

Ein Beitrag zur Hydrogeologie des Lurhöhlensystems

Die zweite Chlorierung des Lurbaches.

Von Viktor M a u r i n.

Einleitung.

Bei der im November 1926 stattgefundenen kommissionellen Begehung der Semriacher und Peggauer Lurgrotten wurde einstimmig die Notwendigkeit erkannt, daß die Grundlage für alle weiteren Ausbauprojekte der Höhle die Klarstellung der unterirdischen Entwässerungsverhältnisse vom Semriacher Becken zum Murtal sein müßte. Das Bundesdenkmalamt hat daraufhin im Sinne des Kommissionsbeschlusses die Durchführung einer Chlorierung verfügt und den Vorstand des Speläologischen Institutes in Wien, Univ.-Prof. K y r l e, mit der Durchführung betraut. Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft stellte hiefür einen größeren Betrag zur Verfügung.

K y r l e führte seinen Versuch nach umfangreichen theoretischen und praktischen Vorbereitungen in der Zeit vom 18. bis 23. Februar 1927 durch. Das Ergebnis war negativ. Er zog daraus die Folgerung, daß zwischen der Lurbachschwinde und den Riesenquellen bei Peggau keinerlei Zusammenhang nach Art eines Höhlenflusses bei Niederwasser besteht (6).

Bis dahin bestand aber die unwidersprochene Meinung, daß die Wässer, die bei Semriach in der Lurgrotte verschwinden, in den Vaoclusequellen bei Peggau wieder an den Tag treten. Kenner des Lurhöhlensystems konnten sich auch später nicht dieses Eindruckes erwehren. Der Landesverein für Höhlenkunde in Steiermark entschloß sich daher, diesem Problem abermals auf experimenteller Grundlage näherzutreten und setzte für sein Arbeitsprogramm 1951/52 eine neuerliche Chlorierung des Lurbaches fest.

Er war sich der Größe des notwendigen personellen und materiellen Einsatzes voll bewußt und von vorhinein im klaren, daß das geplante Unternehmen nur in einer Gemeinschaftsarbeit, die über seinen engeren Arbeitskreis hinausreicht, möglich sein würde. Weitgehendste Unterstützung seiner Bestrebungen fand er bei den Herren Univ.-Prof. Karl Metz, Inst. für Geologie und Paläontologie, Hochschulprof. Alois H a u s e r, Inst. für Mineralogie und technische Geologie, Univ.-Prof. Hans Spreitzer, Geographisches Inst. und Univ.-Prof. Ernst L e d i n e g g, Inst. für Theoretische Physik.

Direkt am Versuch beteiligt waren 124 freiwillige Mitarbeiter, von denen jeder mindestens eine Achtstundenschicht, viele öfters und einige während der ganzen Dauer des Versuches im Einsatz waren. Jeden einzelnen zu nennen, verbietet die Knappheit des zur Verfügung stehenden Raumes. Hervorgehoben möge aber trotzdem

die erfreuliche Tatsache werden, daß sich in der heutigen, so materialistisch eingestellten Zeit so viele uneigennützig Helfer gefunden haben, die weder körperliche Strapazen, noch eigene Ausgaben scheuten, um der Sache zu dienen. Kein einziger der gemeldeten Mitarbeiter hat seine Zusage nicht eingehalten.

An der Vorbereitung des Versuches waren vor allem Herr Adolf Alker, Herr Univ.-Doz. Alexander Schouppé, Herr Walter Krieg und nicht zuletzt der Obmann des Landesvereines für Höhlenkunde, Herr Johann G a n g l, der vor allem die materiellen Grundlagen schuf, beteiligt.

Allen Mitarbeitern sei auch an dieser Stelle nochmals der beste Dank ausgesprochen. Zu danken ist ferner den Österreichischen Salinen für die kostenlose Überlassung von 800 kg Gewerbesalz, der Lurgrottengesellschaft für die Übernahme der Transportkosten, sowie einer Anzahl hochherziger Spender für ihre Unterstützung.

Vorbereitung und Durchführung des Versuches stand unter Leitung des Berichterstatters. Der Versuch lief in der Zeit vom 9. bis 17. Mai 1952.

Die geologischen Grundlagen.

Das Lurhöhlensystem gehört zum Kerngebiet des mittelsteirischen Karstes und liegt in seiner gesamten Ausdehnung in der „Schöcklkalkenheit“ (5), die ein wesentliches Bauglied des Grazer Paläozoikums darstellt. Diese Einheit wurde im Laufe der geologischen Entwicklung in einzelne Teilschollen zerlegt, deren eine den Tannebenstock zwischen Semriach und dem Murtal bei Peggau aufbaut. Der Südfuß des Hochtrötsch und die steilen Schroffen der Feistritzer Felsenwand wurden erst in geologisch jüngster Zeit durch die Tiefenerosion der Mur und des Badlbaches morphologisch abgetrennt.

Die Tannebenscholle bildet ein riesiges Gewölbe. Im einzelnen ist sie großwellig gefaltet und verschuppt. Im großen gesehen läßt sich nach Westen und Nordwesten hin ein immer stärker werdendes Abfallen der Schichten feststellen, während an der Südostgrenze der Scholle söhliche Lagerung vorherrscht. Begrenzt wird sie fast durchwegs durch steilstehende Störungen, deren Richtungen sich in den ziemlich regelmäßigen Kluftsyste men der ganzen Gegend widerspiegeln (3, 4).

Diese ausgeprägte Klüftung des ansonsten ziemlich massigen und chemisch verhältnismäßig reinen Schöcklkalkes machen das Gebiet zur Verkarstung besonders geneigt. Die vorherrschenden Kluftsyste me haben auch zur Bildung der hohen steilen Felswände, die das Landschaftsbild wesentlich beeinflussen, geführt. Durch in letzter Zeit in der Lurgrotte durchgeführte Untersuchungen, konnte nachgewiesen werden, daß noch im Jungpleistozän germanotype Bewegungen an diesen Kluftsyste men stattgefunden haben (8).

Die Unterlage des Schöcklkalkes bilden die „unteren Schiefer“ und der „Grenzphyllit“. Unter letzterem ist eine in sich tektonisch gemengte tonig-kalkige Gesteinsfazies zu verstehen, die wenigstens

zum Teil dem Devon angehört. In ungestörten Profilen bilden sie das Hangende der ordovicischen Schiefer (5). Die Basis des Schöcklkalkes ist mit diesen und zum Teil auch mit der unterlagernden Grünschieferserie stark verschuppt.

Am Krienerkogel lagert dem Schöcklkalk noch eine Schuppe von unterdevonischem Dolomit und Dolomitsandstein tektonisch auf (Rannachdecke).

Im Semriacher Becken hat Schwinner (10) bereits 1925 einen „gelbgrünlichgrauen fetten Ton mit kohligem Pflanzenresten“ südlich des Marktes Semriach in 750 m Höhe beschrieben. „Fossilien fanden sich nicht, das Gestein aber stimmt so genau zu den benachbarten inneralpinen Tertiärbecken (Passail, Rein, Niederschöckl), daß die Anreihung durch hohe Wahrscheinlichkeit sich rechtfertigt.“ In letzter Zeit konnte durch den Berichtersteller am Zusammenfluß von Lur- und Marktbach in 670 m Höhe ein Aufschluß graublauer glimmerreicher Tegel festgestellt werden. Eine Höhendifferenz von 80 m bei einer Entfernung zwischen den beiden Aufschlüssen von nur einem Kilometer läßt darauf schließen, daß das vermutliche Süßwassermiozän noch beträchtliche Verstellungen mitgemacht hat.

Diese bis in die jüngste Zeit andauernden Bewegungen lassen auch die Einstufung der zahlreichen Terrassen und Verebnungen problematisch erscheinen. Für das auf dem Tannebenplateau und in großen Teilen des Beckens entwickelte Niveau um 750 m wird in der Literatur allgemein pontisch-pliozänes Alter angegeben. Die Entwässerung des Gebietes erfolgte damals nach Süden. Die tiefste Stelle der Überfallkante zum Rötschgraben liegt heute bei 715 m. Für die weitere Ausräumung des Beckens ist der Lurbach verantwortlich zu machen. Da die heutige Lurbachschwinde bei 640 m liegt, beträgt die maximale Tiefenerosion des Baches rund 100 m.

Seit dem Unterpliozän hat sich die Mur aber 350 m tief in ihren Untergrund eingesägt. Aus dieser verschieden starken Tiefenerosion ergibt sich das nötige Gefälle für die Dränage des Tannebenstockes und die unterirdische Entwässerung des Poljes von Semriach nach Westen.

Dem Schöcklkalk zwischengelagerte Graphit- und Grünschiefer, eine in manchen Partien ausgeprägte horizontale Bankung und längere Haltepunkte bei der Tieferlegung der Erosionsbasis führten zur Etagenbildung im Lurhöhlensystem (7).

Die hydrologischen Verhältnisse des Gebietes.

Das oberirdische Einzugsgebiet des Lurbaches deckt sich nur mit einem Teil des Semriacher Beckens, dessen südliche Partien durch den Rötschgraben und Kesselfall direkt zur Mur entwässert werden. Der nördliche, als Polje ausgebildete Anteil des Beckens zerfällt geologisch gesehen in zwei Teile. Erstens in die im wesentlichen von Phylliten unterlagerte größere Osthälfte und zweitens in die aus „Grenzphyllit“, Schöcklkalk und Dolomit aufgebaute Westhälfte.

Die oberflächlich abfließenden Wässer des Poljes werden durch

den Lurbach gesammelt und der Lurhöhle zugeführt (16 km²). Während des letzten Kilometers seines Laufes verliert der Bach durch die Perforation des unterlagernden Schöcklkalkes ständig Wasser. Bei einer am 18. Mai 1952 durchgeführten Vergleichsmessung konnte auf dieser Strecke bei Niederwasser (66,5 l/sec. bei Punkt 666, bzw. 50 l/sec. minus 2 l/sec. Zufluß bei Punkt 640) ein Verlust von 28 Prozent festgestellt werden. Der Grad der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes ist ein wechselnder und es wurde schon des öfteren ein vollständiges Versiegen des Niederwassers an verschiedenen Stellen beobachtet. Die am weitesten aufwärts gelegene Bachschwinde wurde im Sommer 1936 knapp unterhalb Punkt 666 festgestellt.

Auch in der Höhle wählte der noch cirka 200 m verfolgbare Bach in dem verzweigten System im Laufe der Zeit verschiedene Schwinden mit wechselnder Aufnahmefähigkeit. Größere Hochwässer übersteigen eine Schwelle und ergießen sich in den nahezu 5 km langen Höhlenzug, der am Nordende von Peggau wieder an den Tag mündet.

Die letzten 1200 m dieses Hochwasserlaufes werden vom Schmelzbach, einem permanenten Höhlengerinne, durchflossen. Dieser wird am Fuße des Blocksberges aus einem Siphon gedrückt. Durch ihn treten auch kleinere Hochwässer des Lurbaches, die im „3. Siphon“ (z. T. auch schon oberhalb) verschluckt werden, wieder aus. Diese Verbindung wurde durch einwandfreie Beobachtungen festgestellt.

Für das Nieder- und Mittelwasser des Lurbaches hat bereits B o c k (2) einen direkten Zusammenhang mit der am Fuße der Peggauer Wand entspringenden Hammerbachquelle vermutet.

Als weiteres sicheres Einzugsgebiet der Gewässer des Lurhöhlensystems ist die Hochfläche des Tannebenstockes anzusehen. 4 km² dieser Fläche, auf denen noch die alte Flachkuppenlandschaft mit ihrer Überschotterung und entwickelten Dolinenfeldern erhalten ist (2, 11), werden vollständig unterirdisch entwässert. Für die Nord-, Süd- und Westhänge des Tannebenstockes ist eine schätzungsweise Quote von 30 Prozent für den oberirdischen Abfluß abzuziehen.

Als wahrscheinliches Einzugsgebiet kann noch die Hochfläche bei Pöllau, der Reizengraben und das Gebiet zwischen „Häuserl im Wald“ und Neudorf angenommen werden.

Als mögliches Einzugsgebiet kommt der als Baßgraben bezeichnete Oberlauf des Badlgrabens in Frage. In diesem Graben befinden sich oberhalb der Abzweigung nach Schönegg und oberhalb der Einmündung des Mühlgrabens Niederwasserschwinden.

Die an den Rändern des Tannebenstockes auftretenden Quellen sind, abgesehen vom Schmelz- und Hammerbach, durchwegs unbedeutende Sickerwasserquellen. Zu erwähnen sind solche an mehreren Stellen des Badlgrabens, im Steinbruch Mohn südlich des Peggauer Eingangs der Lurgrotte und am Südende der Peggauer Wand. Der hier fließende Mitterbach erhält seine Zuflüsse vorwiegend aus den Schieferen der Tasche.

In der Lurgrotte selbst ist eine ganze Reihe stärkere Sicker-

wasserquellen bekannt, die durchwegs an Störungszonen gebunden sind. Die bedeutendste davon ist die Laurinsquelle.

Da sowohl für die Schwinden, wie auch für die Quellen keine längeren systematischen Wassermengenummessungen vorliegen, so ist man bei der Angabe der Ergiebigkeit lediglich auf Schätzungen, bzw. auf die während der beiden Chlorierungsversuche durchgeführten Messungen angewiesen. Da während des zweiten Versuches annähernd Mittelwasserverhältnisse herrschten, seien die dabei gewonnenen Daten wiedergegeben.

Während einer 126-stündigen Beobachtungszeit ergab sich für die Hammerbachquelle ein einstündiger Durchschnitt von 160 l/sec. Bei einer 80stündigen Beobachtungszeit für den Schmelzbachursprung ein solcher von 25 l/sec. und für die Laurinsquelle 1,4 l/sec. Am Semriacher Eingang der Höhle führte der Lurbach bei einer 48stündigen Beobachtungszeit eine durchschnittliche Wassermenge von 75 l/sec. Bei dieser Berechnung wurde eine, durch ein kurzes heftiges Gewitter verursachte Wasserwelle nicht berücksichtigt. Der Bach stieg dabei innerhalb von vier Stunden auf 416 l/sec. an, und fiel bis zum Ende dieses Zeitraumes wieder auf den Normalwasserstand ab. Die gesamte Hochwasserwelle konnte bei den damaligen Verhältnissen von der Niederwasserschwinde vollkommen aufgenommen werden.

Vorbereitung und Durchführung des Versuches.

Bei der Planung für die zweite Chlorierung des Lurbaches konnten wir einerseits auf K y r l e ' s Anweisungen für eine „Kombinierte Chlorierung von Höhlengewässern“, andererseits auf die in derselben Arbeit niedergelegten Ergebnisse der ersten Lurbachchlorierung aufbauen. Dazu kamen noch langjährige Beobachtungen der Höhlengewässer und eingehende Voruntersuchungen, auf die hier aus Platzmangel nicht näher eingegangen werden kann. Es galt nun eine Versuchsanordnung zu treffen, die bei möglichst geringem Aufwand doch eindeutige Ergebnisse für die Klärung der Hauptprobleme liefern sollte.

K y r l e schreibt eine kombinierte Beschickung mit Triftkörpern, Farbstoff und Kochsalz, sowie Gesteinsprobenentnahme, Temperaturmessungen des Wassers und der Luft, Messungen des Luftdruckes und der Wassermengen, Planktonentnahme, Wasserentnahme für die Bestimmung der freien und der gebundenen Kohlensäure und des Sauerstoffgehaltes, Beobachtung der Trift und Wasserentnahme für die Farbstoff- und Chlorproben vor.

Von einer Beschickung mit Triftkörpern und Farbstoff sahen wir von vornherein ab, da erstere bei den gegebenen Verhältnissen zwecklos und letztere sich durch eine genügende Chlorierung erübrigt. Wohl war ursprünglich eine gleichzeitige Färbung der Hauptschwinde bei Neudorf (Eisgrube) vorgesehen, da bei dieser Versuchsanordnung bei nur mäßig erhöhtem Personalstand auch dieses Problem einer Klärung hätte zugeführt werden können. Der Plan scheiterte aber an dem Unvermögen des Landesvereines für Höhlenkunde den teuren Farbstoff zu erwerben.

Die Beobachtungen wurden auf Messungen der Wassermen-

gen, Entnahme der Chlorproben und neuartig auf Messungen des Wasserwiderstandes beschränkt. Auf alle anderen von K y r l e vorgeschriebenen Manipulationen glaubten wir verzichten zu können, da über Temperaturschwankungen der Luft und des Wassers, sowie über den Chemismus des Wassers mehrmalige Untersuchungen vorliegen, die Gesteinsproben- und Planktonentnahmen aber schon beim ersten Versuch keine auswertbaren Ergebnisse geliefert haben.

Elektrische Widerstandsmessungen im Zusammenhang mit einer Chlorierung von Höhlengewässern regte S c h o u p p é im Jahre 1950 bei der 5. Vollversammlung der Bundeshöhlenkommission an. Er leitete auch während des jetzigen Versuches die diesbezüglichen Untersuchungen (9). Unabhängig davon haben A l k e r und L a c h bereits im Frühjahr 1950 systematische Widerstandsmessungen am Schmelz- und Hammerbach durchgeführt.

Die wichtigste Voraussetzung für das Gelingen des Versuches war die hinreichende Bemessung einer Minimalbeobachtungszeit und der einzusetzenden Kochsalzmenge. Da hier ein Zuviel stets besser als ein Zuwenig ist, wurde eine vorläufige Versuchsdauer von 82 Stunden und eine Salzmenge von 800 kg festgelegt.

An Versuchsstationen wurden vorgesehen:

1. Die Zentralstation (Z) vor dem Peggauer Eingang der Höhle.
2. Die Beschickungsstation im Semriacher Eingang der Lurhöhle (S).
3. Die Entnahmestationen an der Hammerbachquelle (H), dem Schmelzbachursprung (U) und der Laurinsquelle (L).
4. Eine Kontrollstation am Ausgang des Badlgrabens (B).

Die Lage der einzelnen Stationen ist aus der beigegebenen Skizze ersichtlich.

Die Z wurde am 9. Mai 1952 um 9.00 Uhr errichtet. Hier befand sich während der ganzen Dauer des Vollversuches die Leitung und das chemische Laboratorium. Vor Beginn des Versuches wurde von der Z die Einrichtung der Beschickungsstation und der Entnahmestationen bewerkstelligt. Der Einbau der Wassermesser wurde bereits eine Woche vorher durchgeführt. Weiters erfolgten von ihr aus alle Anweisungen, sowie die sachliche und personelle Dotierung der Versuchsstationen. Die Ablöse der einzelnen Stationen erfolgte im Durchschnitt alle acht Stunden. Jede der Außenstellen war mit Ausnahme der Stationen S und H laufend mit zwei Mann besetzt. Weitere zwei Mann standen der Z pro Schicht als Reserve zur Verfügung. Die chemischen Analysen aller gezogenen Proben wurden in der Z laufend durchgeführt. Über diese Arbeiten berichtet A l k e r in diesen Mitteilungen (1).

Die Beschickungsstation wurde am 9. Mai 1952 um 16.00 Uhr unter der Leitung von G a n g l errichtet. Ihr oblagen die Vorbereitungen für die Beschickung, wie Vorlösen des Salzes in sieben Bottichen (je ca. 100 l), Reinigen des Bachbettes und der Bau von Schwelldämmen zum Nachspülen. Ab 18.00 Uhr wurden stündlich Wassermengenmessungen vorgenommen und Wasserproben zur Bestimmung des natürlichen Chlorgehaltes des Lurbaches gezogen.

Am 10. Mai 1952, um 6.20 Uhr, erfolgte der Einsatz von 800 kg

mit Genvianviolett vergälltem Gewerbesalz. Der Einsatz verlief klaglos. Salzreste konnten keine festgestellt werden.

Wassermengenmessungen und Chlorprobenentnahmen wurden in einstündigen Abständen bis zum 11. Mai, 18.00 Uhr, fortgesetzt und die Station nach diesem Zeitpunkt aufgelöst.

Die Entnahmestationen U, L, H und B wurden am 10. Mai 1952 um 8.00 Uhr besetzt. An jedem dieser Punkte wurden viertelstündlich Widerstandsmessungen durchgeführt, sowie stündlich die Wassermengen gemessen und eine Chlorkontrollprobe gezogen.

Die Versuchsanordnung lautete: „Beim geringsten Absinken des Widerstandes ist die nächste Chlorprobe sofort und die weiteren viertelstündlich zu ziehen und laufend in die Z einzuliefern.“ In den bei den Stationen aufliegenden Formularen wurden alle Meßergebnisse direkt, d. h. ohne Berechnung der absoluten Werte eingetragen.

In einem Stationsbuch wurden außerdem alle bemerkenswerten Erscheinungen und Ereignisse, die aus den Meßergebnissen nicht ersichtlich waren, verzeichnet; in den Obertagsstationen auch die Wetterverhältnisse.

Die Widerstandsmessungen wurden in den Stationen U, L und B mit Hilfe eines Milliampereometers, in der Station H, die von vornherein als die aussichtsreichste angesehen wurde, mittels einer empfindlicheren Wheatstone'schen Brückenschaltung durchgeführt. Als Stromquelle dienten überall 6-Volt-Akkumulatoren.

Die Wassermengen wurden in allen Stationen mittels eines Überfallbrettes mit zwei, bzw. drei Ausschnitten, dem Auffanggefäß und einer Stoppuhr gemessen und die absoluten Werte nach der

Formel $Q = \frac{V \left(\frac{a+b}{a} \right)}{t}$ berechnet ($Q =$ Wassermenge in l/sec.,

$V =$ Volumen des Auffanggefäßes in l, a und $b =$ die Länge der Ausschnitte des Modulus in dm, $t =$ gestoppte Zeit in sec.). Der Kontraktionsverlust wurde lediglich bei der Station H, bei der das Verhältnis zwischen Meßausschnitt und Gesamtlänge des Überfalles am größten war ($a : a+b+c = 0,95 : 0,95 + 11,92 + 14,08$), berücksichtigt. Nach der Berechnung von Ing. Z e r n i g beträgt er 5 Prozent.

Bei dieser Station mußten auch Widerstandsmessungen und Chlorprobenentnahme einerseits und Wassermengenmessungen andererseits örtlich getrennt werden, da sich erst 300 m bachabwärts eine geeignete Stelle für den Einbau der Sperranlage fand (H^2). Die übrigen Beobachtungen wurden direkt am Quellmund durchgeführt (H^1). Die Station mußte daher doppelt besetzt werden.

33 Stunden nach Einsatz des Salzes (St. n. E. d. S.) zeigte das auf der Station H eingebaute Ohmmeter das erstmal fallende Tendenz und die sofort eingelieferten Chlorproben erhöhte Werte. Nach abermals 33 Stunden war der Hauptdurchgang des Chlor beendet. Die Station wurde noch bis zum 15. Mai, 14.00 Uhr (128 St. n. E. d. S.) als Vollstation aufrechterhalten und von diesem

Zeitpunkt bis zum Abend des 17. Mai (182 St. n. E. d. S.) als Chlorstation weitergeführt.

Da sich bei allen übrigen Beobachtungsstellen keine erhöhten Chlorwerte zeigten, wurden die Stationen U und L 82 St. n. E. d. S. und die Station B nach 81 Stunden aufgelöst.

Die Station B sollte einerseits Vergleichswerte mit einem unter ähnlichen Verhältnissen fließenden Oberflächengerinne (Quellgebiet im Schiefer, Unterlauf im Schöcklkalk, annähernd gleiche Länge und gleiches Gefälle) liefern, andererseits die Kontrolle über eine zwar unwahrscheinliche, theoretisch aber denkbare Verbindung zwischen Lurbachschwinde und Sickerquellen im Badlgraben gestatten.

Während des ganzen Versuches kam es zu keinerlei störenden Zwischenfällen.

Die Ergebnisse.

Durch den bei der Station H nachgewiesenen erhöhten Chlordurchgang infolge der Salzung des Lurbaches konnte als wichtigstes Ergebnis des Versuches der Nachweis erbracht werden, daß der Lurbach bei Nieder- und Mittelwasser mit der Hammerbachquelle in Form eines Höhlenflusses verbunden ist. Der natürliche Chlorgehalt des Hammerbaches war während der ganzen Beobachtungszeit konstant. Er betrug nach Abzug der mit plus minus 1,5 mg Cl/l ermittelten Fehlergrenze beim Titrieren der Proben 5,5 mg Cl/l H₂O.

Die ab 11. Mai, 15.00 Uhr, steigenden Chlorwerte erreichten am 12. Mai, 5.00 Uhr, mit 34 mg Cl/l H₂O ihren Höhepunkt und nahmen von da an etwas langsamer bis 24.00 Uhr wieder auf 9 mg Cl/l H₂O ab. Von diesem Zeitpunkt an, erfolgte ein abermals 33 Stunden andauerndes, flacheres, gleichmäßiges Abfallen der Chlorwerte bis auf 6 mg Cl/l H₂O. Am 15. Mai war die Normalkonzentration wieder erreicht. Die Ohmwerte verhielten sich, wie aus beiliegendem Diagramm ersichtlich, während der ganzen Dauer des Chlordurchganges analog.

Aus der dreimaligen Wiederholung einer 33stündigen Periode ist klar erkennbar, daß die Laufzeit des Wassers von der Lurbachschwinde bis zu seinem Wiederaustritt durch die Hammerbachquelle 33 Stunden beträgt. Kyrle und auch andere (Göhlinger, Donauversinkung — Aachquelle) rechnen als Laufzeit die Spanne zwischen Salzeinsatz und Höhepunkt des Chlordurchganges. Wie sie zu dieser Schlußfolgerung kommen, ist uns unklar.

Im Gegensatz zur Hammerbachquelle ist beim Lurbach eine deutliche Abhängigkeit zwischen Wassermenge und Chlorkonzentration ersichtlich. Die Chlorwerte lagen bei anfangs 100 l/sec. Wasserführung bei 5 mg Cl/l H₂O und stiegen mit dem Abfallen der Wassermenge auf 50 l/sec. auf 6 mg Cl/l H₂O an. Durch die eingangs beschriebene Hochwasserwelle wurden sie auf 4 mg herabgedrückt, um nach ihrem Abswellen wieder auf 6 mg Cl/l H₂O anzusteigen.

Die außerordentlich lange Durchlaufzeit des Wassers bei nur 3 km Luftlinie und 220 m Höhendifferenz zwischen Schwinde und

Quelle, der vollkommene Ausgleich der Chlorwerte und die verhältnismäßig geringen, mit den Hochwässern des Lurbaches nicht parallelisierbaren Schwankungen des Hammerbaches lassen auf größere Stauräume im unterirdischen Lur-Hammerbach-Gerinne schließen.

Aus der Schüttungskurve der Hammerbachquelle lassen sich drei Spitzen erkennen, die jeweils 10 bis 15 Stunden hinter stärkeren Niederschlägen nachhinken. Die am Beginn der Beobachtungszeit auftretende Kulmination läßt sich mit anhaltenden Regenfällen am Vormittag des 9. Mai, die im Laufe des 11. Mai durchgehende Welle mit dem Gewitter am Abend des 10. Mai und die dritte Welle mit stärkeren Niederschlägen am Nachmittag des 12. Mai erklären.

Als Einzugsgebiet dieser Wasserwellen kommt dann aber nur die Hochfläche der Tanneben mit der aus beigegebener Kartenskizze ersichtlichen, ausgeprägten Dolinenreihe oberhalb des vermuteten Lur-Hammerbach-Verlaufes in Frage. Als Ausgleichsfaktor für die Lurbachhochwässer muß man sich dann im Oberlauf des unterirdischen Gerinnes längere, engprofilierte Siphone mit dahinterliegenden Staubecken vorstellen. Diese Erklärung ist durchaus denkbar, kennt man doch auch im benachbarten Hochwasserlauf des Lurbaches zeitweilige Anstauungen bis zu 100 m Steighöhe!

Der Unterlauf des Lur-Hammerbaches ist ebenfalls ein Druckgerinne. Er wurde aber wahrscheinlich erst durch die Aufschotterung des Murtales während der letzten Eiszeit sekundär angestaut. Vor dem Peggauer Eingang der Lurgrotte hat die Glazialterrasse eine Mächtigkeit von 17 m und auch der Unterlauf des Schmelzbaches konnte erst durch eine künstliche Entwässerung zugänglich gemacht werden. Nach den dort gemachten Erfahrungen ist anzunehmen, daß sich auch im Lur-Hammerbach-Zuge hinter diesen Anstauungen freie Strecken mit einem Gravitationsgerinne befinden.

Die Schüttung des Schmelzbachursprunges (25 l/sec.) und der Laurinsquelle (1,4 l/sec.) war während der gesamten Beobachtungszeit nahezu konstant. Die Wassertemperaturen entsprechen, wie systematische Messungen zeigten, das ganze Jahr über der allgemeinen Höhlentemperatur, und sie machen lediglich mit dieser geringfügige jahreszeitliche Schwankungen mit. Die Temperaturen der Hammerbachquelle sind größeren, von Jahreszeit und Witterung abhängigen Schwankungen unterworfen.

Die durchschnittlichen Chlorwerte lagen beim Schmelzbach um 1 bis 1,5 mg und bei der Laurinsquelle um 1,5 bis 3 mg tiefer als beim Hammerbach.

Die Calciumgehalte hingegen verhielten sich, wie Kyrle's Analysen¹⁾, die Erfahrungen bei den Widerstandsmessungen (9) und durch Frau Dr. Brath freundlicherweise durchgeführte Leitwertbestimmungen zeigten, genau umgekehrt.

¹⁾ Mittlere Werte für 24 Stunden gemessen am 18. und 19. Februar 1927 und in deutschen Härtegraden angegeben: Lurbach 6,5, Hammerbach 9,2, Laurinsquelle 13,4, Schmelzbachursprung 15,3.

Aus der Summe der angeführten Beobachtungen kann mit einiger Sicherheit geschlossen werden, daß sich die Wässer des Schmelzbaches und der Laurinsquelle ganz oder zumindestens vorwiegend in einem weitverzweigten Kluftsystem in Form von Sickerwässern sammeln.

Der Badlbach zeigte als reines Oberflächengerinne alle durch die Witterung bedingten Schwankungen. Das plötzliche Ansteigen der Wasserführung am Ende der Beobachtungszeit ist durch das Ablassen einer bäuerlichen Schwellmühle im Mühlgraben erklärbar.

Die 48stündige Beobachtung der Lurbachschwinde gestattet einen Vergleich der ein- und austretenden Wassermengen und damit eine überschlägige Berechnung der Stauräume. Während der ersten 33 Stunden traten 8.900 m³ Wasser durch die Lurbachschwinde in das Höhlensystem ein (75 l/sec.)¹⁾. Man kann annehmen, daß die im letzten Kilometer vor der Schwinde im Bachbett versinkenden Wassermengen sich wieder mit dem Hauptgerinne vereinigen. Auf Grund der Vergleichsmessungen beträgt der Verlust zirka 30 Prozent, was eine Gesamtwasseraufnahme von 11.600 Kubikmetern ergibt.

In der gleichen Zeitspanne, gerechnet vom 11. Mai, 3.00 Uhr, traten auf der Peggauer Seite des Tannebenstockes durch den Schmelzbach 3.560 m³ (30 l/sec., aus dem Schmelzbachursprung 25 l/sec. plus kleineren Sickerwasserzuflüssen) und der Hammerbachquelle 19.600 m³ (165 l/sec.) Wasser aus; zusammen also 23.160 m³ Wasser in 33 Stunden. Die Hälfte der austretenden Wassermenge muß also durch andere Zuflüsse erklärt werden.

Für die Gegend von Semriach beträgt die mittlere Niederschlagshöhe für die Jahre 1896 bis 1930 834 mm²⁾. Diese Niederschlagshöhe ergibt, bei einem Abzug von 40 Prozent für die Verdunstung, für die vollständig unterirdisch entwässerten 4 km² des Tannebenplateaus einen Sickerwasseranfall von 63,5 l/sec. In 33 Stunden versinken demnach allein in diesem Areal im Jahresdurchschnitt 7.520 m³ Wasser. Da vor und während des Versuches verstärkte Niederschläge auftraten, können bereits diese Sickerwässer zur Abdeckung der Differenz zwischen Ein- und Ausfluß herangezogen werden. Ein eventuell verbleibender Rest läßt sich zwanglos durch weitere unkontrollierbare Zuflüsse aus dem Semriacher Becken erklären. Dies um so leichter, als aus dem 16 km² umfassenden Polje, nach einem Abzug von 40 Prozent für die Verdunstung, im Durchschnitt 254 l Wasser pro Sekunde anfallen. Die nicht durch die Lurbachschwinde abfließende Wassermenge verteilt sich einerseits auf die zahlenmäßig nicht erfaßbaren Hochwässer, die gemeinsam mit dem Schmelzbach nördlich von Peggau wieder an den Tag treten und andererseits auf unkontrollierbare

¹⁾ Ohne Berücksichtigung der im letzten Drittel dieser Zeit durchgehenden Hochwasserwelle, die in Stauräumen zurückgehalten und daher nicht unmittelbar zur Auswirkung kam.

²⁾ Wie das von der Hydrographischen Landesanstalt entgegenkommenderweise zur Verfügung gestellte, unveröffentlichte Vergleichsmaterial zeigte, entsprechen die Niederschläge der letzten Jahre durchaus diesem Mittelwert.

Abflüsse, die wahrscheinlich aus dem Grundwasser des Poljes auf unbekanntem Wege in das Grundwasser des Murtales übergehen.

Die während des Versuches im Lur-Hammerbach-Gerinne angestauten Wassermengen lassen sich aus der 33stündigen Durchlaufzeit und aus dem Mittel zwischen Ein- und Ausfluß Größenordnungsmäßig erfassen. Daraus wurde ein Wasserstau von 15.500 m³ errechnet.

Vergleich mit der ersten Chlorierung des Lurbaches.

Zum Schluß erhebt sich zwangsläufig die Frage, warum Kyrle's kombinierter Färb- und Chlorierungsversuch negativ verlief. Zu ihrer Erklärung gibt es nachstehende Möglichkeiten:

1. In dem stark variablen Karstsystem herrschten vollkommen andere Verhältnisse, und Quellen und Schwinde hatten damals keine direkten Verbindungen.
2. Kyrle's Versuchsordnung war für den Nachweis der vorhandenen Zusammenhänge ungeeignet.

Da Fall 1 unwahrscheinlich, wollen wir uns zunächst der zweiten Möglichkeit zuwenden. Der Lurbach versiegte damals in zwei getrennten Schwinden. Während des Versuches herrschte infolge Tauwetters vermehrter Wasserandrang. Kyrle setzte in neun Stunden Abstand in je eine Schwinde 250 kg Viehsalz. Wie Alker nachgewiesen hat (1), reichte diese Salzmenge zu einer Steigerung von wenigen Milligramm über den natürlichen Chlorgehalt der Hammerbachquelle. Da Kyrle eine Durchlaufzeit von nur vier Stunden annahm, beschränkte er sich auf 20 Stunden lang quantitativ durchgeführten Analysen und beobachtete weitere 38 Stunden lediglich auf qualitativer Grundlage.

Da die Berechnung des Farbeinsatzes auf der gleichen Basis beruhte und der Nachweis des Farbdurchganges ebenfalls nur qualitativ erfolgen sollte, gelten für diesen Teil des Versuches die gleichen Einwände.

Damit ist der Beweis für Fall 2 erbracht und der unwahrscheinliche Fall 1 außer Betracht zu lassen.

Zusammenfassung.

Wenn wir die wichtigsten Ergebnisse zusammenfassen, so können wir folgendes feststellen:

1. Schmelzbach und Laurinsquelle entsprechen dem Typus von Sickerwasserquellen.
2. Lurbachschwinde und Hammerbachquelle sind in Form eines „Höhlenflusses“ verbunden. Bei größeren Hochwässern besteht außerdem eine Verbindung mit der Austrittsstelle des Schmelzbaches nördlich von Peggau.
3. Der aus einer 33stündigen Durchlaufzeit des Wassers ermittelte wahrscheinliche Wasserstau von 15.500 m³ läßt auf größere Höhlenzüge entlang des unterirdischen Lur-Hammerbach-Gerinnens schließen.

4. Von den eingesetzten 800 kg Kochsalz konnten 222 kg in der Hammerbachquelle nachgewiesen werden (1).
5. Durch die hier erstmalig verwendeten Widerstandsmessungen war es möglich, den Einsatz des Salzdurchganges zu beobachten und dessen Verlauf direkt zu verfolgen (9).

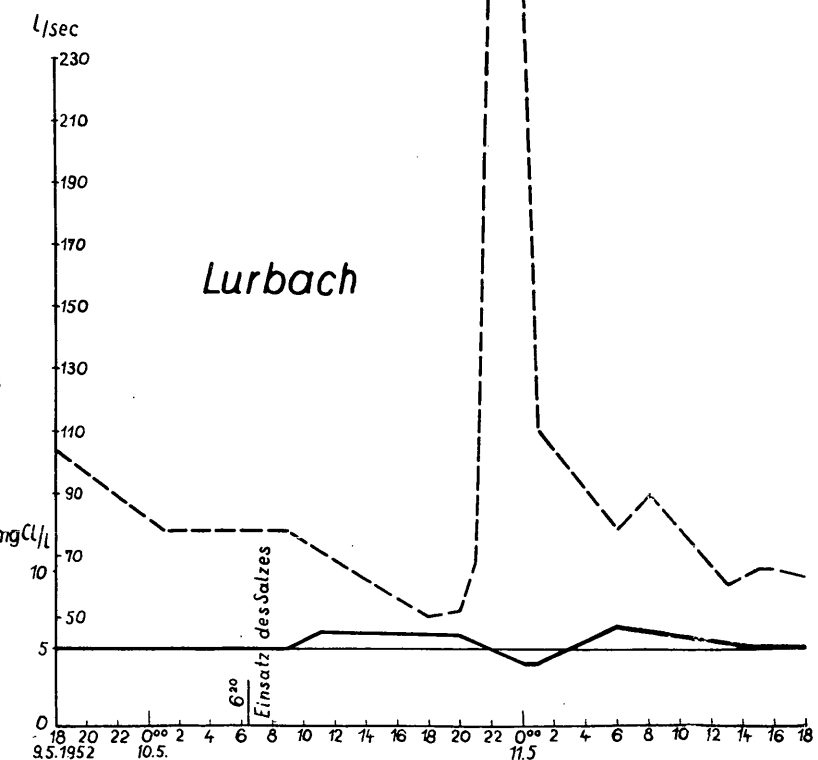
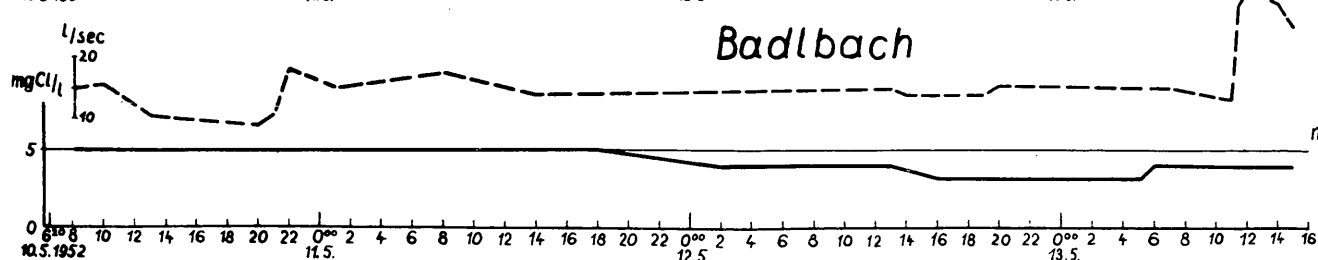
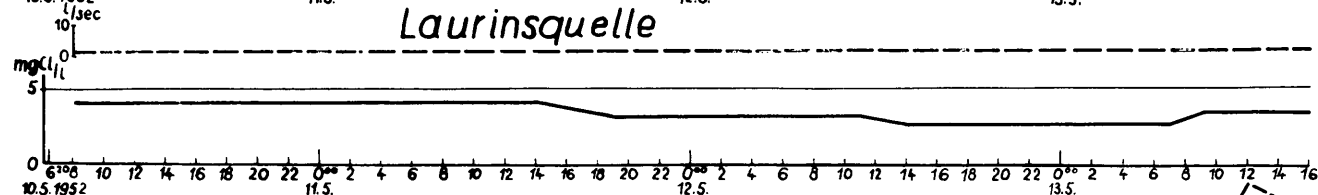
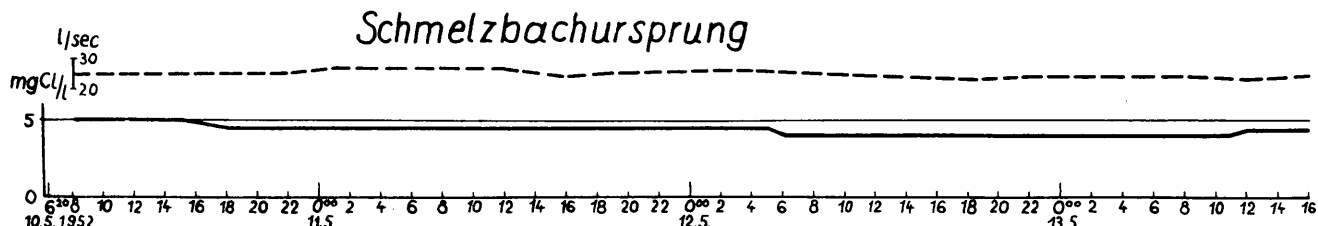
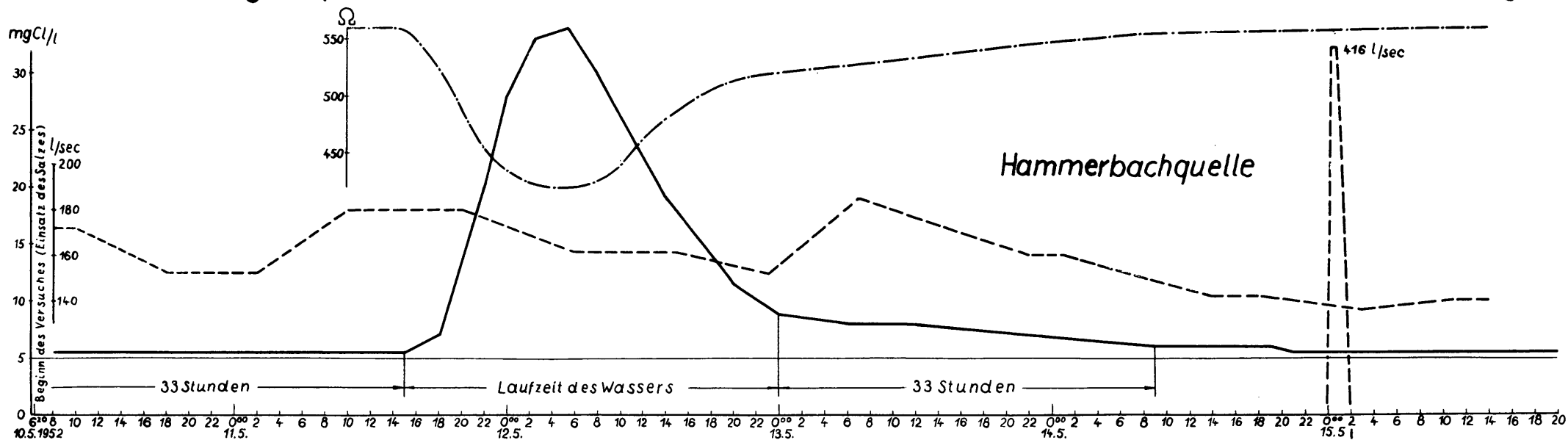
Die im Verlauf der Chlorierung gewonnenen Unterlagen befinden sich im Archiv des Landesvereins für Höhlenkunde in Steiermark.

Durch diesen Versuch können an Stelle bloßer Vermutungen über die hydrologischen Verhältnisse in diesem wissenschaftlich interessanten und wirtschaftlich bedeutenden Karstsystem gesicherte Tatsachen gesetzt werden.

Benützte Literatur:

- 1) Alker A.: Der Chlornachweis bei der zweiten Chlorierung des Lurbaches. Diese Mitt., Graz, 1952.
- 2) Bock H.: Charakter des mittelsteirischen Karstes. Mitt. f. Höhlenkunde, Graz, 1913.
- 3) Flügel H.: Klüftung und Talnetz im Grazer Bergland. Geol. u. Bauwesen, Wien, 1951.
- 4) Flügel H.: Kinematik einer Großfalte des Grazer Paläozoicums. N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., Stuttgart, 1952.
- 5) Flügel H., Maurin V. u. Nebert K.: Zur Altersfrage von Schöcklkalk und Grenzphyllit. Geol. B. A., Wien (im Druck).
- 6) Kyrle G.: Kombinierte Chlorierung von Höhlengewässern. Speläol. Monogr. XII, Wien, 1928.
- 7) Maurin V.: Topographie und Geologie des Badlhöhlensystems. In M. Mottl: Die Repolusthöhle bei Peggau und ihre eiszeitlichen Bewohner. Archaeologia Austriaca, Wien, 1951.
- 8) Maurin V.: Über jüngste Bewegungen im Grazer Paläozoikum. Ungedrucktes Manuskript, Graz, 1952.
- 9) Schouppé A.: Elektrische Widerstandsmessungen zur Feststellung der Verbindungswege in Höhlengewässern. Diese Mitt., Graz, 1952.
- 10) Schwinner R.: Das Bergland nordöstlich von Graz. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien, 1925.
- 11) Vormair F.: Studien im mittelsteirischen Karst. Unver. Diss. Univ. Graz, 1938.

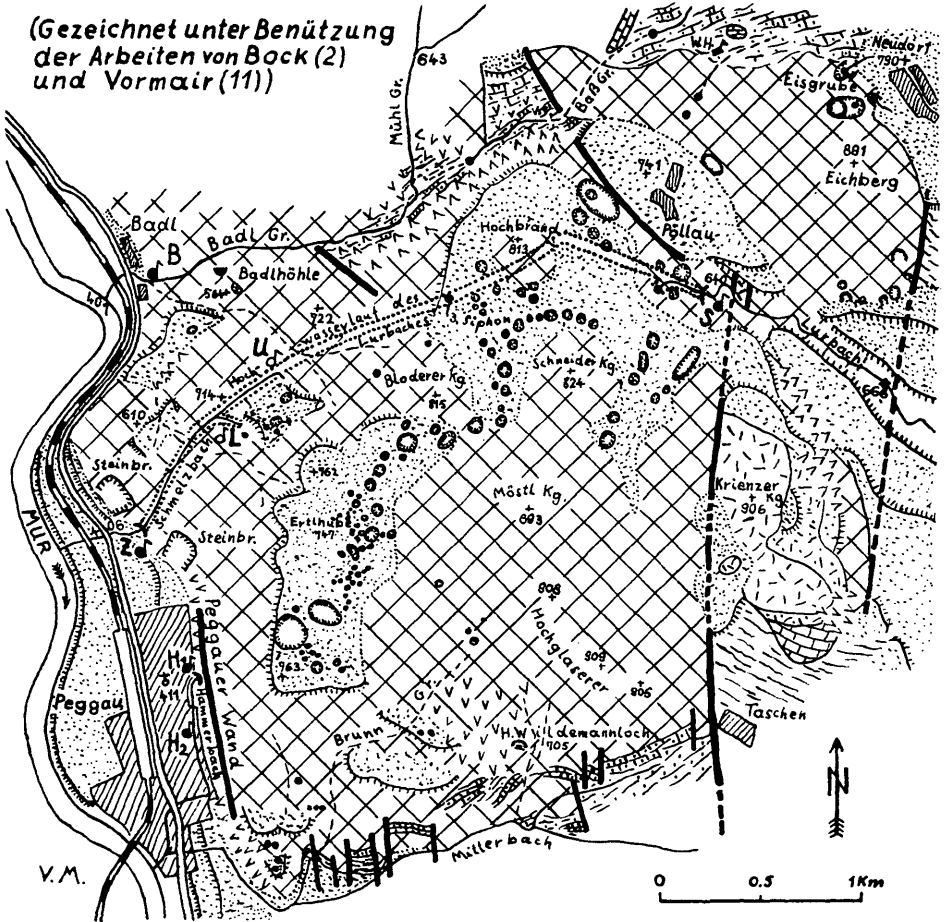
Wassermengen-, Chlorwerte- und Widerstandskurven der zweiten Lurbachchlorierung



— Chlorwert - - - Wassermenge - · - · - Widerstand (Mittelwertkurve)

Hydrogeologische Karte des Lurhöhlensystems

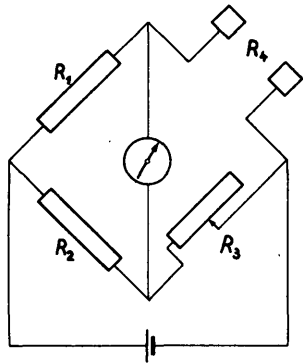
(Gezeichnet unter Benützung
der Arbeiten von Bock (2)
und Vormair (11))



- Grünschieferserie
- Graphitschiefer
- Dunkle Kalkschiefer
- Schöckelkalk
- Dolomitsandstein
- Dolomit

- Tertiär u. Pleistozän
- Hangschutt
- Störung
- Doline
- Wasserschwinde
- Höhlen- u. Tagstationen bei der Chlorierung

Schaltschema der Wheatstonschen Brücke der Station H



R_1 u. R_2 fixe Widerstände, je 1000Ω
 R_3 variabler Widerstand
 R_4 Wasserwiderstand

fig. 1

Widerstands- u. Chlorwertkurven der Station H

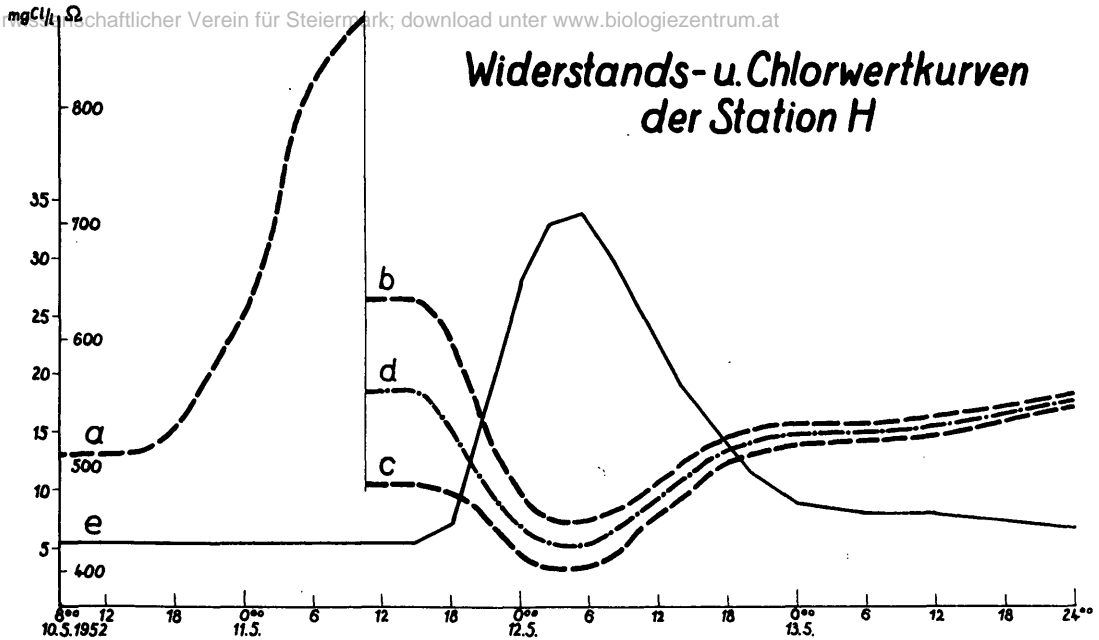


fig. 2