

Die Rolle der Erstspülung (First Flush) für den Sanierungsbergbau – Untersuchungen an einem gefluteten Uranbergwerk in Sachsen und einem analogen Grubenwassermodell

The Role of the First Flush for Mine Remediation – Research on a Flooded Uranium Mine in Saxony and an Analogue Model Mine

E. Mugova (TU Bergakademie Freiberg, elke.mugova@grubenwasser.org)

Ch. Wolkersdorfer (Tshwane University of Technology, christian@wolkersdorfer.info)



Tshwane University of Technology
We empower people

Einführung

In der Regel werden Untertagebergwerke nach deren Stilllegung und dem Rückbau geflutet. Dabei kommt es durch das aufsteigende Grubenwasser zu Wechselwirkungen zwischen Wasser und Gestein und somit zur Verwitterung von Primärmineralen und der Lösung von Sekundärmineralen. Dies verändert die Wasserqualität des Flutungswasserkörpers. Beim Austritt des Grubenwassers in die Hydrosphäre verschlechtert sich zunächst dessen Qualität, um sich nach einem bestimmten Zeitraum zu verbessern, wobei sich dieser über Jahren bis Jahrzehnte erstrecken kann. Fast alle gefluteten untertägigen Bergwerke zeigen eine zeitliche Änderung der Wasserqualität, welche als **First Flush** oder **Erstspülung** bezeichnet wird. Ausgehend von der Dauer der Flutung lässt sich die Zeit bis zum Ende der Erstspülung abschätzen, also der Zeitpunkt, ab dem sich die Wasserqualität nur noch unwesentlich ändert, wobei die Dauer des First Flush etwa das Vierfache des Flutungszeitraumes beträgt (Younger 1997; 2000). Eine hohe Vorhersagegenauigkeit für die Entwicklung der Wasserqualität ist für gutes Grubenwassermanagement sowie die Planung und den Bau von Grubenwasserreinigungsanlagen essentiell (Wolkersdorfer 2021).

Methoden

Bislang wurde der temporäre Verlauf der Erstspülung nur an der Stelle des Grubenwasseraustritts untersucht, jedoch nicht im gefluteten Bergwerk selbst. Mit einer fast 30-jährigen Messreihe von Tiefenprofilen in verschiedenen gefluteten Schächten eines ehemaligen sächsischen Uranbergwerks war es möglich, den Verlauf der Erstspülung genauer zu charakterisieren. Dazu wurden **Tiefenprofile der elektrischen Leitfähigkeit und Temperatur** von fünf verschiedenen Schächten zwischen 1992 und 2021 ausgewertet. Diese Profile konnten mit den Wasseranalysen am gemeinsamen Auslauf der Schächte verglichen werden (Wismut GmbH 2022).

Zusätzlich wurden Experimente zur Erstspülung am 6 x 4 m großen **Analogbergwerk „Agricola Model Mine“** (AMM) an der Tshwane University of Technology, Pretoria, Südafrika durchgeführt. Mit einer peristaltischen Pumpe wurde ein ständiger, geringer Zufluss (15 mL/min) zum Bergwerk erzeugt. Durch Injektion eines Fluoreszenztracers (Eosin Y) kurz unterhalb des Zuflusses konnte die Ausspülung des Tracers und somit die Erstspülung des Bergwerks beobachtet werden.

Ergebnisse und Diskussion

In allen untersuchten Schächten zeigen die Tiefenprofilkurven, dass sich die **Wasserqualität im Verlauf der Zeit verbessert**. Hervorzuheben ist dabei, dass dieser typische Verlauf der **Erstspülung im kompletten untersuchten Schachtwasserkörper auftritt**. Da der Kurvenverlauf der unterschiedlichen Schächte sehr ähnlich ist, ist von einem hydraulisch gut miteinander verbundenen System und einem schnellen Austausch des Grubenwassers auszugehen. Zudem spiegeln die Messwerte im Schacht die Messwerte am Auslauf wider.

Durch die Versuche am Analogbergwerk konnte gezeigt werden, dass es durch konstanten Wasserzufluss, ähnlich dem Zufluss von Sickerwasser, zur Erstspülung des Bergwerks kommt. Das **AMM ist somit geeignet hydraulische Prozesse in gefluteten Bergwerken zu studieren**.

Schlussfolgerung und Ausblick

Die Tiefenprofiluntersuchungen in den gefluteten Schächten zeigen, dass die Erstspülung nicht nur am Auslauf des Bergwerks, sondern bereits im Grubenwasserkörper selbst stattfindet. Dies lässt wiederum schlussfolgern, dass der **Grubenwasserkörper als chemischer Reaktor** betrachtet werden muss und eine Störung dessen, beispielsweise durch **Pumpaktivitäten, die Erstspülung stören könnte**. Die Modellierung am analogen Bergwerksmodell lässt neue Möglichkeiten der Untersuchung der Erstspülung zu. Da Beobachtungen von realen Bergwerken auf das AMM übertragen werden können, sind genauere Untersuchungen unter Laborbedingungen möglich. Mit den neuen Erkenntnissen aus den Tiefenprofilen, als auch aus den Untersuchungen im AMM, soll eine bessere Formel für die **Prognose der zu erwartenden Grubenwasserqualität** entwickelt werden. Dazu müssen weitere Tiefenprofile evaluiert werden, um die dazugehörigen Kurven der Erstspülung zu erstellen.

Literatur Literature

Wismut GmbH (2022) Jahresbericht 2021 zur Flutung der Grube Schlemka-Alberoda, Internal Report (unpublished). In: Wismut GmbH (ed). Chemnitz

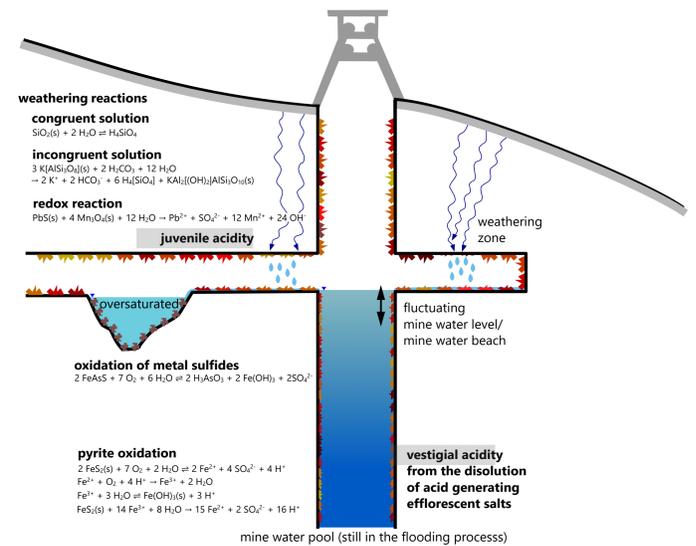
Wolkersdorfer Ch (2021) Reinigungsverfahren für Grubenwasser [Mine Water Treatment]. Springer, Heidelberg

Younger PL (1997) The longevity of minewater pollution – a basis for decision-making. Sci Total Environ 194-195:457-466 doi:10.1016/S0048-9697(96)05383-1.

Younger PL (2000) Predicting temporal changes in total iron concentrations in groundwaters flowing from abandoned deep mines: a first approximation. J Contam Hydrol 44:47-69 doi:10.1016/S0169-7722(00)00090-5.

Introduction

Underground mines are usually flooded after they cease operation and are decommissioned. Thereby, rising mine water causes interactions between water and rock and thus the weathering of primary minerals and the dissolution of efflorescent salts. Consequently, the water quality of the mine water pool changes. As the mine water is discharged into the hydrosphere, its quality deteriorates, and then improves after a certain period, which can range from years to decades. Almost all flooded underground mines show a temporal change in water quality, which is referred to as the **first flush**. Based on the flooding period, it is possible to estimate the time until the first flush ends. At this point in time the water quality changes are negligibly and, commonly, the duration of the first flush is about four times the flooding period (Younger 1997; 2000). A high prediction accuracy for the water quality development is essential for good mine water management as well as for the planning and construction of mine water treatment plants (Wolkersdorfer 2021).



Methods

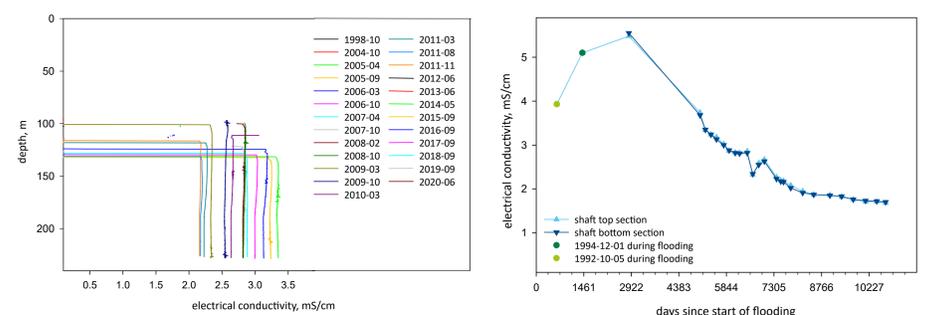
So far, the temporal development of the first flush has only been investigated at the mine water discharge locations, but not in the flooded mine itself. Based on a nearly 30-year series of depth profiles in various flooded shafts of a former uranium mine in Saxony, it was possible to characterise the development of the first flush more precisely. **Depth profiles of electrical conductivity and temperature** from five different shafts between 1992 and 2021 were evaluated for this purpose. These profiles were compared with the water analyses from the combined discharge point (Wismut GmbH 2022).

In addition, experiments about the first flush were carried out at the 6 x 4 m analogue "Agricola Model Mine" (AMM) at Tshwane University of Technology, Pretoria, South Africa. A peristaltic pump was used to create a constant, low inflow (15 mL/min) to the mine. By injecting a fluorescent tracer (Eosin Y) just below the inflow, it was possible to observe the tracer flushing out and thus the first flush of the mine.

Results and Discussion

In all the investigated shafts, depth profiles indicate that the **water quality improves over time**. What should be emphasised here is, that the typical first flush development appears in the entire investigated shaft water body. Since the curves of the different shafts are very similar, it can be assumed that the mine is hydraulically well connected and that the mine water is exchanged quickly. In addition, the measured EC values in the shaft reflect those measured at the point of discharge.

Based on the experiments at the analogue mine, it could be demonstrated that a constant inflow of water, similar to the inflow of seepage water to a mine, causes the mine's first flush. Thus, the **AMM is suitable for studying hydraulic processes in flooded mines**.



Conclusion and Outlook

Depth profile investigations in flooded shafts show, that the first flush not only occurs at the point of mine water discharge, but already in the mine pool itself. This in turn allows to conclude that the mine water body has to be considered as a chemical reactor and that a disturbance of it, for example by **pumping activities, could interfere with the first flush development**. Using an analogue model mine allows new possibilities for the investigation of the first flush. Since observations from real mines can be transferred to the AMM, more precise examinations under laboratory conditions are feasible. Based on the new findings from the depth profiles, as well as from the AMM investigations, a **more accurate method for mine water quality prediction** will be developed. For this purpose, further depth profiles will be evaluated in order to generate more first flush curves.