

## **4.8 Kontrolle geochemischer Parameter beim Wiedereinbau von Reststoffen in ein stillgelegtes Bergwerk**

**Lutz Kindermann**

*TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mineralogie, Brennhausgasse 14, 09596 Freiberg*

Nach der Flutung der stillgelegten Flußspatgrube Straßberg stellten sich Grubenwässer mit hohen Eisen- und Mangankonzentrationen ein. Bei der Klärung der Wässer fallen Eisenhydroxidschlämme an, die wieder in das Grubengebäude zurückgepumpt werden.

### **Einleitung**

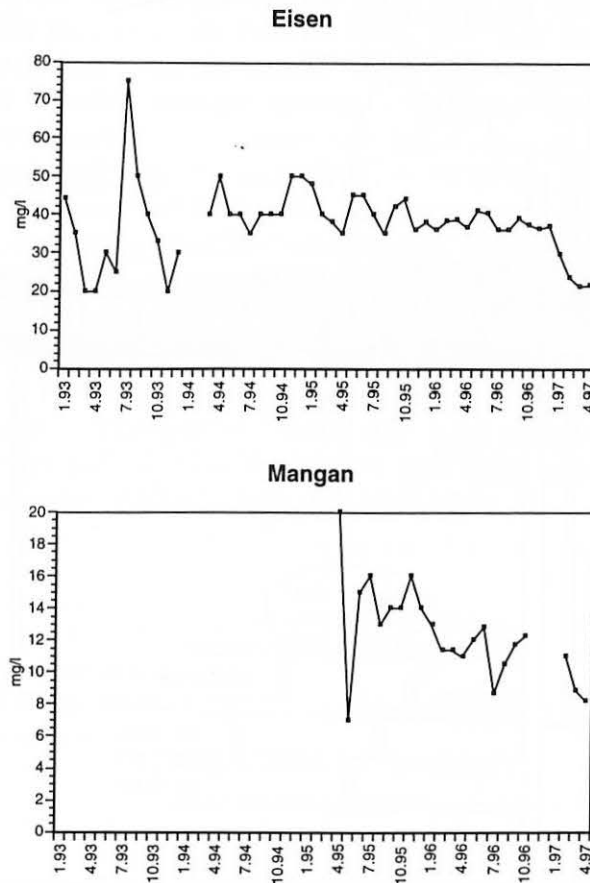
Die Grube Straßberg befindet sich im Ostharz, ca. 30 km südlich von Quedlinburg und zählte zu den wichtigen Fluoritlagerstätten in Deutschland. Es handelt sich um eine hydrothermale Ganglagerstätte. Der Fluoritabbau in dieser Region wurde schon seit dem 16. Jhd. betrieben. Die Hauptphase begann nach 1910 mit dem Abteufen des Hauptschachts. Schon Ende der 70er Jahre war ein Ende der Vorräte absehbar und es wurden Pläne zur Verwahrung der Grube erstellt. Am 31.5.91 begann die Flutung der Grube mit dem Abschalten der Pumpen. Eindringendes Niederschlags- und Oberflächenwasser füllt den ehemaligen Hohlraum der Grube bis zum natürlichen Grundwasserniveau. Das hydrogeologische Einzugsgebiet beträgt ca. 54 km<sup>2</sup>. Die Zuflüsse liegen momentan bei ca. 4,5 m<sup>3</sup>/min. Nach der diesjährigen Schneeschmelze stiegen sie bis auf 6 m<sup>3</sup>/min.

### **Grubenwasserchemismus**

Die eindringenden Wässer sind sauerstoffhaltig und begünstigen die Oxidation des neben dem Fluorit feindispers verteilten Pyrits. Die Folge ist ein Absinken des pH-Werts, der zur Zeit bei 5,9, im Grubentiefsten bei 5,1 liegt. Hinzu kommen hohe Eisenkonzentrationen von ca. 40 mg/l und Mangankonzentrationen von ca. 10 mg/l. Abb. 1 zeigt die zeitliche Entwicklung der Konzentrationen in den Flutungswässern. Die Eisengehalte sind in den ersten Jahren nach der Flutung durch Konzentrationsspitzen gekennzeichnet. Seit 1994 schwanken die Gehalte um ca. 40 mg/l. Mangan wird erst seit 1995 erfaßt und zeigt seitdem einen abnehmenden Trend. Beide Elemente verzeichnen im Frühjahr 1997 einen merklichen Rückgang, der u.U. mit einem erhöhten Wasserzufluß in das Grubengebäude als Verdünnungseffekt erklärt werden kann.

Um ein unkontrolliertes Überlaufen der Grubenwässer in den Vorfluter Selke zu vermeiden, wird der Wasserspiegel durch Pumpen abgesenkt gehalten. Die Anlage von Entwässerungstollen soll in Zukunft einen niveaugleichen Abfluß ohne Pumparbeit ermöglichen. Abb. 2 zeigt einen schematischen Schnitt durch das Grubengebäude. Die Grubenwässer werden im Bereich des Hauptschachts gehoben und einer provisorischen Aufbereitungsanlage zugeführt. Durch Fällung mit Kalkmilch und intensiver Belüftung entstehen Eisenhydroxidschlämme, die zunächst in Teichen abgesetzt werden. Die Anlage wird bei einem pH-Wert von 9,5 gefahren. Periodisch werden die konzentrierten Schlämme aus den Absetzteichen durch eine Bohrung in das mit Wasser gefüllte Grubengebäude zurückgepumpt. In geringer Entfernung zum Hauptschacht erfolgt die Rückverspülung in einen 14000m<sup>3</sup> großen Magazinbau, der in hydraulischer Verbindung mit dem gesamten Grubengebäude steht.

Kindermann, L. (1998): Kontrolle geochemischer Parameter beim Wiedereinbau von Reststoffen in ein stillgelegtes Bergwerk. – Wiss. Mitt. Inst. Geol., 7:196-201, 5 Abb.

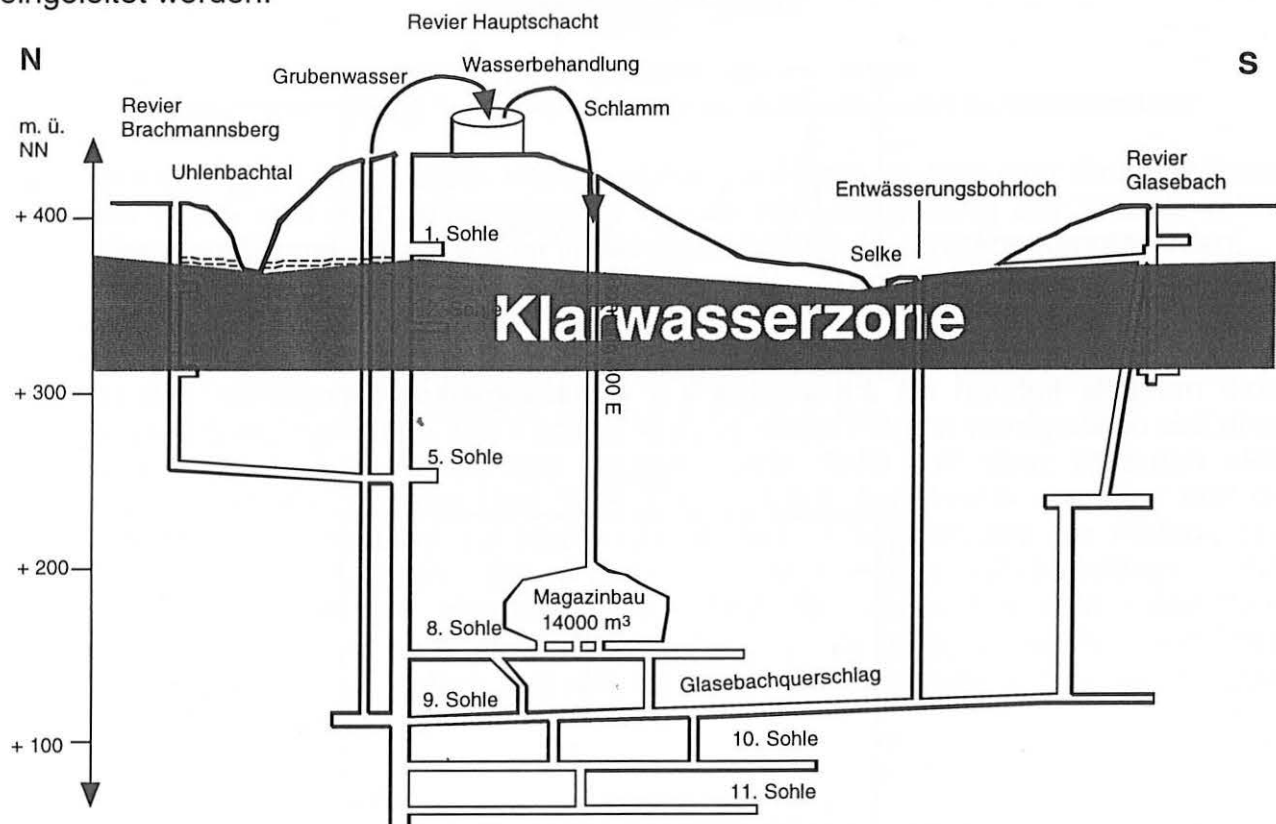


**Abb. 1:** Entwicklung der Konzentrationen im Grubenwasser

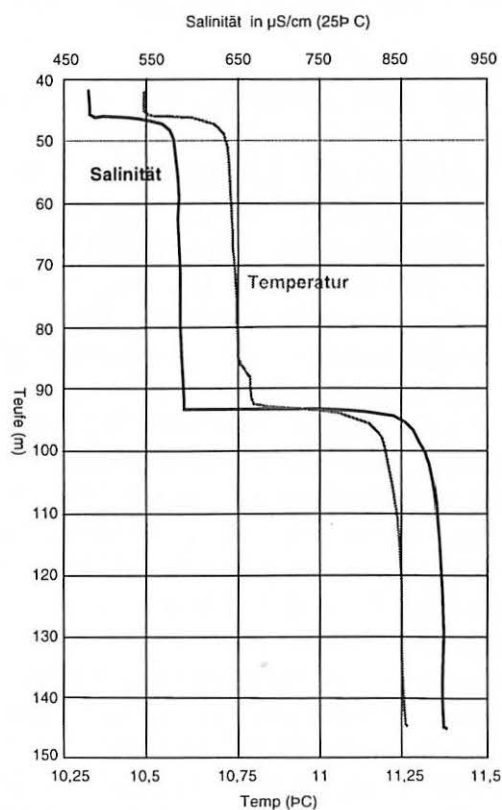
### Ausbildung einer "Klarwasserzone"

Im Laufe der Flutung hat sich herausgestellt, daß der Wasserkörper nicht homogen aufgebaut ist, sondern eine Schichtung aufweist. Abb. 3 [1] zeigt ein Tiefenprofil der Salinität und Temperatur. Deutlich sind 2 Sprünge bei 45 und 95 m Teufe zu erkennen, die 3 Schichten trennen. Die oberen Schichten zeichnen sich durch eine geringere Temperatur und niedrigere Leitfähigkeit aus. Man spricht von einer sog. "Klarwasserzone". Die Temperaturdifferenz über 150 m beträgt ca. 1K. Diese reicht nicht aus, um eine Durchmischung des Wasserkörpers hervorzurufen. Die oberen gering mineralisierten Schichten werden im wesentlichen von eindringenden Niederschlags- und Oberflächenwässern gespeist, die untere Schicht ist mit Produkten der Pyritoxidation angereichert. In Abb. 2 ist die ungefähre Ausdehnung dieser Zone im Grubengebäude dargestellt. In den ersten Jahren nach der Flutung wurde nach Wegen gesucht, um das Grubenwasser unterhalb des Vorfluterniveaus abzuleiten. Aus diesem Grund wurde ein Entwässerungsbohrloch in der Nähe der Selke gebohrt. Das Bergwerk funktioniert in diesem Falle nach dem Prinzip kommunizierender Röhren. Infolgedessen stellte sich in einem Versuch heraus, daß hauptsächlich das Wasser der unteren höherbelasteten Zone austritt. Für die Entwässerung der Grube Straßberg ist es von Vorteil, wenn lediglich das Wasser der oberen Klarwasserzone zur Aufbereitung gelangt. Abb. 2 zeigt im Bereich des Uhlenbachtals (N), im Revier Brachmannsberg, die Lage der im Bau befindliche Entwässerungstollen. Hiermit soll eine Entwässerung aus der Klarwasserzone erfolgen. An diesem Standort ist evtl. eine endgültige Wasseraufbereitungsanlage vorgesehen. Das Revier Glasebach im Süden wird durch einen separaten Stollen entwässert. Die Wässer

aus diesem Feld sind nur gering belastet und können voraussichtlich ohne Klärung eingeleitet werden.



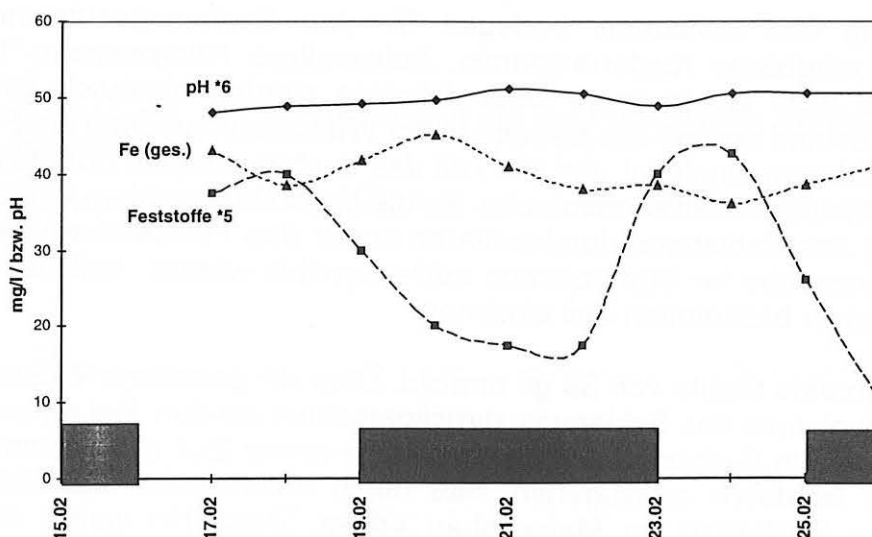
**Abb.2:** Schematischer Schnitt durch das Grubengebäude



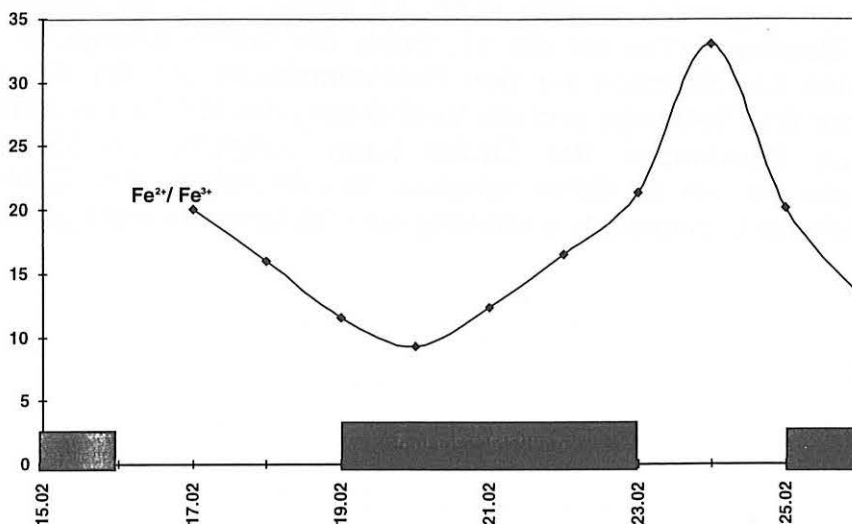
**Abb.3:** Tiefenprofil Salinität / Temperatur

## Klärschlammeinspülung

Nach intensivem Einspülen des Klärschlammes zeigt sich im abgepumpten Grubenwasser eine leichte Trübung. Es bestand die Befürchtung, daß der Schlamm oder rückgelöstes Eisen mit dem Grubenwasser wieder nach oben gepumpt werde, es also zu einem Kreislauf komme. Aus diesem Grund wurden während einer Dauer von 10 Tagen Feststoffgehalt, pH-Wert, Gesamteisen und Eisen(II) bestimmt. Abb. 4 zeigt grau unterlegt die Tage der Schlammeinspülung. Der pH-Wert ist nur einer geringen Erhöhung von 0,1 unterworfen. Es ist anzunehmen, daß das mit dem Schlamm verspülte Wasser mit einem pH von über 9 diesen geringen Anstieg verursacht. Der Gesamteisengehalt schwankt zwischen 38 und 42 mg/l und liegt im monatlichen Toleranzbereich von 5 mg/l. Der Feststoffgehalt steigt mit einer zeitlichen Verzögerung von ca. 4 Tage nach Beginn der Rückspülung von 4 auf 8 mg/l und klingt mit ähnlicher Verzögerung wieder ab. In Abb. 5 ist das Verhältnis von  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  in gelöster Form (0,45µm-Filtration) aufgetragen. Normalerweise ist davon auszugehen, daß der überwiegende Teil des Eisens in zweiwertiger gelöster Form auftritt, das Verhältnis also sehr hoch ist. Erst 4-5 Tage nach einer Periode der Schlammeinspülung sinkt das Verhältnis ab.



**Abb. 4:** Veränderung der Parameter pH, Feststoffgehalt und Fe (ges.) während der Schlammeinspülung



**Abb. 5:** Veränderung des Verhältnisses  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  während der Schlammeinspülung

Es ist davon auszugehen, daß die alkalischen und auch sauerstoffreichen Wässer aus der Aufbereitungsanlage sowie der Schlamm zu einer vermehrten Oxidation des im Grubenwasser gelösten  $\text{Fe}^{2+}$  beitragen. Die Oxidation erfolgt also schon im Grubengebäude. Die Schwankungen im Gesamteisengehalt deuten nicht auf einen vermehrten Eisenaustrag nach der Schlammrückspülung hin. Der erhöhte Feststoffanteil steht in Verbindung mit einer erhöhten  $\text{Fe}^{3+}$  Fracht, die im Wesentlichen partikulär erfolgt. Die zeitliche Verzögerung von 4-5 Tagen aller chemischen Veränderungen deutet darauf hin, daß das rückgespülte Wasser diese Zeit benötigt um vom Ort der Einspülung (Magazinbau) wieder in den Bereich der Pumpen zu gelangen. Die gemessenen Parameter lassen keine Rücklösung des Eisenhydroxidschlamm erkennen. Mit einer möglichen Rücklösung hätte in jedem Falle eine signifikante Erhöhung der Gesamteisenkonzentration über den normalen Toleranzbereich hinaus gegeben sein müssen.

### **Welches Volumen nimmt der Schlamm ein?**

Die Rückspülung des Schlamm bedeutet für den Sanierungsaufwand der Grube Straßberg eine erhebliche Kostenersparnis. Aufwendiges Filterpressen, Transport und Verpackung und nicht zuletzt teure Deponiekosten werden hierdurch eingespart. Aus diesem Grund bestand seitens des Betreibers der Wasseraufbereitung die Frage, welches Volumen der Schlamm einnimmt und wie voll das Grubengebäude bereits gefüllt ist. Die Anlage der Bohrung gestattet es nicht, eine Sonde in den Magazinbau hinabzulassen und eine Beprobung des Schlamm durchzuführen sowie den Füllstand zu erfassen. Durch Sedimentationsversuche im Standzylinder sollte ermittelt werden, welches Volumen der Schlamm nach einer bestimmten Zeit einnimmt.

Nach 48 h wurde eine Dichte von 38 g/l erreicht. Über die gehobene Wassermenge kann auf das Gesamtvolumen des Schlamm zurückgerechnet werden. Bei einer Dichte von 38 g/l hätte das gesamte Grubengebäude schon nach kurzer Zeit mit Schlamm gefüllt sein müssen [2]. Es ist davon auszugehen, daß durch auflastendes Material eine weitere Verdichtung des Schlamm im Magazinbau erfolgt. Daraufhin wurde die Dichte des Schlamm in den Absetzteichen mit 182,25 g/l ermittelt. Dieser Wert zeigt, daß in jedem Fall eine weitere Kompaktion des Schlamm erfolgt, die mit den Sedimentationsversuchen nicht erfaßt werden kann.

Der Schlamm ist im Zustand der Einspülung so flüssig, daß eine Fließfähigkeit wie Schmutzwasser vorausgesetzt werden kann. Es besteht also die Möglichkeit, daß der Schlamm durch Überhauen bis auf die 11. Sohle der Grube gelangt ist. Damit werden auch die Volumina der Strecken für den Schlammabsatz genutzt. Da aber nur vage Vorstellungen über die Fließwege und die Verdichtung des Schlamm herrschen, ist eine Abschätzung des Füllstandes der Grube kaum möglich. Im Hauptschacht sind Sondenmessungen bis zur 9. Sohle möglich. Ein Ansteigen des Schlammpegels im Schachtbereich könnte in begrenztem Umfang als Füllstandsanzeiger genutzt werden.

## **Zusammenfassung**

Die Flutung der Grube Straßberg hat gezeigt, daß

- in den Jahren nach Flutungsende nur eine geringe Abnahme der Eisen- und Mangangehalte zu verzeichnen ist. Eine Wasserklärunng wird noch mehrere Jahre notwendig sein.
- sich bei ruhendem Wasserkörper eine Schichtung mit einer "Klarwasserzone" im oberen Bereich einstellt.
- die Schlammrückspülung in das Grubengebäude eine kostensparende (End-)lagerungsmöglichkeit bietet.
- bei der Schlammrückspülung kein signifikanter Anstieg der Eisenkonzentrationen zu verzeichnen ist.
- keine Rücklösung des Schlammes zu erwarten ist.
- eine Abschätzung des Füllstands der Grube mit Schlamm nur schwer möglich ist.

## **Literatur:**

- [1] Müller, W. Rüterkamp, P. (1993-96) Verwahrung der Flußspatgrube Straßberg. - DMT Essen (Gutachten unveröff.)
- [2] Weyer, J. (1996): Zukünftige Verbringung von Hydroxidschlämmen. - TU Bergakademie Freiberg, (Gutachten unveröff.)