

Der Einsatz von Färbeversuchen unter der Verwendung von Uranin im Untertagebetrieb des Ruhrbergbaues und seine Handhabung

Von H. J. CLASSEN (Bochum)

Während Wasser zum Gedeihen von Fauna und Flora erforderlich ist und sein Vorkommen besonders in den ariden Zonen eine Lebensfrage bedeutet, wurde Wasser im Bergbau eigentlich zu allen Zeiten nur ungern gesehen, da es die Gewinnungsarbeiten erschwert. Insbesondere die Steinkohlenzechen im Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenrevier haben unter mehr oder weniger großen Wasserzuflüssen zu leiden. W. SEMMLER hat darüber unter anderem 1955 unter der Überschrift „Die Grubenwasserzuflüsse im Ruhrbergbau und ihre Abhängigkeit von den Niederschlägen“ sowie 1960 in seiner Abhandlung „Über die Herkunft der Grubenwasserzuflüsse im Ruhrgebiet“ berichtet. Während in früheren Jahren die Wasserzuflüsse als unabänderlich betrachtet und hingenommen wurden, hat sich mit zunehmender Mechanisierung im Bergbau die Notwendigkeit ergeben, die Grubenwasserzuflüsse unter Kontrolle zu bringen.

Naturgemäß reagiert ein Abbaubetrieb, der von Hand betrieben wird, ganz besonders auf das Ausfließen von Wasser im Streb. Die Leistung geht rapid zurück. Aber auch im vollmechanisierten Abbaubetrieb treten dann vermehrt Betriebsstörungen auf. Während im ersten Fall die menschliche Anpassungsfähigkeit lokale Schwierigkeiten überwindet, gerät demgegenüber die reine Technik ins Hintertreffen. So kam es, daß mit zunehmender Rationalisierung immer mehr darauf geachtet werden mußte, insbesondere die Abbaubetriebe trocken zu halten. Darüber hinaus stellt die Hebung des anfallenden Grubenwassers pro Tonne Förderung eine nicht zu unterschätzende wirtschaftliche Belastung dar. Die Folge davon ist, daß die Betriebsführung bemüht ist, hier Einsparungen vorzunehmen. Während noch vor rund zwanzig Jahren die „Bergmännische Wasserwirtschaft“ wenig Beachtung fand, hat sich das in neuerer Zeit gewandelt. An einer Tech-

nischen Hochschule in der Bundesrepublik wird Bergmännische Wasserwirtschaft gelesen, und außerdem hat die Westfälische Berggewerkschaftskasse in Bochum ein eigenes Institut für Wasserwirtschaft und Hydrogeologie eingerichtet, in dem diese Probleme vorsorglich behandelt werden.

Das Verfahren, Salz oder Farbstoff in das Wasser einzuleiten, um dadurch bisher unbekannte hydraulische Zusammenhänge aufzuklären, ist nicht neu. Hierbei sei nur an die große Donauversickerung erinnert, die durch Färbungen nachgewiesen wurde. Der Einsatz von Salz bzw. Farbstoff hat aber im allgemeinen den Nachteil, daß das hiermit versetzte Wasser Qualitätseinbußen erleidet und im Unterlauf entweder versalzen oder aber gefärbt auftritt. Hierdurch bedingt, ist der Einsatz dieser Erkundungsmittel übertage nur beschränkt möglich. Demgegenüber läßt sich die Eingabe von radioaktiven Isotopen in das Wasser von dritter Stelle ohne technische Hilfsmittel nicht feststellen. Diese Methode ist aber, gerade weil die hydrologischen Verhältnisse am Einsatzort unbekannt sind, wegen der damit verbundenen Inponderabilität bezüglich der Laufzeit und in Zusammenhang mit der Halbwertszeit des eingesetzten Isotops nicht immer unbedenklich.

Bei den Untersuchungen des Instituts für Wasserwirtschaft und Hydrogeologie der Westfälischen Berggewerkschaftskasse in Bochum wurde bisher von dem Einsatz radioaktiver Isotope abgesehen und einem Farbstoff bei der Erkundung von untertage verlaufenden Wasserwegen der Vorzug gegeben. An einen solchen Farbstoff müssen gewisse Forderungen gestellt werden. Er sollte im hohen Grade filterbeständig, ungiftig, leicht in Wasser löslich und auch bei starker Verdünnung noch nachweisbar sein. Endlich ist es wünschenswert, daß der Farbstoff durch die normalerweise im Grundwasser gelösten Mineralien nicht rasch zerstört wird. Diese Anforderungen werden nach unseren Erfahrungen weitgehend von dem Farbstoff Uranin erfüllt. Nach einer Veröffentlichung von W. SEMMLER stellt der Farbstoff Uranin das Natriumsalz des Fluoreszeins dar. Im festen Zustand handelt es sich dabei um ein dunkelrotes bis braunes Pulver, das sich bei Berührung mit Wasser in großer Konzentration mit einer rostbraunen Färbung löst. Mit zunehmender Verdünnung geht der Farbstoff jedoch in eine hellgrüne, stark leuchtende Lösung über. Diese grüne Farbe mit der starken Fluoreszenz ist die Ursache für seine gute Verwendbarkeit im Ruhrbergbau. Die Verdünnung des Farbstoffes ist noch bei einem Verhältnis von 1 : 50 Millionen mit dem bloßen Auge nachweisbar. Mit dem Nephelometer sind noch Verdünnungen von 1 : 100 Millionen nachzuweisen.

Ehe der eigentliche Färbeversuch eingeleitet wird, ist es erforderlich, sich an Ort und Stelle über die Menge und die Beschaffenheit des anzufärbenden Wassers zu unterrichten. Dabei muß besonders die hydrologische Situation der Anfärbestelle erkundet werden. Je größer

die Wassermenge und die Fließgeschwindigkeit des zu färbenden Mediums, um so größer muß auch die Farbkonzentration sein, und um so länger muß eingefärbt werden. Mitunter sind auch zunächst Durchlässigkeits- und Absorptionsversuche erforderlich, wie sie von R. SCHMIDT, Essen, 1960 beschrieben wurden. Um die Menge des Farbstoffes ungefähr anzugeben, die bisher bei Färbeversuchen des Instituts verbraucht wurden, kann man sagen, daß im Durchschnitt bei Färbeversuchen an Wasserseigen und kleineren Wasserläufen übertage durchschnittlich 2 bis 4 kg Uranin, beim Färben von Sümpfen und größeren Standwassermengen 6 bis 8 kg Uranin und mehr verbraucht wurden. Das Uranin wird zweckmäßigerweise zunächst in einem Behälter angerührt und dann in einem ununterbrochenen Farbfaden dem fließenden Gewässer beigelegt. Bei Standwässern ist auf technischem Wege für eine Durchmischung zu sorgen, wobei sich Preßluftgebläse bewährt haben. Um einen Anhalt dafür zu gewinnen, ob die Konzentration der Anfärbung richtig gewählt wurde, kann man sagen, daß z. B. beim Färben einer Wasserseige etwa 20 m unterhalb der Färbestelle das Wasser dunkelgrün aussehen muß. Ist seine Farbe nur hellgrün, so sollte mehr Farbstoff zugesetzt werden. In den Mischbottichen hat es sich als zweckmäßig erwiesen, eine Konzentration von 1 : 10.000, d. h. 1 g Farbstoff auf 10 l Wasser, anzusetzen. Eine feste Regel für die Dauer des Färbeversuches, für die dabei benötigte Menge des Farbstoffes und insbesondere für die Dauer der sich anschließenden Probeentnahme läßt sich nicht geben. Dieses muß von Fall zu Fall gesondert entschieden werden. Ausschlaggebend für das Gelingen eines Färbeversuches ist in jedem Fall, wieweit das geohydrologische Bild, das sich der Versuchsleiter von den Gegebenheiten gemacht hat, mit der Wirklichkeit übereinstimmt. Auch die Qualität des Wassers, das gefärbt werden soll, spielt bei der Durchführung eines Färbeversuches eine wesentliche Rolle. Schmutzige Gewässer mit vielen Schwebeteilchen neigen dazu, den Farbstoff verklumpen zu lassen. Das Färbemittel wird sodann nur zu einem Bruchteil gelöst und unterliegt aus diesem Grund beim Versickern im Schiefertone bzw. feinporigen Sandsteinpartien einer starken Filtration. Diese Filtration ist aber nicht gegeben, wenn das Färbemittel voraus in Lösung gehen kann. Erfahrungsgemäß tritt eine Verklumpung des Färbemittels häufig bei Färbeversuchen in Sumpfuerschlügen auf. Auch die chemische Zusammensetzung des Wassers kann sich negativ auf einen Färbeversuch auswirken. So wird die Farbkraft des Uranin stark vermindert, wenn das Wasser sauer ist. Je nach dem Grad der Säuerung müssen dementsprechende Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Es hat sich als praktisch erwiesen, vor Beginn des Anfärbens von Sümpfen diese zuvor mit Ätznatron zu neutralisieren. Empfehlenswert ist es außerdem, vor jedem Färbeversuch in der Praxis zunächst einmal einen Vorversuch mit dem Originalwasser im Laboratorium vorzunehmen.

Dadurch lassen sich Störungen am Tag des Hauptversuches vermeiden. Nach dem eigentlichen Färben ist es erforderlich, über einen mehr oder weniger langen Zeitraum hin, Wasserproben an den Stellen zu entnehmen, an denen man mit dem Auftreten von gefärbtem Wasser rechnen kann. Dabei muß berücksichtigt werden, daß es bei starken Verdünnungen von Uranin, etwa bei einem Verhältnis 1 : 60 Millionen, nicht mehr möglich ist, den Farbstoff mit dem bloßen Auge zu erkennen. Daraus folgt, daß auch scheinbar farblose Wasserproben dennoch Uranin enthalten können. Aus diesem Grund sollen auch dann noch Proben entnommen werden, wenn sich mit bloßem Auge keine Färbung feststellen läßt. Der endgültige Nachweis, ob die Proben Farbstoff enthalten, läßt sich erst im Laboratorium erbringen. Die Dauer der Probenahme wird bestimmt durch die Länge des Weges, den das gefärbte Wasser zu durchmessen hat. Unter Berücksichtigung des anstehenden Gesteins, ferner unter Berücksichtigung der Fließgeschwindigkeit des Wassers unter Einbezug der Entfernung der mutmaßlichen Austrittsstellen vom Ort der Einfärbung muß der Hydrogeologe unter Berücksichtigung der bisher gemachten Erfahrungen entscheiden, wie lang eine Probeentnahme sinnvoll ist. Berechnen kann man dieses nicht, da zu viele Unbekannte hierbei vorhanden sind. Immerhin gibt die vorhandene Wassermenge einen gewissen Anhalt.

Die Wasserproben werden im Laboratorium zunächst so lange gefiltert, bis etwa vorhandene Schwebestoffe entfernt sind und das Wasser der Probe mechanisch völlig geklärt ist. Dabei kann es vorkommen, daß einzelne Proben wegen der möglichen Gelbildung bis zu 10mal filtriert werden müssen. Anschließend werden sie im Nephelometer auf ihren Gehalt an Farbstoff untersucht. Dabei wird das in der Probe gelöste Uranin durch Bestrahlen mittels ultravioletten Lichtes angeregt. Ein Verfahren, das W. SEMMLER übrigens schon in den dreißiger Jahren an der Saar mittels einer Höhensonne angewendet hat.

Die Nephelometrie beruht im Prinzip darauf, den Winkel zu messen, der dann entsteht, wenn ein Lichtstrahl in einem lichtstreuenden Medium gebrochen wird. Aus dem gemessenen Ablenkungswinkel lassen sich dann Rückschlüsse auf die Konzentration des streuenden Mediums ziehen. Die Grundlage dieser Meßmethode ist der Tyndall-Effekt. Gerade wegen dieses Effektes muß aber darauf hingewiesen werden, daß nur wirklich mechanisch reine Wasserproben untersucht werden können. Auch starke Salzkonzentrationen im Untersuchungswasser haben schon erhöhte Winkelwerte zur Folge gehabt. Aus diesem Grunde ist es ratsam, schon vor Beginn des Färbeversuches von jeder möglichen Probeentnahmestelle eine Wasserprobe zu entnehmen, deren Winkelwerte dann jeweils den Ausgangswert liefern. Wenn man auch die Konzentration des Farbstoffes der Wasserproben ermitteln kann, so liegt doch das Schwergewicht bei diesen Untersuchungen dar-

auf, festzustellen, ob überhaupt Farbstoff in der Probe vorhanden ist oder nicht. Da aber die Empfindlichkeit des Nephelometers nur bis zu einer Verdünnung von 1 : 100 Millionen reicht, bei ungünstigen Versuchsbedingungen aber noch höhere Verdünnungen erwartet werden müssen, soll kurz noch ein anderes Verfahren zur Farbstoffbestimmung geschildert werden, nach dem Verdünnungen im Verhältnis bis 1 : 4 Milliarden untersucht werden.

Es handelt sich hierbei um das Verfahren nach MAYERHOFER. Bei diesem Verfahren werden jeweils 3 bis 4 Liter des Untersuchungswassers mit 3 g aktiver Tierkohle versetzt und 15 Minuten gut durchgeschüttelt. Sodann wird die Kohle abfiltriert und mit 10 ccm Alkohol, denen einige Tropfen Alkali zugesetzt sind, ausgezogen. In dem so gewonnenen Auszug ist Uranin bei Anwesenheit mit dem bloßen Auge zu erkennen.

Wir kommen nun zu der Beurteilung der Auswertung von Färbeversuchen. Wenn der Färbeversuch positiv verlaufen ist, d. h. wenn der dem Untersuchungswasser beigegebene Farbstoff an den Stellen ausgetreten ist, an denen er erwartet wurde, dann ist mit Sicherheit der Nachweis erbracht, daß zwischen diesen beiden Stellen eine hydrologische Verbindung besteht.

Wenn dagegen der Färbeversuch negativ verlaufen ist, d. h. wenn das gefärbte Wasser an den Probeentnahmestellen nicht nachweisbar war, dann ist die Aussage dieses Versuches nicht eindeutig. In diesem Falle ist unbekannt, ob die Probeentnahme abgebrochen wurde, ehe das Wasser ankommen konnte, oder aber ob das gefärbte Wasser tatsächlich andere Wege geht. Im ersteren Falle wäre also eine Wiederholung des Färbeversuches mit größerer Farbstoffmenge unter wesentlich längerer Probeentnahmezeit zu empfehlen.

Im Untertagebetrieb ergibt sich eine Menge von Anwendungsmöglichkeiten für diesen Farbstoff. Aus den Erfahrungen, die das Institut für Wasserwirtschaft und Hydrogeologie im Laufe der Jahre gesammelt hat, sei es gestattet, einige dieser Möglichkeiten auch an Beispielen kurz darzulegen. Grundsätzlich muß hierzu folgendes gesagt werden: Jede Steinkohlenzeche sollte aus betrieblichen und wirtschaftlichen Gründen bemüht sein, das von übertage stammende und dem Grubengebäude zufließende Wasser (das Oberflächenwasser sowie das im Deckgebirge fließende Grundwasser) möglichst auf der obersten Sohle bereits abzufangen und nach übertage zu pumpen. Je weiter ein solches Wasser zu den tiefer gelegenen Sohlen vordringt, um so höhere Kosten entstehen, da es ja aus immer größeren Tiefen gehoben werden muß. Diese Belastungen spielten zu den Zeiten hoher Konjunktur im Steinkohlenbergbau nur eine untergeordnete Rolle. Die Konjunktur im Bergbau aber ist vorüber. Als Erbe aus dieser Zeit verblieben viele ungelöste Probleme der Bergmännischen Wasserwirtschaft.

Ein besonderes Problem untertage bildet die Sammlung und Abführung des Grubenwassers bis zur Speicherung im Pumpensumpf. Dies geschieht in den sogenannten Wasserseigen. Diese Wasserseigen sind nichts anderes als an der Strosse der Strecken angelegte Gräben, die mitunter zusätzlich mit Betonformsteinen ausgekleidet sind und mit einem Gefälle von 1 : 500 bis 1 : 1000 zum Pumpensumpf einfallen. Wird eine solche Seige unterbaut und dadurch der Gesteinsverband gelockert oder gar durch Klüfte aufgerissen, so fließen die Wässer in der Wasserseige diesen neuen Öffnungen nach und können in einem darunter gelegenen Abbaubetrieb erscheinen. Ähnlich verhält es sich mit Pumpensümpfen auf oberen Sohlen, die manchmal Jahre hindurch, ohne daß es bekannt ist, ihr Wasser an darunter gelegene Grubenbaue abgeben. Solche Kontakterscheinungen im Entwässerungssystem einer Steinkohlenzeche werden durch Färbeversuche nachgewiesen und durch betriebliche Maßnahmen sodann abgestellt. Gerade dieser interne Kreislauf des Grubenwassers kann zu Kostensteigerungen in der Wasserhaltung führen. So wurde u. a. von unserem Institut bei einer Steinkohlenzeche im südwestlichen Ruhrgebiet festgestellt, daß ein Drittel des an die Tagesoberfläche gehobenen Wassers dort, noch bevor es den Vorfluter erreichen konnte, durch Klüfte wieder in das Grubengebäude gelangt. Damit war ein perfekter Wasserkreislauf nachgewiesen. Während dieser Nachweis bereits durch vergleichende Mengenummessung erbracht wurde, war im folgenden Beispiel ein Färbeversuch erforderlich, um Gewißheit über die hydrologischen Zusammenhänge zu gewinnen.

Auf einer Schachtanlage im östlichen Ruhrgebiet bestand die Vermutung, daß ein in einem Abbaubetrieb aufgetretener Wasserzufluß mit einem von diesem Abbaubetrieb ca. 300 m entfernten Standwasser in Verbindung stehen könnte. Da sich das gebaute Flöz im Liegenden dieses Standwassers befindet und gleichzeitig im Hangenden das Streckenstück, in dem das Standwasser angestaut ist, durchstreicht, erschien es der Betriebsführung denkbar, daß hier eine hydraulische Verbindung bestehen könnte. Das Institut für Wasserwirtschaft und Hydrogeologie wurde daher beauftragt, das Standwasser zu färben, um diesen Zusammenhang zu klären. Die Strecke, in der das Standwasser steht, ist mit einem Damm gegen das übrige Grubengebäude abgedämmt. Zwei Standrohre sind in diesen Damm eingebracht, von denen das erste etwa 1.50 m über Schienenoberkante, das andere im Niveau der Sohle angebracht ist. Bei Öffnen des oberen Rohres floß Wasser ohne Druck aus demselben aus. Von diesem Wasser wurde zunächst eine Probe entnommen und mit ihr der Vorversuch im Laboratorium des Instituts durchgeführt. Dabei stellte es sich heraus, daß das Wasser trotz seiner leicht sauren Beschaffenheit, pH-Wert 6 bis 7, den Farb-

stoff ohne Verklumpung auflöste und auch über mehrere Wochen hinweg der Farbstoff gut sichtbar in dem Wasser erhalten blieb. Daraufhin konnte der Hauptfärbeversuch eingeleitet werden. Die technische Schwierigkeit bei diesem Versuch bestand darin, daß ein durch den Damm abgeschlossenes, nur annäherungsweise größtmäßig zu bestimmendes Wasservorkommen angefärbt werden mußte. Ein Zugang von dritter Seite zu diesem Standwasser war nicht möglich. Es wurde daraufhin beschlossen, vor dem Damm eine Kreiselpumpe aufzustellen und das gelöste Färbemittel durch die obere Rohrleitung hinter den Damm zu fördern. Dabei wurden wegen der Menge des Standwassers 9 kg Farbstoff gelöst und, mit einer vielfachen Menge Wassers versetzt, hinter den Damm gepumpt. Die Einleitung des Farbstoffes dauerte dabei 6 Stunden. Auf diese Weise war der Farbstoff zwar mit dem Standwasser in Berührung gekommen, es war aber noch nicht erreicht worden, daß sich der Farbstoff auch über die Länge der wassererfüllten Strecke hin mit dem Standwasser vermischen würde. Hierzu war noch eine andere Vorkehrung erforderlich. Nach Beendigung der Einleitung wurde die Preßluftleitung an die untere Rohrleitung im Damm angeschlagen und während etwa 30 Minuten voll aufgedreht. Hierdurch sollte eine weitgehende Verteilung des Farbstoffes erzeugt werden. Diese Vorkehrung war von besonderer Bedeutung, weil die vermutliche Sickerstelle in der Standwasserregion vom Ort der Einleitung ca. 50 m entfernt lag. Am darauffolgenden Tag wurde mit der Probeentnahme begonnen, nachdem vor der Einleitung des Farbstoffes bereits Blindproben von den einzelnen Probeentnahmestellen gezogen worden waren. Die Probeentnahme wurde täglich durchgeführt und erstreckte sich über einen Zeitraum von 4 Wochen. Die Proben wurden sodann aufbereitet und im Nephelometer auf ihren Inhalt an Farbstoff untersucht.

Die Ergebnisse der Untersuchungen ließen bei der Mehrzahl der Proben Farbstoff im Wasser erkennen, wobei jeweils ein Anstieg, ein Farbmaximum und dann ein Nachlassen der Färbung festgestellt werden konnte. Damit war der Färbeversuch positiv verlaufen, d. h. es besteht demnach eine sichere hydraulische Verbindung zwischen der Eingabestelle und den Probeentnahmestellen, an denen Farbstoff festgestellt wurde.

Die Färbeversuche, die das Institut für Wasserwirtschaft und Hydrogeologie der Westfälischen Berggewerkschaftskasse seit vielen Jahren mit dem Farbstoff Uranin im Untertagebetrieb des Steinkohlenbergbaues durchgeführt hat, haben ergeben, daß diese bei methodischer Durchführung ein bewährtes Mittel sind, um hydrologische Zusammenhänge aufzuklären.

Literatur

- CLASSEN, H. J.: Methodik und Beispiele von Färbeversuchen. Zeitschr. Deutsche Geol. Ges., Jahrg. 1964, Hannover 1964.
- SCHMIDT, R.: Durchlässigkeits- und Absorptionsversuche zur Vorbereitung eines Färbeversuches mit Uranin AP. Technische Mitteilungen, 51, Essen 1958.
- SEMMLER, W.: Färbeversuche zur Ermittlung hydraulischer Zusammenhänge im Bergbau mit Uranin AP. Glückauf, 89, Essen 1953.
- SEMMLER, W.: Die Grubenwasserzuflüsse im Bergbau und ihre Abhängigkeit von den Niederschlägen. Bergbau, 8, Essen 1955.
- SEMMLER, W.: Färbeversuche mit Uranin AP im Bergbau. Technische Mitteilungen, 49, Essen 1956.
- SEMMLER, W.: Die Herkunft der Grubenwasserzuflüsse im Ruhrgebiet. Glückauf, 96, Essen 1960.

Summary

The importance of scientific research in the collieris of the Rheinland-Westphalien industrial area is stressed. Knowledge of the waters circulating in the mine and of their origin and quantity is decisive for exercising planned control of their movement in the mine. Marking the water with certain materials is an expedient for the investigation of hydrological connections. Of the many materials usable for marking, uranine has best stood the test. Its advantages over other colouring materials are proved. The preparation of a colouring experiment, its performance, the collection and dressing of the samples are described in detail. The colouring experiment with positive results is unambiguous; the experiment with negative results, however, allows of several explanations which may under certain circumstances necessitate its repetition. Of numerous colouring experiments carried out by the "Institut für Wasserwirtschaft und Hydrogeologie der Westfälischen Berggewerkschaftskasse" in recent years, some are demonstrated in order to illustrate the statements made above.

Résumé

L'importance de recherches scientifiques dans l'exploitation au fond des houillères dans la région industrielle de la Rhénanie-Westphalie sera mise en évidence. Pour mettre en pratique une économie hydrologique planifiée dans l'exploitation au fond portant sur une installation de puits, la connaissance des eaux circulant dans la mine, leur origine et leur quantité est décisive. Le marquage de l'eau au moyen de certaines substances qui permettent de la mettre en évidence en tout autre lieu, est une méthode de mise en évidence de relations hydrologiques. Parmi les nombreuses substances qui se prêtent au marquage, le colorant uranine s'est particulièrement distingué. Ses qualités par rapport à d'autres méthodes de coloration seront expliquées. Comment préparer et exécuter un essai de coloration, le prélèvement d'échantillon et l'exploitation des échantillons d'eau sera expliqué en détail. L'essai ayant donné un résultat positif démontre une communication hydrologique entre l'endroit de coloration et celui du prélèvement d'échantillon. D'autre part, l'essai à résultat négatif admet plusieurs explications qui, selon les circonstances, nécessitent la reprise de l'essai de coloration. Quelques exemples pratiques montrant de nombreuses expériences de coloration réalisées, ces dernières années, par l'Institut d'économie hydrologique et d'Hydrogéologie de la Caisse du Syndicat minier en Westphalie expliquent en détail l'exposé précédent.

Diskussion

W. KÄSS: 1. Welche Gründe veranlassen Sie, die Farbe nicht stoßweise, sondern sukzessive einzugeben? — 2. Manchmal ist es doch sinnvoll, die Farbe in ungelöstem Zustand beizugeben, um in Klüften eine möglichst konzentrierte Lösung zur Versickerung zu bringen. In diesem Fall ist freilich eine exakte quantitative Auswertung nicht möglich.

H. J. CLASSEN: Zu 1.: Wir haben das Prinzip der Farbfahnen angewendet, weil wir unter Tage mit der menschlichen Unzulänglichkeit rechnen müssen und nicht alle Entnahmestellen mit Aufsichtspersonen besetzen können. Wir müssen deshalb versuchen, die Farbaustritte in die Länge zu ziehen. — Zu Punkt 2: Die Grubenwässer sind im allgemeinen so sehr verschmutzt, daß eine direkte Eingabe des Uranins in Pulverform zu Verklumpungen führt, wodurch keine Versickerung des Farbstoffes eintreten würde.