2024
Dialogveranstaltung
(Saarbrücken)



27.6.2024
Podcast „Wasser, Wissen,
Wissenschaft!“



13.6.2024
Erfahrungsaustausch
mit Behörden



24.11.2023
Vorstellung der Forschungs-
ergebnisse: Kolloquium
Altbergbau (Essen)



Abbildungsverzeichnis

Zahl vor dem Doppelpunkt: Seitenzahl. Fotografien ohne Quellenangabe: Christian Wolkersdorfer. Andere Urheber und Quellen sind nach dem Semikolon aufgeführt.

Titel: *Stollen bei Unterpremrein, Bayern* ◊ 4/5: *Kupfererzbergwerk Bertsch, Bergfreiheit* ◊ 6: *Wilhelm Struckmeier; David Ausserhofer* ◊ 9: *Joachim Löchte; RAG AG* ◊ 10: *Rainer Lüdtke; David Ausserhofer* ◊ 12/13: *Grubenwasserreinigungsanlage Simon 5, Forbach, Lothringen* ◊ 17: *Bergwerk Reden, Saarland* ◊ 18/19: *Arthurstollen, St. Johann im Pongau, Salzburg; Privat* ◊ 22: *Wilhelm Struckmeier; David Ausserhofer* ◊ 25: *Christian Melchers; David Ausserhofer* ◊ 26: *Maria-Theresia Schafmeister; Nationales Begleitgremium* ◊ 29: *Christian Wolkersdorfer; David Ausserhofer* ◊ 30: *Sylke Hilberg; Privat* ◊ 33: *Georg Wieber; David Ausserhofer* ◊ 34: *Rainer Lüdtke; David Ausserhofer* ◊ 36: *Brunnenhaltung Walsum, RAG AG; Privat* ◊ 39: *Josef Klostermann* ◊ 40/41: *Grubenwasserbeprobung, Botanischer Garten Košice, Slowakei* ◊ 45: *Grubenwasserauslauf Stadtstollen, Bad Ems* ◊ 47: *Inwertsetzung von Grubenwasser; Manuela Milenković* ◊ 48: *Deisenrieder Stollen, Bayern* ◊ 50: *Grubenwasserreinigungsanlage Ibbenbüren | Wasserprobenahme Wismut GmbH* ◊ 51: *Ibbenbüren | Wasseraustritt Grube Stahlberg, Herdorf* ◊ 53: *Kupferbergwerk Kilianstollen, Marsberg* ◊ 54: *Neuhoffnungsstollen, Bad Ems* ◊ 56/57: *Grubenwasserauslauf Grube Wolf, Herdorf* ◊ 59: *Wasserbehandlungsanlage Schlema, Wismut GmbH* ◊ 60: *Barbaraschacht, Urgeiriça, Portugal* ◊ 63: *Das Latte-Macchiato-Prinzip der Dichteschichtung; Manuela Milenković* ◊ 64: *Neuhoffnungsstollen, Bad Ems* ◊ 67: *Platinbergwerk Lebowa, Buschfeldkomplex, Südafrika* ◊ 69: *Brunnenhaltung Walsum, RAG AG* ◊ 71: *Hydraulisches Konzept einer Bergwerksflutung; Maria-Theresia Schafmeister* ◊ 72: *Neuhoffnungsstollen, Bad Ems* ◊ 74/75: *Kupferbergwerk Kilianstollen, Marsberg* ◊ 77: *Kupferbergwerk Kilianstollen, Marsberg* ◊ 79: *Mögliche Niedrigtemperaturanwendungen im Bergbauumfeld – Prinzipskizze; Stefan Wohnlich* ◊ 80: *Rhein bei Königswinter; Kinek00 on Magnific* ◊ 82/83: *Nahrungsnetz und benthische Lebensgemeinschaft; KI-generierte Grafik* ◊ 85: *Dickenberger tiefer Stollen, Ibbenbüren* ◊ 86: *St.-Johannes-Erbstollen, Muttental, Hardenstein | Heinrichstollen, Aschaffenburg | Nebelbach, Reden* ◊ 88: *Grubenwasser Gessenbachtal, Ronneburg* ◊ 90/91: *An der Rheinfähre Walsum-Orsoy* ◊ 93: *Einstieg zum Schacht Stahlberg II, Müsen; Zuzana Bártová* ◊ 94: *Kamerabefahrung Stahlberg II, Müsen | Kamerabefahrung Havelock Vertikalschacht, Bulembu, eSwatini; Zuzana Bártová* ◊ 95: *Kamerabefahrung Stahlberg II, Müsen* ◊ 96: *Weidtmannschacht, Bad Ems* ◊ 99: *Kupferbergwerk Kilianstollen, Maschinenschacht, Marsberg* ◊ 101: *Kupferbergwerk Kilianstollen, Marsberg* ◊ 103: *Der Weg des Methans an die Oberfläche; Manuela Milenković* ◊ 104/105: *Dialogveranstaltung Bochum; Volker Wiciok* ◊ 108: *Dialogveranstaltung Saarland; Volker Wiciok* ◊ 109: *Stiftungsgründung Essen | Dialogveranstaltung Bochum | Dialogveranstaltung Saarland; Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ | Klaus Kuntz* ◊ 110: *Dialogveranstaltung Bochum; Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“* ◊ 111: *Dialogveranstaltung Bochum; Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“* ◊ 112: *Dialogveranstaltung Saarland; Klaus Kuntz* ◊ 113: *Online-Veranstaltung; Screenshot Zoom* ◊ 115: *Dialogveranstaltung Saarland | Grubenwasserreinigungsanlage Simon 5, Forbach, Lothringen; Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“* ◊ 117: Wortwolke, computergeneriert ◊ 118: *Bildungsangebote für unterschiedliche Zielgruppen; KI-generierte Grafik* ◊ 119: *Screenshot Lernspiel; Susanne Meerwald-Stadler* ◊ 120: *Kontrolle Grubenwasserspiegel; THGA* ◊ 121: *Kommunikation als kontinuierliche Aufgabe; KI-generierte Grafik* ◊ 122/123: *Elektronische Zugänge; vom Hoff Kommunikation* ◊ 124/125: *Probenahme Reden, Saarland* ◊ 128: *Wassergärten Reden, Saarland* ◊ *135: Heilige Barbara, Burg und Kloster Oybin, Sachsen* ◊ 136/137: *Kupferbergwerk Kilianstollen, Marsberg* ◊ 140: *Offenes Buch; Jcomp on Magnific* ◊ 142: *Bücher auf dunklem Hintergrund; freepik.*



Weiterführende Publikationen

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN ZUR ARBEIT DER STIFTUNG

Die Forschungsprojekte der Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ wurden in den vergangenen Jahren durch rund 80 wissenschaftliche Publikationen begleitet. Diese dokumentieren zentrale Erkenntnisse der Projekte, vertiefen einzelne Fragestellungen und machen die wissenschaftliche Arbeit der Stiftung auch über das Kompendium hinaus nachvollziehbar.

Die Publikationen der Kuratoriumsmitglieder und weiterer Wegbegleiterinnen und Wegbegleiter stehen in engem Zusammenhang mit den Forschungsarbeiten der Stiftung und leisten einen wichtigen Beitrag zum fachlichen Austausch rund um die Themen Grubenwasser und Nachbergbau.

Über den QR-Code gelangen Sie direkt zur Übersicht aller Veröffentlichungen auf der Website der Stiftung.

Zu allen Veröffentlichungen der Stiftung

IMPRESSUM

© 2026 – STIFTUNG „FORUM BERGBAU UND WASSER“

HERAUSGEBER
Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“
im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.
Baedekerstraße 1
45128 Essen

Telefon: 0201 8401–0
E-Mail: mail@stifterverband.de

Eingetragen beim Vereinsregister Essen VR 5776

KONZEPT, REDAKTION UND PROJEKTKOORDINATION
vom Hoff Kommunikation GmbH
Humboldtstraße 18
40237 Düsseldorf
Projektleitende:
Charlotte Leuchter, Armin Voigtland

GESTALTUNG
Manuela Milenković, Köln

DRUCK
LUC GmbH, Selm

ISBN
978-3-948431-07-5
Printed in Germany

GRUNDLAGEN, ANALYSEN UND PERSPEKTIVEN AUS ZEHN JAHREN FORSCHUNG ZUM GRUBENWASSER

Mit dem Ende des Steinkohlenbergbaus im Ruhrgebiet, in Ibbenbüren und im Saarland begann eine neue Phase im Umgang mit den Folgen des Bergbaus. Dieses Kompendium bündelt die wichtigsten Erkenntnisse, Forschungsprojekte und Kommunikationsaktivitäten der Stiftung „Forum Bergbau und Wasser“ aus den Jahren 2017 bis 2026. Es zeigt, wie unabhängige Wissenschaft, offener Austausch und verständlich aufbereitetes Wissen dazu beitragen können, komplexe Herausforderungen des Nachbergbaus verantwortungsvoll zu gestalten.

STIFTUNG „FORUM BERGBAU UND WASSER“
2017–2026

ISBN 978-3-948431-07-5