

Feststellung der Grubenwasserbewegung durch Färbemethoden

Von S. KLIR (Prag)

In der Montanhydrogeologie wird die Verfolgung der Grubenwasserbewegung insbesondere in jenen Fällen aktuell, wo es bei der Bergwerkstätigkeit zu tiefen Eingriffen in das Naturegime der Grubenwässer, zur Veränderung der Umlauf- und Abflußwege aus dem Grubenwässerbehälter und zur Bildung neuer Wege kommt.

Einen solchen Eingriff stellt insbesondere die Entwässerungswirkung der Grubenarbeiten in der Teufe dar. Die Bewegung der Grubenwässer muß auch bei der Erforschung des Grubenwasserregimes, des Zuflusses und Abflusses der Wässer aus dem Grubenwasserbehälter und bei der Überprüfung jener Teile des Lagers verfolgt werden, aus welchen ausgiebige Wasserzuflüsse aus dem Hangenden des Lagers zu erwarten sind. Zwecks Erkennung der Gesetzmäßigkeit der Grubenwasserbewegung werden genaue Messungen der Temperaturunterschiede einzelner Wasserzuflüsse gemacht, und es wird auch eine chemische Identifikation der Wasserzuflüsse in der Teufe mit Quellen und Brunnenwässern obertags vorgenommen, wenn sie durch typische Gehalte einzelner Komponenten charakterisiert werden. Bei den Verfahren zur Verfolgung der Grubenwässer werden sowohl die Bewegung als auch die Strömungsrichtung durch Farbstoffzusatz verfolgt.

Der Färbungsversuch liegt im wesentlichen darin, daß im Bereich der Einsickerung eine Farbstoffmenge während einer bestimmten Zeit zugesetzt wird und gleichzeitig auch an ausgewählten Stellen, z. B. Bohrlöchern, Brunnen, Quellen, Grubenarbeiten usw., die Wasserproben in einem regelmäßigen Zeitabstand bis zu jenem Zeitpunkt abgenommen werden, bis die Verfärbung festgestellt wird. In der Regel werden die Proben gezogen, bis die Verfärbung erlischt. Die Untersuchung der Strömungsbewegung und Richtung des Grubenwassers dient auch der Verfolgung des Grubenwasserumlaufes.

Zur Durchführung des Färbungsversuches muß ein im Wasser gut lösbarer und noch in großer Verdünnung gut feststellbarer Stoff verwendet werden. Der einfachste Nachweis des Farbstoffes ist die visuelle Ermittlung. Sie versagt jedoch bei größerer Verdünnung, ab-

gesehen davon, daß die Grubenwässer sehr oft trübe sind und ausgefälltes Eisenhydroxyd führen. Gut nachweisbar sind Farbstoffe, die im Ultraviolettlicht fluoreszieren. Bei einer Laboratoriums- und Terrainforschung haben wir Farbstoffe einer solchen Art verwendet, und zwar Uranin, ein Natriumsalz von Fluoreszein, das allgemein als technisches Fluoreszein bezeichnet wird.

Die Färbungsversuche wurden nach folgenden methodischen Grundsätzen durchgeführt:

1. Vor dem Beginn des Versuches wurde die Durchflußmenge des Obertagwasserflusses gemessen, und zwar entweder mittels Meßwehre nach THOMPSON oder PONCELET unter Verwendung des Koeffizienten $\mu = 0,62$ oder eines Wassermessflügels. Desgleichen wurde die Ergiebigkeit der später beobachteten Wasserzuflüsse in der Grube bestimmt.

2. Der Färbungsversuch wurde mit technischem Fluoreszein unter Dosierung entsprechend der Durchflußmenge in ganzen Kilogramm bei konstanter Konzentration vom Anfang der Verfärbung 120 Minuten lang in gleicher Intensität durchgeführt. Den Farbeinsatz in das Obertagwasser führte ein Arbeiter durch, der mit allen weiteren Untersuchungen nichts zu tun hatte.

3. Vor dem Farbstoffzusatz in das Obertagwasser wurden an allen Beobachtungsstellen in der Grube Nullproben gezogen, die dann mit Rücksicht auf die Anwesenheit von Eisen- und Kupferhydroxyden parallel mit laboratorisch vorbereiteten Standardproben und in der Grube entnommenen Mustern untersucht wurden. Der Anfang der Wasserprobenentnahme in der Grube war zeitlich gleich mit dem Farbstoffzusatz in das Obertagwasser.

4. Der Zeitabstand der Probennahme von Grubenzuflüssen war im allgemeinen 20 Minuten, bei der Betreuung von mehr als zwei Arbeitsstellen durch einen Beobachter 30 Minuten. Die Probennahme währte 72 Stunden vom Anfang des Färbungsversuches. Im Falle, daß das Fluoreszein erst 60 Stunden nach dem Anfang der Färbung ermittelt wurde, wurde die ganze Versuchsdauer verlängert, und die Proben wurden noch 12 Stunden nach der letzten ermittelten positiven Probe abgenommen.

5. Im Verlaufe jeder 12 Stunden wurden weitere Kontrollmuster aus allen bedeutsameren Wasserzuflüssen in der Grube gezogen.

6. Die Untersuchung der Proben und Vermittlung der Fluoreszeinkonzentration im Grubenwasser wurde mit der Apparatur nach J. DOBIAS und S. KLIR durchgeführt. Die Untersuchung geschieht im Ultraviolettlicht unter Verwendung der Röhre LUMA Hg 80 W unter Vorschaltung von Jenaer WOOD-Glas.

7. Die Farbkonzentration wurde durch Vergleiche mit laboratorisch vorbereiteten Standardlösungen von Verdünnungsgraden von 10^{-3} bis 10^{-9} ermittelt. Die Muster wurden parallel neben dem Nullmuster des

Grubenwassers untersucht, um eine Verfälschung der Ergebnisse durch Absätze von Eisen- und Kupferhydroxyd zu vermeiden, die sich beim Stehenlassen aus den Grubenwassermustern ausscheiden.

Die durchgeführten Färbungsversuche bestätigten eine unmittelbare Einsickerung der Obertagwässer in die Gruben und ließen auch die Bewegungsrichtung und die Grubenwasserströmung erkennen. Die Strömungsgeschwindigkeit des einsickernden Wassers ist durch einen minimalen und maximalen Wert im Zeitabstand charakterisiert. In analogen Zeitabständen wird sich auch der Anfang der Erhöhung der Zuflüsse nach ergiebigen langen Regengüssen, plötzlichen Wolkenbrüchen und Schneeschmelze abspielen. Die Dauer des Intervalls erhöhter Wasserzuflüsse in der Grube ist dagegen analog der Dauer des Intervalls der eigentlichen Verfärbung. Diese betrug z. B. bei einer Färbungszeit von 120 Minuten 10 Stunden. Das Intervall erhöhter Wasserzuflüsse in die Grube nach ausgiebigen Regengüssen mit einer Intensität bis 120 Minuten wird gleichfalls 10 Stunden dauern.

Zusammenfassung

Die vorgelegte Arbeit befaßt sich mit dem Studium des Problems der Anwendbarkeit des technischen Natriumfluoreszeins für Färbversuche. Die diesbezüglichen Verfahren wurden möglichst einfach gewählt, damit sie im Betrieb leicht durchgeführt werden können und die Erforschung der Strombewegung des unterirdischen Wassers durch Färbversuche bei möglichst bescheidener Ausstattung mit Geräten und Arbeitskräften ermöglicht wird.

Das Prinzip des Verfahrens besteht im Färben des Tagwassers in Wasserläufen in dem Gebiet der angenommenen Alimentation der unterirdischen Wässer mit technischem Natriumfluoreszein und in einer darauffolgenden regelmäßigen Verfolgung der Farbänderungen der unterirdischen Wässer in der Lagerstätte und in den Grubenbauen. Die entnommenen Proben werden in bezug auf die Fluoreszenz durch Bestrahlung mit ultravioletem Licht auf einer Wellenlänge von ungefähr 3660 Å überprüft.

Das benützte technische Natriumfluoreszein enthielt 79,57% Fluoreszein und 20,43% Asche und war gemäß der durchgeführten chemischen Analyse und biologischer Untersuchungen für den Menschen unschädlich. Das ultraviolette Licht wurde mit Hilfe einer Quecksilberentladungsröhre LUMA Hg 80 W erzeugt und durch ein Jenaer WOOD-Glas filtriert. Die Konzentration des Fluoreszeins in der Lösung wurde durch einen Vergleich der Probleme mit einer aus dem geprüften technischen Fluoreszein und destilliertem Wasser hergestellten Standardlösung ermittelt. Die Wasserlösungen des technischen Fluoreszeins sind beständig. Im schwefelsauren Milieu, dessen Azidität höher als pH 2 ist, tritt eine doppelt bis zehnfache Abnahme der Fluoreszein-

intensität ein. Stark mineralisierte, verfärbte und trübe Grubenwässer sind imstande, die Fluoreszenz zu unterdrücken. Sie ist dann weniger intensiv, als es der tatsächlichen Konzentration des Fluoreszeins entspricht, und manchmal bloß an einem schmalen Streifen der Lösung bei dem WOOD-Filter aufscheinend. Beim Durchsickern der Fluoreszeinlösung durch Sande, Lehme des Alluviums und durch Mylonit wurde keine Unterdrückung der Fluoreszenz festgestellt.

Eine starke bis zur völligen Unterdrückung der Fluoreszenz führende Absorption wurde bei Torf und in Kohlenlagerstätten wahrgenommen. In Gegenwart von Torferde und Sumpferz im Infiltrationsgebiet ist es notwendig, eine Laboratoriumsuntersuchung der Wirkung derselben auf Fluoreszein vor der Entschlußfassung über die Vornahme der Färbungsversuche durchzuführen.

Die Färbungsversuche bestätigten die Ergebnisse der Laboratoriumsversuche und führten zu direkten Beweisen bezüglich der Speisung starker Austritte unterirdischer Wässer in die Grubenstrecken.

Literatur

- CUJEVA, M. N.: Mineralogiceskij analiz slichov. Moskva 1950.
DANCKWORTT, P. W.: Luminiszenzanalyse. Leipzig 1949.
DERIBERE, M.: Les applications de la Luminiscence. Paris 1955.
DOBIAS, J. & S. KLIR: Pouziti fluoresceinu pri vyzkumu hydrogeologickych pomeru rudného loziska. Jb. Inst. f. Erforsch., Jg. II, Praha 1958.
GENET, E.: Note sur les déterminations de cheminements liquides souterrains par méthode chimique. Terres et eaux, Paris 1954.
KEGEL, K.: Bergmännische Wasserwirtschaft. Halle 1950.
KEILHACK, K.: Grundwasser- und Quellenkunde. Berlin 1935.
KLUT, W.: Untersuchungen des Wassers an Ort und Stelle. Berlin 1922.

Summary

The paper submitted here deals with the usability of technical sodium fluorescein for dyeing experiments. Of the methods applicable, the simplest were chosen in order to make them easy to conduct in practical mining and to enable the investigation of the flow of subterranean water to be made with a minimum of implements and personnel.

The technical sodium fluorescein used for the experiments contained 79,57% fluorescein and 20,43% ash and was, on chemical analysis and biological examinations, harmless for man. The ultra-violet light was produced with a quick-silver discharge tube LUMA Hg. 80 W and filtered through a Jena WOOD glass. The concentration of the fluorescein in the solution was ascertained by the collation of the sample with a standard solution made of the analysed technical fluorescein and distilled water. The water solutions of the technical fluorescein are resistant to decomposition. In a sulphuric environment with an acidity of more than pH 2, fluorescein intensity decreases double to tenfold. Highly mineralized, discoloured and turbid pit-waters can suppress the fluorescence. No suppression of fluorescence was observed in fluorescein solutions percolating through alluvial sands and clays and through mylonite.

A high degree of absorption leading to complete suppression of fluorescence was observed in peat-soil and beds of coal. Where peat and bog-iron ore are present in the infiltration area, their influence on fluorescein must be analysed in the laboratory before making decisions on dyeing experiments.

Résumé

Le présent travail concerne le problème de la mise en oeuvre de la fluorescéine technique de sodium pour effectuer des expériences de coloration. Parmi les procédés respectifs on a choisi les plus simples afin de pouvoir les réaliser aisément afin d'étudier la circulation des eaux souterraines par des expériences de coloration, grâce à un équipement aussi modeste que possible en matériel et en main d'oeuvre.

La fluorescéine de sodium technique utilisée contenait 79,57% de fluorescéine et 20,43% de cendre et était selon l'analyse chimique effectuée et selon des examens biologiques, inoffensive pour l'homme. Pour constater la fluorescence, les échantillons d'eau prélevés sont examinés par exposition aux rayons ultraviolets à une longueur d'ondes d'à peu près 3660 Å.

La lumière ultraviolette était produite au moyen d'un tube de décharge au mercure LUMA Hg 80 W et filtrée par un verre Jena WOOD-GLAS. La concentration de la fluorescéine dans la solution fut constatée en comparant l'échantillon avec une solution standard faite de la fluorescéine technique contrôlée et d'eau distillée. Les solutions dans l'eau de la fluorescéine technique sont permanentes. Dans le milieu sulfaté dont l'acidité est supérieure à pH 2, l'intensité de fluorescéine diminue de 2 à 10 fois. Des eaux d'infiltration fortement minéralisées, déteintes et troublées peuvent supprimer la fluorescence. Aucune suppression de la fluorescence ne fut constatée après suintement de la solution de fluorescéine à travers les sables, les limons de l'alluvion et à travers la mylonite.

Une absorption sensible allant jusqu'à la suppression totale de la fluorescence fut constatée dans des tourbières et des gisements houillers. En présence de tourbe et de minerai des marais, il faut, avant de procéder à des expériences de coloration, examiner par une expérimentation en laboratoire leur effet produit sur la fluorescéine.