



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

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

E. Mugova, MSc (wiss. Mitarbeiterin)

Projektdauer: 2017 – 2022

Kurzfassung der Projektergebnisse

Im Rahmen des Teilprojektes „Ermittlung wissenschaftlicher Grundlagen für nachhaltige Grubenwasseranstiegsniveaus in ehemaligen Steinkohlenrevieren“ haben Prof. Dr. Christian Wolkersdorfer und MSc. Elke Mugova in mehreren, miteinander verknüpften Fragestellungen das Thema untersucht. Da in den nächsten Jahren die ehemaligen Steinkohlebergwerke in Ibbenbüren, dem Saarland und dem Ruhrgebiet geflutet werden sollen, musste geklärt werden, was nachhaltige Flutungsniveaus sind und wie sich diese einstellen lassen.

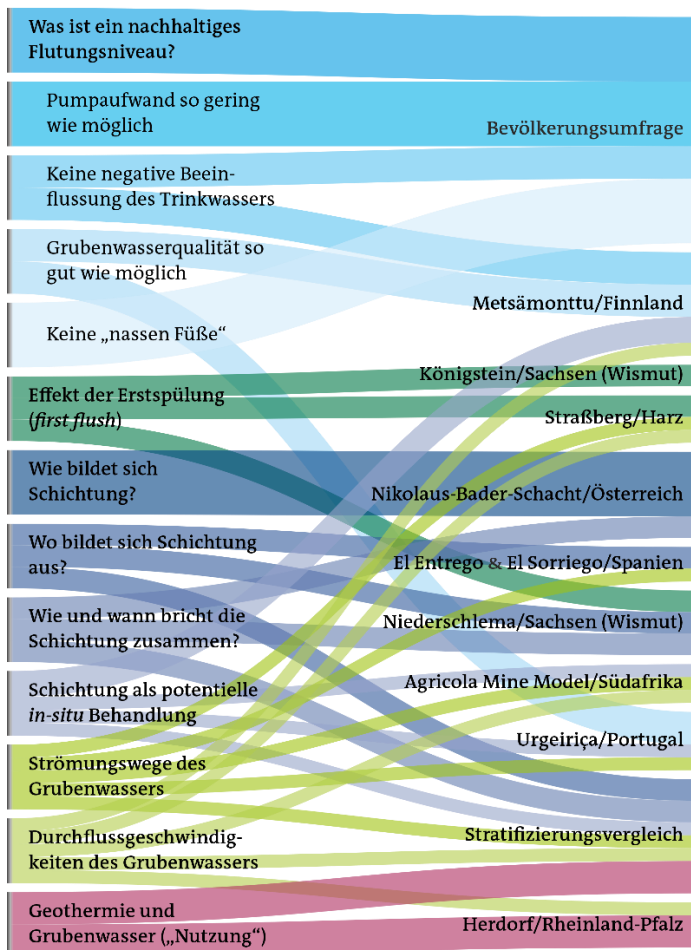


Abb. 1: SANKEY-Diagramm der Untersuchungsziele und der durchgeführten Untersuchungen, um diese zu erreichen

Unter nachhaltigen Flutungsniveaus ist ein Grubenwasserspiegel zu verstehen, der zu keiner negativen Beeinträchtigung von Schutzgütern oder zu Gebäudeschäden führt. Zudem sind die Kosten der Wasserhaltung eine Funktion der Förderhöhe. Damit geht einher, dass der CO₂-Fußabdruck bei hohem Niveau des Grubenwasserspiegels abnimmt. Um dies zu erreichen, sind folgende Punkte wichtig:

- » **Pumpaufwand so gering wie möglich:** Bei einem nachhaltigen Flutungsniveau sollte sichergestellt sein, dass der langfristige Pumpaufwand und somit die Pumpkosten auf ein Minimum reduziert sein sollten. Dies bedeutet, dass der Wasserstand des Grubenwassers so hoch wie möglich angesetzt sein sollte, ohne andere Schutzgüter negativ zu beeinflussen.
- » **Keine Beeinträchtigung des Trinkwassers:** Wesentlich für die Lage des Flutungsniveaus ist, dass im Zusammenhang mit allen anderen Maßnahmen und auf der Basis hydraulischer Prinzipien keine Schadstoffe in das zur Trinkwasserförderung genutzte Grundwasser gelangen.

- » **Grubenwasserqualität so gut wie möglich:** Ein nachhaltiges Flutungsniveau hat eine bestmögliche Qualität des Grubenwassers sicherzustellen. Wie die Vielzahl ausgewerteter Messungen und Publikation zeigt, ist dies stets der Fall, wenn der Wasserspiegel möglichst hoch angesetzt wird und dessen Höhenschwankungen gering sind.
- » **Keine „nassen Füße“ oder Schäden durch Hebungen:** Für die Anwohner in den Regionen, in denen die Bergwerke geflutet werden sollen, ist es wichtig, dass die Keller nicht vernässen oder dass sich durch potenzielle Hebungen Risse an den Bauwerken bilden. Es ist zu kommunizieren, dass dessen Verursacher nicht primär das steigende Grubenwasser ist.

Um nachhaltige Flutungsniveaus zu erreichen, sind die Effekte der Erstspülung (first flush) zu berücksichtigen. Nahezu alle gefluteten Bergwerke zeigen einen charakteristischen Verlauf der Wasserqualität. Dabei halbieren sich nach einem Zeitraum, der etwa dem Flutungszeitraum entspricht, die Schadstoffkonzentrationen. Nach etwa vier „Spülungen“ sind oftmals die Hintergrundkonzentrationen erreicht. Mit Langzeitmessungen der WISMUT GmbH konnte die Erstspülung sowohl am Grubenwasserauslauf, als auch im gefluteten Bergwerk selbst untersucht werden. Es zeigte sich, dass sich die Grubenwasserqualität mit der Zeit über den gesamten Grubenwasserkörper verbessert.



Abb. 2: Wasserprobenahme am 550 m tiefen St-Barbara-Schacht am Uranbergwerk Urgeiriça/Portugal.



Abb. 3: Eosin-Y-Lösung vor dem Befüllen der Tracer-aufgabesonde LydiA am Bergwerk Metsämonttu/Finnland.

In fast allen gefluteten Untertagebergwerken stellt sich im Laufe der Zeit eine Dichteschichtung ein. Messungen von Temperatur und elektrischer Leitfähigkeit in etwa 30 Schächten zeigen, dass Schichtung fast immer an der obersten vollständig überfluteten Sohle auftritt. Dabei überschichtet qualitativ gutes, meist sauerstoffhaltiges Wasser qualitativ schlechteres, in der Regel sauerstoffarmes, H_2S -reicheres Wasser. Welche Mechanismen dabei zur Ausbildung der Schichtung führen, ist im Detail noch zu erforschen. Bekannt ist bisher, dass die Schichtung sich verhältnismäßig schnell einstellt und sowohl „plötzlich“ als auch „allmählich“ auftreten kann. Strahlwasser (Jet) scheint bei der Ausbildung eine Rolle zu spielen. Dichteschichtungen lösen sich oftmals auf, wenn äußere Kräfte auf das System einwirken. Dabei handelt es sich z.B. um Pumpen des Wassers, Errichten von Entwässerungstollen, Brechen von Dämmen oder Streckenverstürze. In Bergwerken mit gravitativem Auslauf über Stollen ist Schichtung meist langzeitstabil, vor allem in tieferen Bergwerksbereichen. Diese Schichtung wirkt als hydraulische Barriere und lässt sich dazu einsetzen, qualitativ gutes von schlechtem Grubenwasser zu separieren. Abpumpen oder Auslaufen muss oberhalb der Schichtgrenze stattfinden.

Um zu erkennen, welche Wege das Grubenwasser im gefluteten Bergwerk nimmt, ist es unerlässlich, die hydraulischen Randbedingungen des Systems zu verstehen. In der Regel strömt das Grubenwasser dem niedrigsten Potential zu, in Konvektionswalzen lokal auch entgegen der Gravitation. Zudem lassen sich über Kenntnisse der Durchflussgeschwindigkeiten in gefluteten Bergwerken die Zeiträume quantifizieren, in denen

Schadstoffe ausgetragen werden. Tracertests in Grubenwasser zeigen, dass diese Geschwindigkeiten zwischen $1 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ und $1,7 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ (90% Konfidenzintervall) liegen.

In der Arbeitsgruppe wurden dazu verschiedene Untersuchungen vorgenommen, die sich in drei Gruppen gliedern lassen:

- » Literaturrecherche
- » Laboruntersuchungen
- » Felduntersuchungen

Jede dieser Untersuchungen soll eine oder mehrere Fragen beantworten, die relevant sind, um ein nachhaltiges Flutungsniveau zu definieren.

Ziel der Felduntersuchungen war es, die bisher bekannten Dichteschichtungen zu verifizieren und zu ergänzen. Dazu wurden in Finnland (Abb. 4), Portugal und Spanien verschiedene In-situ-Parameter sowie Wasseranalysen (Abb. 2) teufenabhängig untersucht. Während die Ergebnisse in Finnland und Portugal den Erwartungen weitgehend entsprachen, war dies in Spanien nicht der Fall. Dies lag daran, dass anders als im Risswerk angegeben, zwischen den beiden Schächten keine Verbindung nachzuweisen war. Sowohl in Finnland (Abb. 4) als auch in Portugal und Spanien ließ sich Überschichtung hochmineralisierten, reduzierten und folglich H_2S -reichen Wassers mit weniger mineralisiertem, oxidiertem Wasser nachweisen. Aus den Ergebnissen des Tracertests in Metsämonttu (Abb. 3) lässt sich ableiten, dass Grubenwasser sowohl nach Unten als auch nach Oben strömt, aber die Grenze der Dichteschichtung vermutlich nicht überschreitet. Auch über längere Distanzen findet ein Wasseraustausch im Grubengebäude statt.

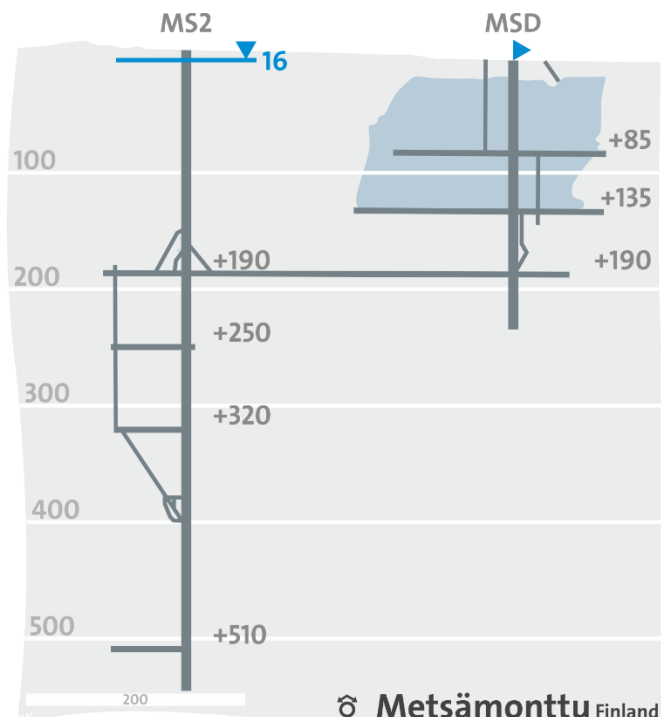


Abb. 4: Saigerriss mit Schacht 2 (links) und Schacht 1 des Polymetallbergwerks Metsämonttu/Finnland.

Beim Flutungsexperiment am 10 m tiefen Nikolaus-Bader-Schacht wird in vier Teufen die zeitliche Entwicklung der Temperatur und elektrischen Leitfähigkeit untersucht. Dies soll Erkenntnisse zum Aufbau und zum Zusammenbrechen von Dichteschichtung bringen. Bisherige Ergebnisse zeigen, dass die oberflächennahe Schichtung bei Außentemperaturen von unter 0°C sehr schnell zusammenbricht und sich ab dem

Frühsommer allmählich wieder aufbaut. Wegen der Coronapandemie müssen die beiden in Südafrika geplanten Untersuchungen am analogen Grubenmodell AMM (Agricola Mine Model) an der *Tshwane University of Technology* (TUT) und dem Tracertest im *Eastern Basin des Witwatersrand* auf 2022 verschoben werden.

Wie das SANKEY-Diagramm (Abb. 1) zeigt, wurden für Fragestellungen zur Dichteschichtung als Behandlungsmaßnahme Untersuchungen zu den Strömungswegen und der -geschwindigkeit angestellt. Aus der umfangreichen Literaturrecherche zu gefluteten Bergwerken mit Messungen der physiko-chemischen Parameter Temperatur und elektrische Leitfähigkeit ließen sich bislang 30 geeignete Bergwerke lokalisieren. Es zeigt sich, dass in der überwiegenden Zahl der Bergwerke eine Dichteschichtung auftritt, wobei Bergwerke mit nur einem Schacht und wenigen angeschlagenen Strecken („Einschachtbergwerk“) oftmals keine Schichtung aufweisen, wohingegen Bergwerke mit vielen Schächten und angeschlagenen Strecken („Mehrschachtbergwerk“, Abb. 1) eine deutliche Dichteschichtung zeigen. In der Regel tritt der Dichtesprung mit der größten Dichtedifferenz an Sohlen auf, die über mehrere Schächte oder Abbaue miteinander verbunden sind. Bei Wiederholungsmessungen zu verschiedenen Zeitpunkten sind diese oftmals an der gleichen Stelle zu finden.

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

Tagungen und Veröffentlichungen

Aus dem Projekt sind 24 Veröffentlichungen bereits publiziert oder zur Publikation eingereicht. Details finden sich im Publikationsverzeichnis ab Seite 71 unter den Referenznummern [8], [26], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36], [49], [50], [51], [52], [53], [65], [66], [67], [68], [69] und [70].

Sämtliche Publikationen der Arbeitsgruppe Wolkersdorfer sind auf folgender Webseite einsehbar und stehen dort zum Herunterladen bereit: www.forum-bergbau-wasser.de/artikel.