

## Hydrochemical monitoring (1970–2003), depth profile and flow measurements in partly flooded underground workings of the central polymetallic vein ore deposit of Freiberg/Germany\*

### Hydrochemisches Monitoring (1970–2003), Tiefenprofil- und Strömungsmessungen in teilweise gefluteten Grubenbauen im Zentralteil der polymetallischen Erzlagerstätte Freiberg/Deutschland

SEBASTIAN KOLITSCH (Dresden), MANUELA JUNGHANS (Freiberg), WERNER KLEMM (Freiberg), THOMAS DEGNER (Dresden), DELF BAACKE (Chemnitz)

**key words:** acid mine drainage, flooded mine workings, geochemical barriers, heavy metals, hydraulics, mine water monitoring, seepage water, sulfide oxidation

#### Abstract

The formation of acid drainage in the abandoned polymetallic sulfide ore mine of Freiberg, Saxony contributes high concentrations of sulfate, arsenic, and heavy metals (Zn, Cd, and Pb) to the Mulde and Triebisch/Elbe Rivers. Former and current studies are based on a more than 33 year long monitoring (5/1970-8/2003), which consists of several investigations and time series. The main goals of the study were the examination and quantification of the processes of mobilisation, transport, and re-fixation of these pollutants, and their enrichment in mine water over several levels in the unflooded and flooded parts of the mine. Quantity and quality of the input seepage water, ground water, and the mixed mine water at the outfall of the flooded mine workings were estimated and a flow model of mine water in the shaft was developed. Mass and element balance calculations (e.g. sulfate, Zn, Na, and Cl) suggest the influx of tailings-influenced seepage water into the flooded part of the mine along the upper levels. Water quality at the outfall significantly improved after the mine was partly flooded in 1971, but the improvement has slowed down considerably since the mid-1990s. Therefore, contaminant concentrations are not expected to decrease significantly during the next decades. In contrast to 1982 and 1997, in 2001/2002, physico-chemical parameters and contaminant concentrations showed little variations in all depths of the flooded shaft. This implies fairly good mixing of the chemically very different influx waters in the flooded part of the mine before the water enters the shaft. Flow measurements also suggest an upward flow along the entire shaft and indicate lateral flow at distinct levels.

#### Zusammenfassung

Die Grubenwässer aus dem Zentralteil der stillgelegten polymetallischen Erzlagerstätte Freiberg sind eine signifikante Quelle für die Sulfat, Arsen- und Schwermetallbelastung (Zn, Cd, und Pb) des Muldeflußsystems und des deutschen Abschnittes der Elbe. Die Untersuchungen beruhen u. a. auf einem über 33 Jahre laufenden Langzeit-Monitoring (5/1970-8/2003), das sich aus mehreren Untersuchungen und Zeitreihen zusammensetzt. Die Hauptziele dieser Arbeit sind die Untersuchungen der wesentlichen Vorgänge der Elementmobilisierung, des Transportes und der Refixierung dieser Kontaminanten und deren Anreicherung in Grubenwässern in verschiedenen Teufenniveaus im ungefluteten und gefluteten Bereich der Grube. Hierfür wurden Wasserproben von Sicker- und Grundwasser sowie Mischwasser am Überlauf des Grubensystems (Schacht Reiche Zeche) analysiert, Wassermengen abgeschätzt sowie Messungen der Strömungsverhältnisse im Schacht durchgeführt. Massen- und Stoffbilanzen (z. B. Zn, Na, and Cl) deuten auf den Eintrag von tailings-beeinflussten Sickerwässern in dem gefluteten Teil der Grube entlang

\* *Dedicated to the memory of Professor Dr. Peter Beuge (11.4.1938 – 21.6. 2001)*

der oberen Sohlenniveaus hin. Die Wasserqualität am Überlauf verbesserte sich nach Teilflutung der Grube 1971 signifikant. Die Schwermetallgehalte nahmen ab. Seit Mitte der 90er Jahre sind nur noch geringfügige Veränderungen zu beobachten. Eine signifikante Verbesserung der Wasserqualität ist in den nächsten Dekaden deshalb nicht zu erwarten. Bei Messungen im gefluteten Reiche-Zeche-Schacht zeigten Messungen der physiko-chemischen Parameter und der Schwermetallbelastung im Gegensatz zu 1982 und 1997 in den Jahren 2001/2002 kaum teufenabhängige Schwankungen. Dies weist auf eine intensive Mischung der in den Flutungsraum eingetragenen chemisch sehr unterschiedlichen Wässer hin. Messungen von Fließrichtungen und -geschwindigkeiten im Reiche-Zeche-Schacht weisen auf ein Aufströmen im gesamten Schacht und auf horizontale Zu- bzw. Abströme auf bestimmten Niveaus hin.