© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Elektrische Widerstandsmessungen zur Feststellung der Verbindungswege in Höhlengewässern

von Alexander Schouppé.

Als im heurigen Frühjahr der Gedanke laut geworden war, im Lurhöhlensystem einen großen Chlorierungsversuch zu unternehmen, der auf der Basis quantitativen Chlornachweises aus Wasserproben beruhen sollte, verwirklichte ich meinen, bereits im Jahre 1950 bei der Bundeshöhlenkommission vorgebrachten Vorschlag, derartige Untersuchungen mit Hilfe der physikalischen Methode elektrischer Widerstandsmessungen durchzuführen, da dieselbe einen wesentlich geringeren Kräfteeinsatz erfordert, als auch anderseits sich dadurch die Kosten um ein wesentliches verringern. Im vorliegenden Fall erschien dieser Versuch besonders günstig, als im Falle auftretender technischer Mängel dieser auf diese Weise noch nicht erprobten Methode, durch die vorgesehene und von V. Maurin, J. Gangl und A. Alker umsichtig vorbereitete quantitative Chloruntersuchung der Erfolg des Gesamtversuches keinesfalls gefährdet erschien.

Die Verbindung dieser beiden Methoden brachte jedoch von vornherein bereits den Vorteil, daß die ursprünglich halbstündig zur Analysierung vorgesehene Entnahme der Wasserproben bei verbleibender Einsatzfähigkeit der Instrumente solange auf nur stündliche Probeentnahme reduziert werden konnte, als sich keine Änderung des Widerstandes zeigte. Die Einstellung der Instrumente wurde so gewählt, daß bei einem vorher als Mindestkonzentration geschätzten Salzdurchgang von 1/100 g pro Liter Wasser, sich noch eine leicht ablesbare Widerstandsänderung bemerkbar machen mußte.

Der Versuch, welcher in seiner Gesamtheit von V. Maurin (die chemische Seite von A. Alker) geleitet und in gleicher Zeitschrift beschrieben wurde, begann mit der Einführung von 800 kg Salz in den in das Höhlensystem bei Semriach einfließenden Lurbach (am 10. Mai 1952 um 6,20 Uhr morgens). Festgestellt sollte werden, welches der in das Murtal abfließenden und aus diesem System stammenden Gewässer der Peggauer Seite (Schmelzbach und Laurinsquelle der Peggauer Lurgrotte, Badlbach und Hammerbach) die eigentliche Fortsetzung des bei Semriach in das Höhlensystem einfließenden Lurbaches bildet, bzw. mit diesem in Kommunikation steht. Zu diesem Zwecke wurden vier Beobachtungsstationen aufgebaut, die Station Badlbach (B), Station Hammerbach (H), sowie innerhalb der Lurgrotte die Stationen Schmelzbachursprung (U) und Laurinsquelle (L).

Für die elektrische Meßmethode waren die Stationen B, U, L mit einer einfacheren Apparatur, die Station H jedoch mit einer empfindlicheren Meßeinrichtung ausgestattet, da man schon frü-

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

her die Vermutung hegte, daß der Hammerbach die eigentliche Fortsetzung des Lurbaches darstelle.

Für alle Stationen wurde eine Gleichstrommeßeinrichtung verwendet, da dieselbe sowohl leichter aufzustellen, als auch von ungeschulten Kräften wesentlich leichter zu bedienen und anderseits ihre Zusammenstellung mit geringeren Kosten verbunden ist. Auch ist diese Apparatur leichter transportabel und für Untersuchungen, z. B. in höheren und entlegeneren Gebieten, daher entschieden ratsamer. Vor allem aber mußte man bei diesem Versuch mit einem Dauereinsatz der Instrumente von 4—5 Tagen rechnen, wofür ebenfalls eine Gleichstrom-Einrichtung geeigneter erschien. Als Stromquelle dienten bei allen Stationen Motorradbatterien mit 6 Volt Spannung. Als Elektroden fanden Kupferblechplatten von etwa 50 cm^2 Verwendung (Platinplatten wären natürlich geeigneter, jedoch ist ihre Beschaffung für mehrere Stationen zu schwierig). Die Verbindungen wurden durch einfache Leitungskabel bewerkstelligt. Es wurde also versucht, mit einem möglichst geringen Aufwand an Mitteln, dennoch einen zufriedenstellenden Erfolg zu erzielen.

Als einfachere Meßapparatur wurde bei den drei erstgenannten Stationen (B, L, U) ein Milliamperemeter mit einem Endausschlag von 10 mA gewählt, welcher Meßbereich bei einem angemessenen Elektrodenabstand einen mittleren Instrumentenausschlag von 4—5 mA ergab, was sich für die Ablesung als vorteilhaft erwies.

Schon beim Einführen der Elektroden in die Gewässer, welche einfach an kleine, in das Bachbett gerammte Holzpflöcke befestigt waren, zeigte es sich, daß die Leitfähigkeit der einzelnen in Frage kommenden Gerinne ganz verschieden war. So mußten bei oben erwähnter Wahl des Instrumentenausschlages die Elektroden, z. B. im Badlbach, nur 30 cm entfernt gesetzt werden, bei der Laurinsquelle hingegen schon über 2 m, während beim Schmelzbach die Elektrodenabstände schon über 4 m betrugen. Dies ließ nun bereits von allem Anfang an die Vermutung zu, daß die direkt aus der Peggauer Lurgrotte austretenden Höhlengewässer (vor allem der Schmelzbach) keine direkt mit dem bei Semriach in die Lurgrotte einströmenden Lurbach verbundenen Gerinne darstellen, da diese enorme Leitfähigkeit (großer Elektrodenabstand bei gleichem Ausschlag) nur auf eine höherprozentige Lösung von Ca-Salzen zurückgeführt werden kann, welch letztere nur durch ein weit verzweigtes Einzugsgebiet (Sickerwässer) erreicht werden kann.

Für die Hammerbachquelle endlich, in welcher man von vornherein die wahrscheinliche Austrittsstelle des Lurbaches erblickte, wurde zur Erhöhung der Empfindlichkeit die Widerstandsmessung mit Hilfe einer Wheatstone'schen Brücke durchgeführt. Auch in diesem Falle wurde im Interesse der Vereinfachung der ganzen Meßanordnung dieselbe Gleichstromquelle benützt, desgleichen dieselben Elektroden.

Die Widerstände der Brücke waren so gewählt (siehe Schaltschema Fig. 1), daß sie bei R^1 und R^2 tausend Ohm betrugen, wogegen der Widerstand von R^3 variabel war. Die Elektrodenabstände

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

waren so eingestellt (etwa 1 m), daß bei etwa 800 Ohm die Brücke im Gleichgewicht stand, da die Empfindlichkeit der Brücke am größten ist, wenn ihre sämtlichen Widerstände von der gleichen Größenordnung sind. Als Meßinstrument (O Instrument) wurde ein Mikroamperemeter verwendet. Der variable Widerstand war in Ohm geeicht und seine Anzeige gestattete dadurch, direkt den Widerstand der Wasserstrecke abzulesen, weil die beiden Widerstände R^1 und R^2 gleich groß waren. Damit war für diese Station eine wesentlich verfeinerte Ablesemöglichkeit gegeben.

Während des Versuchsverlaufes (nach etwa 24 Stunden, siehe Fig. 2) zeigte sich nun aber, daß bei allen Stationen eine stete Änderung des Ausschlages der Meßinstrumente einsetzte. In den Stationen U, L und B begannen die Amperemeterausschläge (Stromstärke) dauernd zu sinken, während vor allem in der empfindlichsten Station H das Ohmmeter ein entsprechend schnelleres konstantes Ansteigen des Widerstandes verzeichnete. Es trat also die gegenteilige Reaktion auf, als sie sich bei Durchgang des Salzes zeigen sollte. Dieses Sinken, bzw. Steigen des Ausschlages der Meßgeräte führte allmählich zu einer Gefahr des Ausfallens der Instrumente überhaupt. Diese Veränderungen wurden durch Polarisationserscheinungen hervorgerufen, deren Auswirkung bei diesen fließenden Gerinnen bei weitem nicht so hoch eingeschätzt wurde. Ursache der Polarisation ist die Ionenabscheidung an beiden Elektroden, wodurch es an diesen zu chemischen Reaktionen kommt, welche die Platten in ihrer Leitfähigkeit herabsetzen. So kommt es z. B. an der Anode zur Bildung von Kupferkarbonaten und Kupferchloriden, während die Kathoden infolge der Reaktion von $Ca(OH)_2$ mit dem im Wasser gelösten $Ca(HCO_3)_2$ in kürzester Zeit von $CaCO_3$ überzogen wurden. Dies bewirkte, daß die durchgehende Strommenge sank, bzw. der Widerstand stieg.

Dieses rapide Ansteigen des Widerstandes zeigt z. B. die Kurve a (Fig. 2). Um diese ungewollte und den gesamten Versuch in Frage stellenden Störung zu entgehen, mußten die Elektroden neu gereinigt werden. Außerdem wurde von diesem Zeitpunkt an (11. Mai 1952, 11 Uhr, siehe Fig. 2), z. B. auf der Station H, alle zehn Minuten umgepolt, d. h. Anode und Kathode im Stromkreis vertauscht, wodurch alle 20 Minuten eine gleichgepolte Ablesung erfolgte. Dadurch entstand der große Sprung von Kurve a zu b und c (Fig. 2). Da aber eine vollständige Gleichwertigkeit der inzwischen veränderten Elektroden trotz der Reinigung nicht mehr erreicht werden konnte, ergaben sich von nun an 2 Kurven (b und c), je nachdem ob die normale, oder invers gepolte Schaltung vorlag. Auf jeden Fall aber zeigte sich, daß beide Kurven im wesentlichen wieder in den anfangs gemessenen Widerstandsbereich zurückgerückt sind.

Am 11. Mai 1952 um 15 Uhr zeigen beide Kurven deutlich ein beginnendes Absinken des Widerstandes, worauf sofort eine zehnminutige Probeentnahme des Wassers eingesetzt wurde. Es zeigte sich tatsächlich, daß zur selben Zeit der Chlorgehalt anstieg, d. h. daß das erwartete Salz tatsächlich bei dieser Station langsam durchzuströmen begann. Deutlich zeigen nun die Kurven b und c

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

diesen Salzdurchgang, welcher wieder etwa 32 Stunden andauerte und nach etwa 13 Stunden den Höhepunkt erreichte, welcher in Figur 2 durch den geringsten Widerstand in Kurve b und c, sowie den höchsten Chlorgehalt in Kurve e markiert ist. Ferner sieht man, daß die Kurven b und c sich im Laufe des Versuches allmählich wieder zu einer Kurve vereinigen, was auf ein erreichtes Gleichgewicht der beiden Elektroden zurückzuführen ist. Aus diesen beiden Kurven läßt sich ohne weiteres eine Mittelwertkurve d konstruieren, womit trotz der anfangs störend wirkenden Polarisation ein eindeutiges Ergebnis erreicht werden konnte. In Kurve e sind zum Vergleich die Chlorwerte eingetragen.

Um derartige Störungen bei künftigen Versuchen zu vermeiden, wird eine Meßvorrichtung mit automatischer Umpolung konstruiert werden. Für die diesbezüglichen Anregungen und die geleistete Hilfe sei an dieser Stelle Herrn Prof. L e d i n e g g, sowie Kollegen Dr. O p p i t z und Dr. H a f n e r vom physikalischen Institut herzlichst gedankt.

Auch die übrigen Stationen zeigten Polarisationserscheinungen, die sich jedoch infolge der geringeren Feinheit der Meßeinrichtungen nicht so kraß bemerkbar machten und durch ein einmaliges Umpolen die alten Werte wieder erreicht werden konnten. Die Amperemeter waren weiterhin so schaltbar, daß bei einem eventuellen größeren Salzdurchgang und damit verbundenen größeren Ausschlag die Empfindlichkeit der Instrumente durch Umschaltung auf einen Endausschlag von 100 mA herabgesetzt werden konnte.

Zu einem Salzdurchgang kam es jedoch bei diesen Stationen nicht, womit eindeutig bewiesen ist, daß lediglich der Hammerbach die Fortsetzung des Semriacher Lurbaches darstellt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark

Jahr/Year: 1952

Band/Volume: 81_82

Autor(en)/Author(s): Schouppe Alexander (von)

Artikel/Article: Elektrische Widerstandsmessungen zur Feststellung der Verbindungswege in Höhlengewässern. 183-186