



REAKTIVER STOFFTRANSPORT BEI INITIALER FLUTUNG VON STILLGELEGTEN KOHLEBERGWERKEN

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

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

Diego Alexander Bedoya Gonzalez (wiss. Mitarbeiter)

Projektdauer: 2019 – 2022

Kurzfassung der Projektergebnisse

Die Forschungsaktivitäten des Dissertationsprojektes konzentrierten sich auf die Erstellung eines numerischen Modells, welches die Strömung und den reaktiven Transport von Schadstoffen durch geklüftete Gesteinsabfolgen, welche sich aus dem Strebabbau von Kohleflözen ergeben, mathematisch darstellt. Das Modell berechnet dabei den Einfluss des porösen Mediums als auch des anthropogen geklüfteten Gebirges in Bezug auf die Wassermenge und die -qualität. Zu diesem Zweck wurde das Westfeld des Ibbenbürener Reviers als Fallstudie ausgewählt. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Ergebnisse auch auf andere Bergbaufolgelandschaften übertragen werden können. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde das Forschungsprojekt in 4 Phasen unterteilt:

Zu Beginn des Projektes wurde zunächst die vorhandene Literatur über die geomechanische Entwicklung von untertägigen Steinkohlebergwerken sowie die gängigen hydrogeologischen Modelle, die auf diese angewandt werden, zusammengestellt und studiert. Auf Grundlage bestehender Arbeiten und einer umfassenden Durchsicht von Bergbauberichten, Stilllegungsplänen und wissenschaftlichen Artikeln wurde schließlich das konzeptionelle Modell des Ibbenbürener Westfeldes entwickelt.

Im Jahr 2020 konzentrierten sich die Aktivitäten auf die Untersuchung von Bohrkernproben des Westfeldes. Die Proben wurden zunächst makroskopisch analysiert, um das Vorhandensein von bergbaubedingten Bruchzonen festzustellen. Anschließend wurde deren Einfluss auf die Wechselwirkung zwischen Wasser und Gestein mit Hilfe von Mikroskopie, Rasterelektronenmikroskopie (REM), energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX), Röntgenbeugung (XRD) und Röntgenfluoreszenz (XRF) untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass es eine erhebliche Wechselwirkung zwischen dem Grundwasser und dem minder durchlässigen Gestein gibt, die durch Bruchstrukturen begünstigt wird. Die Ergebnisse dieser Phase wurden in der Fachzeitschrift „Minerals“ veröffentlicht und auf der Goldschmidt-Konferenz 2021 vorgestellt.

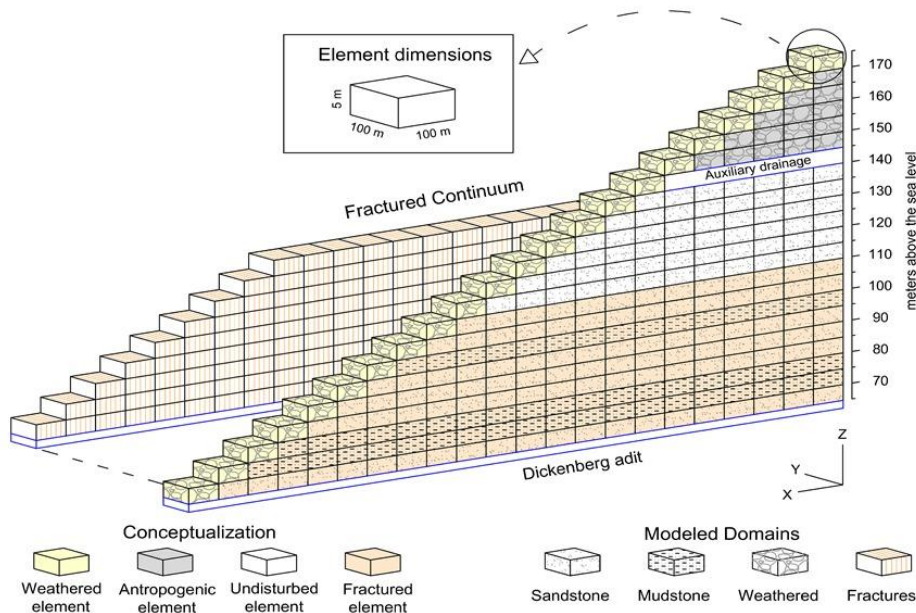


Abbildung 1: Modelldiskretisierung für das doppelte Kontinuummodell des Ibbenbürener Westfeldes. Die Grundwasserneubildung wirkt auf die verwitterten Elemente am oberen Ende der Säulen und eine offene Randbedingung ist am unteren Rand entlang der Strecke definiert. Für jedes orange gefärbte Element ist das Modellierungsnetz in zwei Kontinua aufgeteilt.

Die in den beiden vorangegangenen Phasen gewonnenen detaillierten Informationen wurden verwendet, um ein Doppel-Kontinuum (DK)-Fluidströmungsmodell für das Untersuchungsgebiet zu erstellen. Hierfür wurde

die Software TOUGHREACT eingesetzt, deren numerische Möglichkeiten und Eignung zunächst eingehend geprüft und angepasst wurden. Parallel dazu wurde das DK-Modell mit Messdaten parametrisiert, darunter lithologische, stratigraphische und strukturgeologische Informationen sowie Tiefen der abgebauten Sohlen und hydraulische Parameter. Die Modellergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen dem berechneten und dem gemessenen Grubenwasserabfluss. Das konstruierte Modell war in der Lage, das bimodale Fließverhalten des Grubenstollens zu reproduzieren, indem es ein durchlässiges, geklüftetes Kontinuum mit einer minder leitfähigen Gesteinsmatrix koppelt. Während die Strömung aus dem geklüfteten Kontinuum in den Wintermonaten zu intensiven Abflussereignissen führt, bestimmt die Gesteinsmatrix einen gleichmäßigen Abfluss im Sommer. In der Studie wird auch der Einfluss einzelner und kombinierter Modellparameter auf die simulierte Kurve durch eine detaillierte Sensitivitätsanalyse bewertet. Die Ergebnisse der Konzeptualisierung und des vollständigen Modells wurden im „Hydrogeology Journal“ veröffentlicht und auf der IMWA-Konferenz 2021 sowie einer Schulung über oberflächennahe geothermische Energiesysteme vorgestellt.

Im Jahr 2022 konzentrierte sich die Arbeit auf die Erweiterung des Doppelkontinuum-Strömungsmodells zu einem reaktiven DK-Transportmodell. Diese Erweiterung ermöglicht die Beschreibung der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Entstehung und des Transports von Schadstoffen, die aus der Interaktion zwischen Wasser und Gestein resultieren. Derzeit berücksichtigt das Modell Prozesse wie die Oxidation von Schwefelmineralen, die Ausfällung von Eisenoxiden, die Variation der hydraulischen Eigenschaften der Gesteinsschichten und die Ionenanreicherung des Grubenwassers (z.B. Eisen, Sulfat, Nickel, Zink und Blei). Es wird erwartet, dass der DC-Ansatz eine Verbesserung gegenüber herkömmlichen Grubenwassermodellen darstellt, welche die oben genannten Prozesse anhand von Boxmodellen oder äquivalente poröse Medien behandeln. Erste Teilergebnisse werden auf der 28. Tagung der Fachsektion Hydrogeologie (FH-DGGV) und auf der 17. Karpatenbeckentagung für Umweltwissenschaften vorgestellt. Ebenso wird die vollständige Studie für eine Veröffentlichung in einer peer-review Zeitschrift im zweiten Halbjahr 2022 vorbereitet.

Veröffentlichungen aus dem Projekt

Aus dem Projekt sind acht Veröffentlichungen bereits publiziert oder zur Publikation eingereicht. Details finden sich im Publikationsverzeichnis ab Seite 71 unter den Referenznummern [1], [3], [6], [7], [23], [40], [41] und [42]. 5 Vorträge wurden auf internationalen Konferenzen gehalten.