

## Hydrogeologische Ergebnisse mit Färbversuchen im Kupferschieferbergbau der Mansfelder Mulde

KLAUS LIEBISCH, Eisleben, & WALTER REMUS, Sangerhausen

### Einleitung

Im Zuge eines größeren langjährigen Programms zur Erforschung der Hydrogeologie der Mansfelder Mulde, das JUNG & REMUS (1964) näher erläutert haben, wurden zur Klärung hydrogeologischer Details auch Färbversuche vorgenommen.

Obwohl im Kupferschieferbergbau generell etwas anders geartete geologische und hydrogeologische Verhältnisse vorliegen als in den klassischen Karstgebieten, in denen unter anderem DOBRÁŠ & KLÍR (1957), MAURIN & ZÖRZ (1959) und BUCHTELA u. a. (1964) Tracerversuche

mit Farbstoffen durchführten, konnte die von ihnen angegebene Methodik in angepaßter Form übernommen werden. Als Farbstoff kam das bewährte Uranin (Natrium-Fluoreszein) und bei kleineren Versuchen die sog. C-Säure (2-Naphthylamin-4,8-Disulfosäure) zum Einsatz. Zur Auswertung der Proben wurden eine Quarzlampe und ein Zeiss-Pulfrich-Photomultiometer benutzt.

Von den bei den Versuchen gemachten Erfahrungen scheint die erwähnenswert, daß Probeflitschen mit Gummistopfen nicht benutzt werden dürfen, da diese bei Berührung mit Probewasser u. U. Fluoreszenzerrscheinungen hervorrufen, die eine schwache Uranin-Fluoreszenz überlagern können.

## Färbversuch am Kuhschluchtsbach

Der erste Färbversuch wurde im Mai 1962 am Kuhschluchtsbach angesetzt.

Dieser Bach entspringt auf dem Hornburger Sattel, überquert in östlicher Richtung das Ausgehende des Zechsteins und fließt dann durch die Gemeinde Helfta über den Salzgraben der Bösen Sieben zu (Abb. 1). Im Grenzbereich Oberrotliegendes/Kupferschieferflöz bzw. Zechsteinkalk hatte man durch Anstau des Baches einen Fischteich angelegt, der sich aber nicht vollständig füllte, da ein großer Teil des zufließenden Wassers in den Untergrund versank.

Die Einfärbung des Teiches erfolgte am 28. Mai 1962 mit 20 kg Uranin. Diese sehr große Farbmenge wurde eingegeben, da keine Anhaltspunkte über die Größenordnung der zu färbenden Wassermengen bestanden. Der Farbstoff verblieb trotz der ständigen Wasserabgabe an den Untergrund relativ lange im Teich. Bis zum 15. Juni waren unter der Quarzlampe noch Farbspuren nachzuweisen.

Die einen Tag nach der Einfärbung beginnende untertägige Probenahme (es wurden dreimal täglich Proben entnommen) fand an folgenden Punkten statt:

in der 2. Sohle des Otto-Helm-Schachtes an mehreren Wasserzuflüssen ca. 500–1000 m nordwestlich der Einfärbstelle, am Otto-Helm-Schacht über Tage an der Einspeisung des öffentlichen Netzes, am Auslauf des Hermannschächter Kapsfeldes, am Mundloch des Froschmühlenstollens.

Drei Tage nach der Einfärbung, also am 31. Mai 1962, konnten an den Wasserzuflüssen in der 2. Sohle des Otto-Helm-Schachtes zuerst schwache, später dann auch mit dem bloßen Auge gut sichtbare Farbspuren festgestellt werden. Sie erreichten bis zum 3. Juni 1962 ihre höchste Konzentration, behielten diese im wesentlichen bis zum 16. Juni bei, um dann rasch abzuklingen.

Das Auftreten des Farbstoffs an der Einspeisung in das öffentliche Netz am Otto-Helm-Schacht über Tage verlief ähnlich wie bei den Wasserzuflüssen in der 2. Sohle. Allerdings waren an dieser Stelle die Konzentrationen geringer, da die Wässer an der Einspeisungsstelle durch nichteingefärbte Wässer verdünnt werden.

In den Wässern, die ständig in einer Menge von ca. 1 m<sup>3</sup>/min aus dem Hermannschächter Kapsfeld ausschließen, konnte kein Uranin nachgewiesen werden. Der größte Teil (ca. 70%) der aus dem Kapsfeld fließenden Wassermengen dringt durch die Schachtröhren der Hermannschächter aus dem Buntsandstein ein und kommt so mit dem Farbstoff nicht in Berührung. Dadurch ist die Verdünnung im Kapsfeld sicherlich so groß, daß keine Farbspuren mehr nachgewiesen werden können.

Auch im Wasser des Froschmühlenstollens waren keine Farbspuren nachzuweisen. Obwohl dieser Stollen nur 500 m östlich der Einfärbstelle verläuft, konnten die im Niveau des Kupferschieferflözes versinkenden Wässer nicht in ihn eindringen, da er im Bereich des Fischteiches weit im Hangenden des Flözes aufgefahrene ist.

Der durchgeführte Färbversuch wies nach, daß das sichtbar an einer Stelle im Grenzbereich Oberrotliegendes/Zechstein in den Untergrund abgegebene Wasser auf dem Liegenden des Flözes bis in die Grubenbaue der oberen Sohlen vordringt. Es ist mit Sicherheit

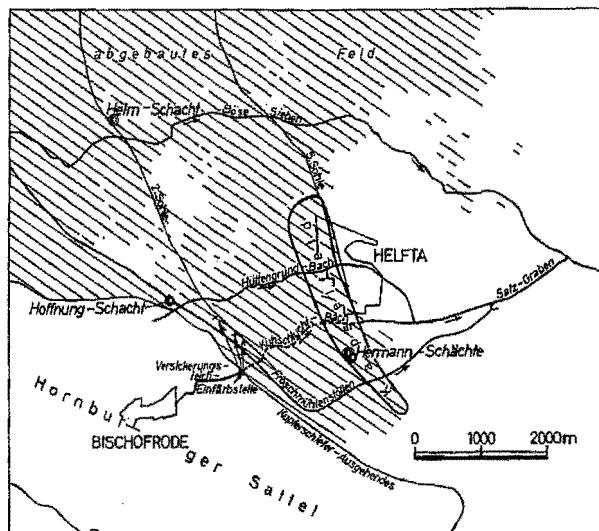


Abb. 1. Beispiel einer Bachversickerung am Zechsteinausstrich

x – Salzwassertrassen mit deutlicher Gräuführung

anzunehmen, daß auch bei anderen Bächen, die das Ausgehende queren und bei denen Wasserverluste bis zu 50% gemessen wurden (REMUS 1963), wie überhaupt am gesamten Muldenrand ähnliche Verhältnisse bestehen. Deshalb muß darauf geachtet werden, daß Abwässer nicht in diesen Versickerungs- und Versinkungsbereich gelangen, wie es bei der Gemeinde Bischofrode der Fall war. Ein Teil der Abwässer dieser Gemeinde wurde in den Kuhschluchtsbach abgeleitet und konnte so, wenn auch während der Wanderung durch das Gebirge z. T. filtriert, in die Trink- und Brauchwasserversorgung gelangen.

## Färbversuch am Freiesleben-Schacht

Ein weiterer größerer Tracerversuch fand am Versickerungssteich an der Halde des Freiesleben-Schachtes statt. In diese Versickerungsstelle wird bei Trink- und Brauchwassermangel über einen regulierbaren Zufluß Wasser der Wipper eingeleitet. Die Einspeisung bewirkt höchstwahrscheinlich eine Steigerung der vorhandenen untertägigen Wasserzuflüsse, die im Grubenfeld oberhalb des Schlüsselstollens liegen (Abb. 2). Bei ihrer Wanderung durch das in der Wipperaue abgelagerte Lockergebirge und den darunterliegenden Buntsandstein und Zechstein werden die relativ verunreinigten Wipperwässer so filtriert, daß sie ohne besondere Aufbereitung genutzt werden können.

Erfahrungsgemäß dauert es etwa sieben Tage, bis nach einer Wassereinspeisung die erhöhten Zuflüsse in den Grubenbauern auftreten. Da am Tage etwa 4500 m<sup>3</sup> Wasser künstlich zur Versickerung gebracht werden können, mußten entsprechend der empirisch ermittelten Wasserwanderungszeit ca. 32 000 m<sup>3</sup> Wasser so markiert werden, daß mit Sicherheit die Färbung nachzuweisen war, besonders wenn man berücksichtigt, daß ein Teil des Uranins bekanntlich in tonigen Sedimenten zurückgehalten wird. Aus diesem Grunde erfolgte die Einfärbung vom 2. Mai 1963 mit der relativ großen Menge von

20 kg Uranin. Um den Farbstoff schnell in den Untergrund eindringen zu lassen, wurde an den nachfolgenden Tagen der Zufluß zum Versickerungssteich unterbrochen. Am 5. des Monats waren im Bodensatz des Teiches nur noch schwache Farbspuren erkennbar. Die Probenahme begann am 6. Mai 1963. Von den in der Abb. 2 näher bezeichneten Punkten (von Wasserzuflüssen aus dem Hangenden des Kupferschieferflözes und aus Wasserläufen auf dem Liegenden der Lagerstätte) wurden täglich 30 cm<sup>3</sup> Wasser entnommen und anschließend mit der Quarzlampe und dem Zeiss-Pulfrich-Photometer untersucht. Diese Arbeiten verliefen bis zum 12. des Monats erfolglos, d. h., Uraninfärbungen wurden nicht erkannt. Erst nachdem man dazu überging, größere Probemengen — 2 l — zunächst einzudampfen (der Farbstoff Uranin wird durch das Eindampfen nicht zerstört; es wird also auf diese Weise eine höhere Farbkonzentration erzielt) und dann zu untersuchen, stellte sich der Erfolg ein. Uraninfärbungen waren bei etwa der Hälfte dieser Wasserproben in der verbliebenen Probe flüssigkeit mit dem bloßen Auge gut zu erkennen. Insgesamt wurden im Zeitraum vom 13. Mai bis zum 6. Juni 1963 15 Wasserproben entnommen und eingedampft.

Ohne Hilfsmittel gut erkennbare Färbungen enthielten die Proben der

Entnahmestelle 3 am 13. und 20. Mai 1963 und der „ „ 6 am 20. Mai, 1., 4. und 6. Juni 1963.

In den Proben der übrigen Entnahmestellen konnten auch nach dem Eindampfen bei der Untersuchung mit der Quarzlampe und mit dem Photometer keine Farbspuren festgestellt werden.

Durch den Färbversuch ergab sich, daß die im Teich des Freieslebenschachtes künstlich zur Versickerung gebrachten Wipperwässer unter Tage im wesentlichen an zwei Stellen in die Grubenbaue eindringen. Die ermittelte Wasserwanderungszeit beträgt 42 Tage. Es ist aber anzunehmen, daß die tatsächliche Wanderungszeit kürzer ist, da, wie oben bereits geschildert, höchstwahrscheinlich nicht der genaue Zeitpunkt des Ein-

setzens der Färbung erfaßt werden konnte. Sicherlich beträgt die tatsächliche Wanderungszeit etwa 7–8 Tage, wie es auch aus der Zeitspanne vom Beginn der künstlichen Versickerung bis zur Erhöhung der untertägigen Zuflüsse hervorgeht. Da im Gegensatz zu dem Traceversuch am Kuhsehluchtstich die Wasserwanderungszeit etwa doppelt so groß ist, ist u. E. der Schluß berechtigt, daß das künstlich versickernde Wasser erst das Grundwasserreservoir des Löckengebirges auffüllt und dann auf ganz speziellen Gerinnen im Zechstein erst bis nach unter Tage vordringt; denn sonst müßten alle in diese Untersuchungen einbezogenen Wasserzuflüsse eine Grünfärbung gezeigt haben. Diese nichtgefärbten sowie alle anderen im Bereich des Freieslebenschachtes vorhandenen Zuflüsse werden zum größten Teil von der Wipper gespeist, die, wie schon oftmals beobachtet, an vielen Stellen ihres Laufes Wasser an den Untergrund abgibt.

### Untertägige Färbversuche

Neben den bisher geschilderten Färbversuchen, die Wasserwanderungen von der Erdoberfläche in das Grubengebäude nachwiesen, kann der Farbstoff Uranin auch unter Tage eingesetzt werden.

Durch Einfärbung von untertägigen Wasserläufen ist es möglich, den Verlauf von Wasserwanderungen auch in schon Jahrzehntelang abgeworfenen und nicht mehr befahrbaren Feldesteilen zu bestimmen. Auch können Färbversuche in besonderen bergtechnischen Situationen dazu beitragen, eine eindeutige Einschätzung über den Gefährlichkeitsgrad plötzlich auftretender Wässer zu ermöglichen. Beide Arten der untertägigen Anwendung des Farbstoffes sollen im nachfolgenden erläutert werden.

Untersuchungen an Wasserläufen in schwer zugänglichen Gebieten machen sich z. B. dann erforderlich, wenn aus oberen Sohlen stammende und durch nicht mehr zu befahrende Feldesteile fließende Wässer auf einen Restpfeiler treffen, der neu in Verlieb genommen werden soll. Ist man in der Lage, den genauen Verlauf der zusitzenden Wässer zu bestimmen, kann man diese schon vor Beginn des Abbaus entweder in den darüberliegenden Sohlen ableiten oder sie vor Erreichen des Pfeilers in Rohrleitungen einbinden und der allgemeinen Wasserhaltung zuführen.

Entsprechend diesen Überlegungen wurde am Ende des Jahres 1965 an einem Restpfeiler in der 5. Sohle des Max-Lademann-Schachtes verfahren. Die aus oberen Sohlen auf den Pfeiler fließenden Wässer traten an vielen Stellen aus den zumeist aus Zechsteinkalk bestehenden Stößen der Sohle aus, setzten diese z. T. unter Wasser und füllten auch die Unterhauen des Sohlenaumes. Durch das Einfärben von Wasserläufen (Fließmengen ca. 60–100 l/min), die, ca. 400–700 m oberhalb der 5. Sohle, im abgebauten Feld noch zugänglich waren, gelang es, für die große Anzahl von Wasseraustrittsstellen in der Sohle drei Ursprungswasserläufe zu ermitteln, die später in Rohrleitungen erfaßt am Pfeiler vorliegeleitet werden konnten.

Für diese Versuche wurden jeweils 0,5–1,0 kg Uranin benutzt. Schon nach wenigen Stunden traten an den Beobachtungsstellen mit dem bloßen Auge gut sichtbare Färbungen auf.

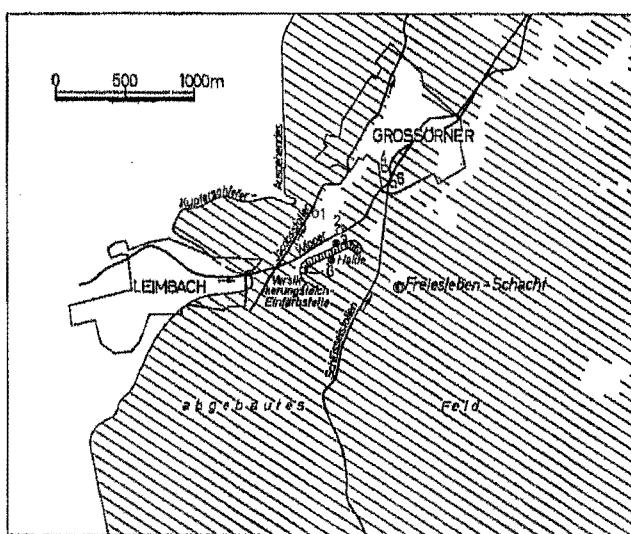


Abb. 2. Beispiel der Wasserwanderung aus dem Grundwasser des Löckengebirges

○ 1 — Probeentnahmepunkte, ⊗ 2 — Probeentnahmepunkte mit Farbspuren

Als Beispiel für den Einsatz des Farbstoffs Uranin bei besonderen bergtechnischen Situationen sollen die Untersuchungen, die nach einem Pfeilerbruch notwendig wurden, erläutert werden.

Im Februar 1962 ging ein Restpfeiler in der 5. Sohle des Max-Lademann-Schachtes explosionsartig zu Bruch. Bei den nachfolgenden Kontrollbefahrungen wurde im abgebauten Feld unterhalb des Bruchgebietes ein bisher unbekannter Wasserlauf entdeckt. Diese Wässer konnten entweder aus dem Hangenden stammen, d. h., durch die Auflockerung des Gebirges im Bruchbereich entstanden möglicherweise Verbindungen zu den an der darüberliegenden Verhüttungsgrenze des Staffurtsteinsalzes zirkulierenden Wässern, oder die aus oberen Sohlen herabfließenden Wässer hatten sich infolge des Bruches einen neuen Abfluß in tiefere Grubenteile gesucht. Da bekannt war, daß die über dem Bruchgebiet verlaufende Wasserabführungsstrecke (Ritzstrecke der 4. Sohle) an einer Stelle undicht war, wurde zuerst dieses herabfließende Wasser mit 1,5 kg Uranin eingefärbt. Noch am selben Tage trat in dem neu entdeckten Wasserlauf eine intensive Grünfärbung auf. Daraus konnte man folgern, daß sich die aus dem Ritz austretenden Wässer infolge des Bruches einen neuen Weg gebahnt hatten, gefährliche Wässer aus dem Hangenden der Lagerstätte aber nicht in die Grubenbaue eindringen.

## Zusammenfassung

Es wird die Durchführung von Färbversuchen mit dem Farbstoff Uranin im Mansfelder Kupferschieferbergbau beschrieben. Mit Hilfe dieser Versuche lassen sich hydrogeologische Teilprobleme klären.

Bei den von über Tage angesetzten Färbungen konnte nachgewiesen werden, daß Wässer einmal direkt im Zechstein ausstrich versinken oder im anderen Falle erst das Grundwasserreservoir im Lockergestein auffüllen, bevor sie in die Grubenbaue eindringen.

Mit den unter Tage durchgeführten Versuchen lassen sich spezielle Fragen der Wasserhaltung klären. Auch können in besonderen Fällen Entscheidungen darüber herbeigeführt werden, ob es sich um gefährliche Wässer aus dem Hangenden der Lagerstätte oder um solche handelt, die sich in höher liegenden Grubenteilen sammeln und dann herabfließen.

## Резюме

Описывается проведение опытов окрашивания с помощью красителя Уранин в разработке медистого сланца в районе Мансфельд. При помощи этих опытов можно выяснить частичные гидрогеологические проблемы.

При заложенных с дневной поверхности окрашиваниях удалось доказать, что воды, с одной стороны, прямо погружаются в выходе цешильяна, или, с другой стороны, сперва заполняют резервуар грунтовых вод в рыхлых отложениях, прежде чем проникать в горные выработки.

С помощью проведенных под дневной поверхностью опытов можно выяснить специальные вопросы водоотлива. Можно также в специальных случаях решать, идет ли речь об опасных водах из кровли месторождения, или о таких, которые накапливаются в выше находящихся участках рудника, а потом стекают.

## Summary

Tests made with the colouring substance "Uranin" in the copper slate mines of Mansfeld are described. They make it possible to solve in part hydrogeological problems.

Tests made above ground have shown that, on the one hand, waters immediately sink into the Zechstein line of outcrop, or, on the other hand, first fill the ground-water reservoir in the loose rock and then penetrate into the underworkings.

By the underground tests special drainage problems can be solved, as can be decided in particular cases whether the waters in question are dangerous ones from the roof of the deposit, or whether they accumulate in higher parts of the mine and then flow down.

## Literatur

- BUCHWALD, K., J. MAIRHOFER, V. MAURIN, T. PARADIMITROPOULAS & J. ZÖRL: Vergleichende Untersuchungen an neuen Methoden zur Verfolgung unterirdischer Wässer. — Die Wasserwirtschaft, 54, S. 260—270, Stuttgart 1964.  
 DORIÁS, J., & S. KLEI: Použití fluorescenční pH výzkumu hydrogeologických poměrů rudného ložiska (Die Anwendung des Fluoreszenz- $\text{pH}$ -Verfahrens bei der Erforschung hydrogeologischer Verhältnisse einer Erzlagerstätte). — Sborník UVR II, Praha 1957.  
 JUNG, W.: Zum subsalinaren Schollenbau im südöstlichen Harzvorland. Mit einigen Gedanken zur Äquidistanz von Schwefelzeonen. — Geologie, 14, H. 3, S. 254—271, Berlin 1965.  
 JUNG, W., & W. REMUS: Methodik und neue Ergebnisse hydrogeologischer Arbeiten im Mansfelder Kupferschieferbergbau. — Abh. Dtseh. Akad. Wiss. Berlin, Kl. f. Bergb., Hüttenw. u. Montangeol., Jg. 1964, Nr. 2, S. 407—416, Berlin 1964.  
 LIEBISON, K.: Die untertägigen Wasserzuflüsse der Mansfelder Mulde. — KdT-Mitt. des VEB Mansfeld-Kombinat W. Pfeick, Eisleben, II. 5/1965 und II. 1/1966.  
 MAURIN, V., & J. ZÖRL: Die Untersuchung der Zusammenhänge unterirdischer Wässer mit besonderer Berücksichtigung der Karstverhältnisse. — Steir. Beitr. z. Hydrogeol. NF, Graz 1969.  
 REMUS, W.: Zum Stand der Kenntnisse über die Hydrogeologie des mitteldeutschen Kupferschieferbergbaus. — Unveröff. Manusk. Mansfeld-Kombinat, Sangerhausen 1968.