

3. Das elektrolytische Leitvermögen des Wassers der Lunzer Seen.

Von

Dr. Franz Ruttner (Lunz).

Mit 4 Tafeln und 4 Figuren im Text.

Schon vor einer Reihe von Jahren hat Kohlrausch¹⁾ in seinem grundlegenden Buche über das Leitvermögen der Elektrolyte darauf hingewiesen, daß die so leicht und bequem ausführbare Methode der Messung des elektrolytischen Widerstandes von Flüssigkeiten nach dem Prinzip der Wheatstoneschen Brücke auch für die Wasseruntersuchung eine sehr große Bedeutung besitzt und wertvollere Aufschlüsse über die Gesamtkonzentration eines Wassers und deren Veränderungen zu liefern in der Lage ist, als das umständliche und langwierige, dabei aber auch oft sehr ungenaue Verfahren der Bestimmung des Abdampfdruckstandes.

Bekanntlich leitet im allgemeinen eine Lösung den elektrischen Strom um so besser, je konzentrierter sie ist; doch wächst bei höheren Konzentrationen das Leitvermögen nicht im gleichen Verhältnisse mit diesen. In stark verdünnten Lösungen jedoch, wie sie in unseren natürlichen Wässern meistens vorliegen, ist die elektrolytische Leitfähigkeit direkt proportional der Äquivalentkonzentration.

Dabei kommen Schwankungen von Bruchteilen eines Milligramms des Gehaltes an Elektrolyten in deutlich meßbaren Veränderungen des Leitvermögens zum Ausdruck, eine Genauigkeit, welche durch die rein chemischen Methoden der Bestimmung des Abdampfdruckstandes nicht annähernd erreicht wird.²⁾

¹⁾ Kohlrausch u. Holborn, Das Leitvermögen der Elektrolyte. Leipzig 1898.

²⁾ Näheres über Theorie und Praxis des Verfahrens siehe bei Kohlrausch.

Vermag also auch die Methode der Bestimmung der elektrolytischen Leitfähigkeit keinerlei Aufschlüsse über die Natur der in Lösung befindlichen Stoffe zu liefern, so bildet sie doch ein unschätzbares Mittel zur raschen und außerordentlich genauen Feststellung von Schwankungen der Gesamtkonzentration.¹⁾

Die Praxis der Wasseruntersuchung hat sich diese Vorteile auch schon zu nutze gemacht und Leitfähigkeitsbestimmungen spielen bei der technischen Beurteilung von Nutz- und Abwasser eine wichtige Rolle.

In den Dienst der Seenforschung dagegen ist diese Methode meines Wissens noch nicht gestellt worden, obwohl dieses Gebiet von vornherein als ein besonders günstiges Betätigungsfeld hierfür erscheinen muß. Denn durch die Untersuchungen von Brönstedt und Wesenberg-Lund²⁾ sowie durch die (in Abschnitt 1 veröffentlichten) Beobachtungen Mulleys in Lunz ist auf Grund von Totalanalysen schon vor mehreren Jahren der Beweis erbracht worden, daß das Wasser der Binnenseen zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Tiefen sehr erhebliche Unterschiede seines Gehaltes an gelösten Stoffen aufweisen kann. Wegen der Langwierigkeit der chemischen Analysen war es bisher nicht möglich, durch eine große Anzahl von Beobachtungen den Gang dieser Veränderungen in den verschiedensten Gewässern genau festzustellen. Dafür kann nun unsere Methode ein bequemes und zuverlässiges Mittel bilden und so die auf Grund von Totalanalysen gewonnenen Ergebnisse weitgehend ergänzen.

Aber auch ohne eine Verbindung mit detaillierten chemischen Analysen können systematisch durchgeführte Leitfähigkeitsmessungen dem Seenforscher wertvolle Dienste leisten, indem sie es wie kein anderes Verfahren ermöglichen, die Rolle der Zuflüsse und der meteorologischen Faktoren im Wasserhaushalt eines Gewässers festzustellen.

Aus den Lunzer Seen, insbesondere aus dem Untersee, liegt nun eine Reihe solcher Beobachtungen vor, welche zwei Jahre hindurch regelmäßig weitergeführt wurden; ihre Ergebnisse sollen den Gegenstand der folgenden Darlegungen bilden.

¹⁾ Vgl. die Arbeiten von Spitta und Pleißner.

²⁾ Brönstedt u. Wesenberg-Lund, Chemisch-physikalische Untersuchungen der dänischen Gewässer. Diese Revue. Bd. IV, 1911.

Methodik.

Den Anstoß zu dieser Untersuchung bildete der in dem Werke von Ohlmüller und Spitta¹⁾ befindliche Hinweis auf die Veröffentlichungen Pleißners¹⁾ und auf den von diesem Autor speziell für Wasseruntersuchungen konstruierten Apparat. Alle hier besprochenen Messungen wurden auch mit diesem Apparat ausgeführt, der sich während seiner nunmehr schon dreijährigen Verwendung in jeder Hinsicht ausgezeichnet bewährt hat. Von einer eingehenden Beschreibung des Instrumentes kann unter Hinweis auf die einschlägige Literatur wohl abgesehen werden.

Obwohl der Apparat für den Gebrauch im Freien, an Ort und Stelle der Probeentnahme geeignet ist, so wurden doch die hier behandelten Messungen mit wenigen Ausnahmen im Laboratorium, nachdem die Proben Zimmertemperatur angenommen hatten, ausgeführt, um die Zahl der Fehlerquellen möglichst zu verringern. Denn der Temperaturkoeffizient, welcher der Pleißnerschen Tabelle zur Umrechnung des bei der Beobachtungstemperatur gefundenen Leitvermögens (K_t) auf jenes der Normaltemperatur von 18° (K_{18}) zugrunde gelegt wurde, ist ein Durchschnittswert aus Beobachtungen an zahlreichen natürlichen Wässern, muß also für den einzelnen Fall nicht vollständig richtig sein. Durch Ausführung der Messungen bei Temperaturen, die nicht allzuweit auseinander liegen, kann der so mögliche Fehler sehr verringert werden.

Zur Vermeidung vielstelliger Dezimalzahlen wurde, dem allgemeinen Gebrauche folgend, überall der 10000fache Wert n der in reziproken Ohm ausgedrückten Leitfähigkeit bei 18° angegeben ($K_{18} = n \cdot 10^{-4}$), und die Wiederholung des Faktors 10^{-4} der Einfachheit halber weggelassen.

Die Zahlen wurden bis auf die dritte Dezimale von n genau berechnet, in den meisten Fällen jedoch auf die zweite Stelle abgerundet, da dies für den vorliegenden Zweck vollkommen ausreicht. Eine Einheit der zweiten Dezimale (durchschnittlich etwa 0,55 % des Gesamtleitvermögens) entspricht nach der approximativen Rechnung Kohl-

¹⁾ Ohlmüller u. Spitta, Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und Abwassers. Berlin 1910.

Pleißner, M., Handlicher, tragbarer Apparat zur Messung des elektrischen Leitvermögens von Wässern, Abwässern und Salzlösungen an Ort und Stelle. „Wasser u. Abwasser“, Bd. 2, 1910.

rauschs etwa 0,01 Milligrammäquivalenten im Liter bzw. 0,75 mg der im Liter gelösten Elektrolyte. Die Genauigkeit der berechneten Werte geht jedoch über diese Grenze noch erheblich hinaus, die Zahlen können mindestens bis auf fünf Einheiten der dritten Dezimale von n als verlässlich betrachtet werden.

Es ist jedoch nicht die Aufgabe dieser Untersuchung, die absoluten Werte der elektrolytischen Leitfähigkeit und ihre Beziehungen zum Chemismus des Wassers zu erörtern, wir wollen uns lediglich darauf beschränken, die Veränderungen dieser Eigenschaft während der Beobachtungszeit festzustellen und ihre Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren zu besprechen.

Wie schon früher erwähnt, stammt die überwiegende Mehrzahl der Beobachtungen aus dem Untersee, einerseits aus dem rein technischen Grunde seiner unmittelbaren Nähe bei der Station, andererseits aber auch, weil er vermöge seiner morphologischen und physikalischen Eigenschaften als Typus eines subalpinen Wannensees gelten kann und deshalb die dort gewonnenen Ergebnisse eher einer Verallgemeinerung fähig sein dürften als jene aus den beiden anderen, wesentlich verschiedenen Seen.

Aus dem Untersee wurden also während der zwei Beobachtungsjahre zum Zwecke von Leitfähigkeitsmessungen entnommen¹⁾:

Täglich (mit einigen wenigen, aus den Tabellen ersichtlichen Lücken) um 7 Uhr morgens Proben vom Einfluß (Seebach) und von der Seeoberfläche.

Wöchentlich (soweit als durchführbar) eine Serie von Proben aus verschiedenen Tiefen (die Probeentnahme erfolgte ebenfalls um 7 Uhr morgens). Von letzteren, für die Beurteilung der Vorgänge bei der Wassererneuerung besonders wichtigen Beobachtungsserien liegen aus dem Jahre 1912 43, aus dem folgenden 34 vor.

Zu diesen regelmäßigen Untersuchungen kommen noch gelegentliche Beobachtungen im Untersee, im Obersee und im Mittersee, über welche anhangsweise ebenfalls berichtet werden soll.

Gleichzeitig mit der Probeentnahme wurde auch die Wassertemperatur möglichst sorgfältig gemessen.

Außer dem Einrinnwasser wurden auch täglich Proben aus dem künstlichen, für Boote befahrbaren und ebenfalls in den See mün-

¹⁾ Die tägliche Probeentnahme erfolgte durch den Laboranten der Station, Karl Herrmann, in sehr gewissenhafter Weise.

denden Kanal. der von einem Arme des Seebaches durchströmt wird und außerdem noch verschiedene Abwässer aus Fischteichen und Wohnhäusern aufnimmt, auf ihre Leitfähigkeit hin untersucht. Da dieser Kanal bei seiner verhältnismäßig geringen Wasserführung von nur untergeordneter Bedeutung für den Wasserhaushalt des Sees sein kann, so wurde das Ergebnis dieser Messungen nicht in die Tabellen mit aufgenommen, sondern nur gelegentlich erwähnt.

Von einer zahlenmäßigen Anführung der Resultate der Messungen wurde im allgemeinen abgesehen, sondern fast ausschließlich die graphische Darstellung gewählt; nur dort, wo außer den relativen auch die absoluten Werte des Leitvermögens ein Interesse zu bieten schienen, wie z. B. bei den die vertikale Schichtung wiedergebenden Kurven, wurden die gefundenen Zahlen dazu geschrieben.

Der Seebach.

Da ja in jedem See mit lebhafter Wassererneuerung die Beschaffenheit der Zuflüsse von ausschlaggebender Bedeutung für die Konzentration des Seewassers sein muß, so sei mit einer Schilderung des Ganges des elektrolytischen Leitvermögens im Seebach, dem hauptsächlichsten Zufluß des Lunzer Untersees, begonnen.

Die auf den Seebach bezügliche rote Kurve in Fig. a auf Tab. I und II zeigt schon auf den ersten Blick bedeutende Schwankungen des Leitvermögens im Laufe der Zeit, die sich in ihren Hauptzügen in beiden Beobachtungsjahren gleichförmig wiederholen. Klar geht dies auch aus folgender Zusammenstellung der Monatsmittel hervor:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1912	2,07	1,97	1,87	1,76	1,53	1,67	1,85	1,88	1,87	1,87	1,92	1,92
1913	1,95	2,00	1,88	1,76	1,68	1,81	1,84	1,93	2,03	2,04	1,99	1,91

In beiden Jahren sehen wir Maxima im Herbst und im Winter. Im Frühling erfolgt ein rascher Abfall des Leitvermögens, das im Mai ein sehr ausgesprochenes Minimum erreicht, um im Laufe des Sommers wiederum anzusteigen. Die beiden Jahresmittel (1,84 bzw. 1,90) sind nicht sehr voneinander verschieden, dagegen weisen die Ausschläge zum Teil beträchtliche Differenzen auf. Sie betragen:

	1912	1913
Wintermaximum — Frühjahrsminimum	37,0%	23,2%
Frühjahrsminimum — Herbstmaximum	32,6%	33,7%

Es ist von vornherein anzunehmen, daß diese Verhältnisse mit den meteorologischen Faktoren im Zusammenhang stehen und wir wollen daher den Verlauf der Leitfähigkeitskurve unter Berücksichtigung der durch tägliche Beobachtungen festgestellten meteorologischen Daten näher betrachten.

Am Beginn der Beobachtungszeit, welche, wie aus Fig. c der beiden Tabellen hervorgeht, nach einer längeren Niederschlagsperiode mit höheren Pegelständen im See einsetzte, sehen wir einen raschen Anstieg des Leitvermögens. Während der nun folgenden mehrwöchentlichen, trockenen Kälteperiode, die nur um den 26. I. herum durch etwas höhere Temperaturen unterbrochen wurde,¹⁾ werden bedeutende Werte erreicht und bis zum 9. Februar beibehalten. An diesem Tage brachte ein Föhn eine starke Temperatursteigerung und der Seebach führte mächtige Schmelzwasserströme dem See zu, dessen Pegelkurve rasch emporschnellt. Zugleich zeigt das Leitvermögen des Seebachwassers eine gewaltige, sprunghafte Abnahme.

Dieselbe Erscheinung wiederholt sich im Laufe des Winters noch mehrmals, Kälteperioden zeigen das elektrolytische Leitvermögen des Seebaches auf einer relativ bedeutenden, innerhalb der betreffenden Zeit ziemlich konstanten Höhe, Tauwettereinbrüche durch Föhn oder Westwetter, gleichgültig ob mit oder ohne wesentliche Niederschläge, führen einen oft sehr bedeutenden Sturz der Leitfähigkeit herbei. Bemerkenswert ist, daß mit fortschreitender Jahreszeit die einzelnen, während der Kälteperioden auftretenden Maxima hintereinander stets etwas zurückbleiben, so daß im ganzen ein gewissermaßen stufenförmiger Abfall der Kurve resultiert.

Dies dauert bis etwa Mitte April. Dann tritt gleichzeitig mit einer sehr erhöhten Wasserführung durch die allgemeine Frühjahrschneeschmelze in den höheren Lagen, welche auch in dem andauernd hohen Stande des Seepegels zum Ausdruck kommt, eine energische, aber allmähliche Abnahme des Leitvermögens ein. Um Mitte Mai ist der tiefste Stand mit 1,41 erreicht. Die Verdünnung des Seebachwassers durch die Schmelzwasserströme ist auf ihrem Höhepunkt angelangt, die Schneevorräte auf den Alpen des Gebirges verringern sich von da an zusehends, Neuschnee kommt wenig mehr hinzu, es

¹⁾ Da insbesondere im Winter die Lufttemperatur auch in entsprechenden Veränderungen der Seebachtemperatur zum Ausdruck kommt, so wurde, um Raum zu sparen, von einer graphischen Darstellung der ersteren abgesehen.

beginnt die Schmelzwasserwirkung abzuflauen und wir sehen die Konzentration des Wassers langsam wieder anwachsen.

Während der nun beginnenden Sommerperiode tritt auch ein auffallender Unterschied im Einfluß der meteorologischen Faktoren, insbesondere der Niederschläge, deutlich zutage. Daß in dieser Zeit Wärmeperioden anders wirken müssen als im Winter, nämlich in einer Steigerung des Leitvermögens, ist selbstverständlich. Beispiele dafür finden wir um Anfang Juni und Mitte Juli. Bemerkenswert bleibt jedoch die wesentlich verschiedene Wirkung größerer, Hochwasser bewirkender Niederschläge. Sehen wir im Winter jedes, auch nicht sehr bedeutende Hochwasser von einem Sturz der Leitfähigkeit begleitet, so kommt während der Sommermonate die Wirkung einer stärkeren Wasserführung des Seebaches viel weniger in Veränderungen seiner Konzentration zum Ausdruck. Wohl sehen wir auch jetzt noch hohe Pegelstände des Sees von Abwärtsschwankungen der Leitfähigkeit seines Zuflusses begleitet, doch sind diese viel weniger bedeutend und nachhaltig als im Winter. So hatte das gewaltige Hochwasser von Ende Mai eine Abnahme der Leitfähigkeit um nur 3,8% zur Folge und ähnliches wiederholt sich, wie ein Blick auf die Tabelle zeigt, im Laufe des Sommers noch mehrere Male.

Der Anstieg der Leitfähigkeitskurve endet im ersten Beobachtungsjahre um Mitte Juli; es ist dies ungefähr die Zeit, zu der die Schneevorräte auf den Hochplateaus und die im Innern des Gebirges aufgespeicherten Schmelzwassermassen bis auf geringe Reste aufgebraucht sind. Von da ab erfolgt das Wachstum der Konzentration nur mehr sehr langsam und wird zeitweilig durch längere Regenperioden ganz sistiert.

Besonders ausgiebig ist die Wirkung der sehr lange andauernden, mit Schneefällen in den Hochlagen verbundenen Niederschlagsperiode im September, welche wiederum ein länger anhaltendes sekundäres Minimum herbeiführt. Die im Oktober eintretenden, sprunghaften Abnahmen bei relativ geringen Niederschlägen sind auf Rechnung des Schmelzwassers des im September gefallenen Neuschnees zu setzen.

Während der ersten Kälteperiode des Winters im November und Dezember steigt die Leitfähigkeit wiederum langsam und ziemlich gleichmäßig an, bis ein plötzlich eingetretenes Tauwetter am 15. Dez. einen gewaltigen Sprung nach abwärts herbeiführt, den größten dieses Jahres (11% innerhalb 24 Stunden). Wir finden also im De-

zember dieselben Verhältnisse vor, von denen wir im Januar ausgegangen sind.

Die Kurve des Jahres 1913 stimmt, wie schon früher erwähnt wurde, wohl in ihren wesentlichsten Merkmalen mit jener des Vorjahres überein, doch zeigen sich schon auf den ersten Blick auch sehr bedeutende Differenzen in den Einzelheiten. Das verschiedene Ausmaß der Ausschläge wurde schon früher angeführt; außerdem fallen vor allem einerseits der viel gleichmäßigere Verlauf der Kurve im Winter, andererseits die um so größeren Sprünge im Sommer auf.

Das Verständnis dieser Differenzen ergibt sich unschwer aus der Betrachtung der abweichenden meteorologischen Verhältnisse dieses Jahres, welche sich klar in den Temperatur-Niederschlags- und Pegelbeobachtungen widerspiegeln (Tab. II, Fig. b u. c).

Der an Niederschlägen sehr arme Winter hatte gar keinen namhaften Tauwettereinbruch aufzuweisen und daher zeigt der Seepegel eine verhältnismäßig nur geringe Schwankung, andererseits fehlt in den Leitfähigkeitsbeobachtungen der stufenweise Abfall des vorhergehenden Winters und die auftretenden Sprünge sind bedeutend geringer. Die allgemeine Frühlingsschneeschmelze, welche mit ihrer Wirkung auf Pegel und Leitfähigkeit schon anfangs März einsetzte, wurde um Mitte April von einer Kälteperiode unterbrochen, was wiederum in den Kurven schön zum Ausdruck kommt. Überhaupt ist insbesondere in der ersten Periode dieses Jahres die Gegenläufigkeit der Leitfähigkeits- und Pegelkurve sehr auffallend.

Wenn man von den tiefsten Werten in den ersten Tagen des Mai absieht, so bleibt das Minimum den ganzen Mai über ungefähr konstant und während der anfangs Juni einsetzenden Wärmeperiode steigt die Leitfähigkeitskurve sehr steil an. Der mit Schneefällen auf den Hochlagen verbundene Wettersturz vom 14. Juni hat auch eine plötzliche Abnahme des Leitvermögens zur Folge, welche offenbar durch die Wirkung des Schmelzwassers ganz besonders verstärkt wird. Dagegen hat das durch große Regenmengen verursachte Hochwasser vom 30. Juni keinen nennenswerten Einfluß auf die Leitfähigkeit des Seebachwassers.

Während der so niederschlagsreichen Monate Juli und August treten sehr schwankende Werte auf, doch zeigt sich im allgemeinen ein Anstieg, der im letzten Drittel des August, wo sich das Wetter wieder besserte, sehr lebhaft wird. Anfangs September ist das Maximum

erreicht, welches, von einigen Abwärtsschwankungen unterbrochen, den Herbst über anhält.

Interessant ist es, daß bei einigen dieser Schwankungen, welche nach einer längeren Trockenheitsperiode durch stärkere Regengüsse verursacht wurden, zunächst ein Sprung der Leitfähigkeit nach aufwärts erfolgt (z. B. am 16. Juli, 20. September, besonders stark am 27. November). Es hat den Anschein, als ob durch den ersten Wasserstoß die konzentrierteren Lösungen, die sich im Inneren des Gebirges angesammelt hatten, herausgespült würden, bevor die allgemeine Verdünnung durch das Regenwasser erfolgt. Ähnliches ist, wenn auch nicht so deutlich, an einzelnen Stellen der Kurve des vorhergehenden Jahres zu erkennen.

Der November mit seinen großen Niederschlägen zeigt wieder besonders ausgiebige, durch die Wirkung von in den Hochlagen schmelzendem Neuschnee sehr verstärkte Sprünge des Leitvermögens, von denen jener vom 28./29. November mit 15,8% den größten überhaupt beobachteten Unterschied innerhalb 24 Stunden aufweist. Im Dezember steigt das Leitvermögen wiederum an, ohne jedoch den hohen Wert vom Oktober mehr zu erreichen.

Versuchen wir es nun, die soeben geschilderten Ergebnisse der zweijährigen Beobachtungen überblickend, den Einfluß der einzelnen Faktoren auf das Leitvermögen des Seebachwassers im allgemeinen zu charakterisieren, so ist es zunächst außer Zweifel, daß der Wasserführung die Hauptrolle bei der Regulierung dieser Eigenschaft zukommt. Perioden niederen Pegelstandes führen stets Maxima, länger andauernde Hochwasserperioden meist Minima des Leitvermögens im Seebach herbei. Doch ist die Wirkung der Hochwässer im Winter und Frühling weit klarer und regelmäßiger als im Sommer und Herbst, und der Verlauf der Kurve zeigt uns deutlich, daß das Schmelzwasser des Schnees eine viel ausgiebigere Verdünnung im Seebach herbeiführt als das Regenwasser. Ja, man kann die Leitfähigkeitskurve des Seebaches in ihren Hauptzügen direkt als eine Funktion der Schmelzwasserwirkung bezeichnen. Größere Regenmengen dagegen vermögen nur vorübergehende Störungen ihres, durch den erstgenannten Faktor bestimmten Ganges herbeizuführen.

Die Erklärung dieser auffallenden Tatsache dürfte darin zu suchen sein, daß das Regenwasser infolge der von den herabfallenden Tropfen absorbierten Kohlensäure einerseits an sich schon eine etwas höhere Leitfähigkeit besitzt als das Schmelzwasser, andererseits aber vermöge eben dieser Kohlensäure die Fähigkeit hat, sich beim Eindringen in die Erde mit erheblichen Mengen von Karbonaten zu beladen und diese dem Seebach zuzuführen. Vielleicht spielt auch die höhere Temperatur bei diesem Auflösungsprozeß eine fördernde Rolle, doch konnten Anzeichen hierfür in den vorliegenden Beobachtungen nicht gefunden werden.

Wenden wir uns nun dem

Leitvermögen des Untersees

selbst zu. Da zeigt zunächst ein Blick auf die schwarze Kurve der Fig. a in Tab. I und II, welche den Verlauf der Leitfähigkeit an der Oberfläche des Sees während des Jahres wiedergibt, daß, wie ja zu erwarten war, die Schwankungen des Leitvermögens im Seebach ähnliche Erscheinungen im See zur Folge haben. Nur sind die Differenzen viel geringer, die Wellen der Kurve gewissermaßen gedämpft. Dies gilt nicht nur von ihren Hauptmerkmalen, dem Minimum im Mai und den maximalen Werten im Herbst und im Winter, sondern auch die kleinen täglichen Schwankungen sind viel unbedeutender und daher der Gesamteindruck ein mehr gleichförmiger.

Der Gang des Leitvermögens an der Oberfläche kann uns jedoch für die Beurteilung der Vorgänge in der ganzen Wassermasse des Sees nicht genügen, sondern wir müssen hier die Ergebnisse der wöchentlichen Beobachtungen aus verschiedenen Tiefen heranziehen.

Es sei da zunächst auf die Textfig. 1 hingewiesen, welche die aus den Vertikalserien der Jahre 1912 und 1913 gewonnenen Mittelwerte graphisch darstellt. Diese Figur lehrt im großen und ganzen dasselbe, wie der Gang der Oberflächenleitfähigkeit: Die großen Schwankungen folgen im allgemeinen jenen des Seebaches, die größten Ausschläge jedoch betragen nur 16%, bzw. 5,7%. Die Mittelwerte sind mit 1,87, bzw. 1,92 etwas höher als die zugehörigen des Seebaches, eine Tatsache, welche auf das Vorhandensein kleiner, konzentrierter Zuflüsse und auf Verdunstung zurückzuführen sein dürfte. Der Zusammenhang der einzelnen Schwankungen der Figur mit ent-

sprechenden Erscheinungen in den Leitfähigkeitskurven des Seebaches ist in der Mehrzahl der Fälle ohne weiteres ersichtlich. Einzelne Details dagegen, wie die Maxima vom 30. März und vom Oktober 1912 sind vorläufig noch unerklärt. Ihre Zurückführung auf Beobachtungsfehler halte ich aus verschiedenen Gründen für unwahrscheinlich.

Weit interessanter als der Gang dieser Mittelwerte sind die Veränderungen, welche das Leitvermögen im See in vertikaler Richtung

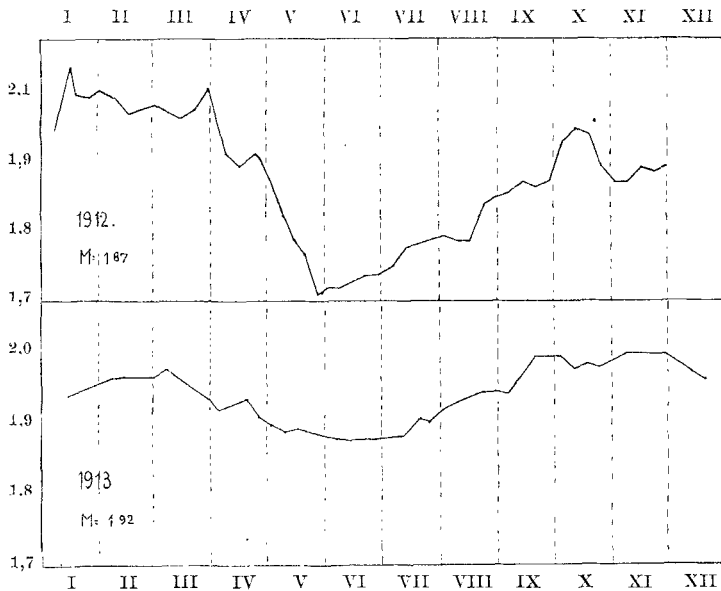


Fig. 1. Gang der aus den Tiefenserien gewonnenen Mittelwerte des elektrolytischen Leitvermögens im Lunzer Untersee während der Jahre 1912 und 1913.

während des Jahres erfährt und es sei daher der Schilderung dieser Verhältnisse etwas mehr Raum gewidmet.

Die Resultate der meist in wöchentlichen Intervallen erfolgten Beobachtungen geben Tab. 3 und 4 wieder. In der Kolumne rechts von jeder Figur sind die Wassertemperaturen eingetragen. Außerdem sind noch jedesmal die mittlere Leitfähigkeit M und die größte Schwankung D (in Prozenten von M) angegeben.

Am 9. Januar 1912 befindet sich der See am Ende der herbstlichen Zirkulationsperiode unmittelbar vor dem Zufrieren und es ist mit allen anderen Eigenschaften auch die Leitfähigkeit von der Oberfläche

bis zum Grunde nahezu vollständig ausgeglichen. Nach dem unmittelbar darauf erfolgten Eisschlusse (am 11. Januar) ändern sich jedoch die Verhältnisse sehr bald, wie ein Blick auf das Diagramm vom 17. I. lehrt. Die Gesamtkonzentration hat, offenbar durch die Wirkung des Seebaches, beträchtlich zugenommen, aber auch bedeutende Differenzen in vertikaler Richtung sind zu verzeichnen, so vor allem die sehr starke Zunahme der Leitfähigkeit an der Oberfläche und, allerdings viel schwächer, über dem Grunde.

Man dürfte nicht fehl gehen, wenn man die erstgenannte Erscheinung dadurch erklärt, daß das konzentrierte Wasser der Zuflüsse, das während der Kälteperioden des Winters eine sehr tiefe Temperatur aufweist und daher leichter ist als das nahe an 4° temperierte Seewasser, dieses überschichtet und so das Leitvermögen der obersten Zonen erhöht. Daß der Wert des letzteren jenen um dieselbe Zeit im Seebach beobachteten um 0,08 übersteigt, spricht nicht gegen diese Auffassung, da ja der Seebach wohl der ausgiebigste, aber nicht der einzige Zufluß des Sees ist. So weist der zwar vom Seebach abzweigende, aber auch von Abwässern einiger Teiche und Wohnhäusern gespeiste Kanal eine um etwa 0,2 höhere Leitfähigkeit auf; außerdem sind alle Zuflüsse am Nordostufer des Sees bei all ihrer Kleinheit durch hohe Konzentrationen ausgezeichnet. So wurde z. B. im „Meyergraben“, dem größten dieser Bächlein, ein Leitvermögen von 3,09 gemessen.

Schwieriger ist es, eine Erklärung für das Wachstum der Leitfähigkeit in der Tiefe zu finden. Drei Ursachen werden von Brönstedt und Wesenberg-Lund für die Steigerung des Kalkgehaltes in der Tiefe des Furesees verantwortlich gemacht und scheinen auch in unserem Falle möglich zu sein: Erstens die Wirkung unter dem Seespiegel einmündender Quellen von höherer Konzentration, für deren Vorhandensein auch manche andere Umstände sprechen; diese müßten, wenn auch mit dem Seewasser annähernd homotherm, dasselbe vermöge ihrer etwas größeren Dichte unterschichten. Zweitens die Auflösung der im Wasser enthaltenen Suspensionen, welche sich vornehmlich in der Tiefe abspielt. Drittens eine durch Diffusion erfolgende Anreicherung des Bodenwassers durch Produkte von Auflösungsprozessen im Schlamm. Welche von diesen Möglichkeiten in unserem Fall zutreffen oder ob noch andere Faktoren mitspielen, muß vorläufig noch dahingestellt bleiben.

Bis Anfang Februar tritt keine wesentliche Veränderung in diesem

Zustand ein, nur das Maximum an der Oberfläche nimmt bedeutend ab, um am 10. II. in ein Minimum umzuschlagen, welches ganz besonders am 17. II. sehr stark hervortritt. Auch diese auffallende Erscheinung, die noch am 2. III. deutlich zu erkennen ist, findet unschwer ihre Erklärung in den meteorologischen Verhältnissen. War die erste Hälfte des Winters kalt und trocken, so trat am 10. II. das schon früher erwähnte heftige Tauwetter ein, das die in der Umgebung des Sees vorhandene Schneedecke von ungefähr 30 cm Mächtigkeit rasch wegschmolz. Das Schmelzwasser des auf dem See selbst sowie auf den Hängen seiner nächsten Umgebung lagernden Schnees überschichtete das Seewasser und führte so eine weitgehende Verdünnung an der Oberfläche herbei. Das Wasser des Seebaches dagegen mußte vermöge seiner höheren Temperatur in größere Tiefen hinabsinken.

In den letzten Tagen des Februar erfolgte, zu einer abnorm frühen Zeit, das Auftauen des Sees. Zunächst ist noch keine wesentliche Veränderung der Leitfähigkeit zu konstatieren; bald aber führt die Frühlingzirkulation einen Ausgleich zunächst bis zu 20 m und später, durch stärkere Stürme unterstützt, einen solchen bis zum Grunde hinab herbei (16. IV.). Gleichzeitig macht sich eine fortschreitende, alle Schichten ungefähr gleichmäßig betreffende Abnahme der Konzentration geltend. Diesen Zustand können wir bis etwa anfangs Mai unverändert verfolgen.

Dann tritt aber plötzlich eine durchgreifende Veränderung ein, welche allen Beobachtungen des Sommers ihren Stempel aufprägt. Die Serie vom 15. V. weist in den Proben aus 0, 2, 5, 10 m eine außerordentlich starke Verringerung des Leitvermögens auf, während die Werte für die Tiefe ganz konstant geblieben sind. Es ist wohl außer Zweifel, daß die Ursache in einer nur die oberen Schichten umfassenden Wassererneuerung zu suchen ist. Denn gerade um diese Zeit war, wie aus der Pegelkurve ersichtlich, das Frühjahrshochwasser mit großer Heftigkeit eingetreten und hatte den ungemein raschen Abfall des Leitvermögens im Seebach herbeigeführt. Dieses Hochwasser hatte aber nicht wie zur Zeit der Vollzirkulation eine Abnahme der Leitfähigkeit in der ganzen Wassermasse des Sees zur Folge gehabt. Denn im See war durch die fortschreitende Erwärmung eine thermische Schichtung entstanden, die nicht mehr, wie früher (z. B. 16. IV.) durch einen heftigen Wind wieder verwischt werden konnte. Unterhalb 10 m sehen wir eine deutliche Sprung-

schicht ausgebildet. Auch der Seebach weist zwar eine Temperatursteigerung auf, hat aber mit der Erwärmung des Sees nicht gleichen Schritt gehalten. Das schwerere Seebachwasser mußte daher im See untersinken, konnte aber nur bis zur Zone der gleichen Temperatur bzw. Dichte vordringen, in unserem Fall also bis etwa 15 m. Die Wassererneuerung konnte also nur oberhalb dieser Tiefe erfolgen, die darunter liegenden Schichten bleiben davon unberührt und konservierten somit auch die vor dieser einschneidenden Wendung im See vorhandene Leitfähigkeit.

Daß diese Wirkung der partiellen Wassererneuerung in einer mit den Beobachtungen des Leitvermögens völlig übereinstimmenden Weise auch in sehr tiefgreifenden Veränderungen der Verteilung mancher Planktonorganismen zum Ausdruck kommt, wurde schon an anderer Stelle erörtert.¹⁾

Die Mächtigkeit der Wassermasse des Sees, welche durch den Einrinn in Bewegung gesetzt wird, hängt jedoch nicht allein von dessen Temperatur, sondern auch von dessen Wasserführung ab, so zwar, daß ein besonders heftiges Hochwasser auch noch tiefere Wasserschichten mitzureißen vermag. Ein Beispiel dafür bietet uns die Beobachtung vom 28. V. Da hat zwei Tage vorher ein ganz außergewöhnliches Hochwasser einen vollständigen chemischen und thermischen Ausgleich bis zu 20 m Tiefe hinab herbeigeführt und der Leitfähigkeitssprung beginnt erst unterhalb dieser Zone. Gleichzeitig erreicht der Mittelwert des Leitvermögens sein Minimum, die Differenz von Oberfläche und Tiefe dagegen ihr Maximum.

In der ersten Hälfte des Juni erreicht die rasch ansteigende Leitfähigkeitskurve des Seebaches jene der Seeoberfläche; demgemäß sehen wir um diese Zeit wiederum eine Zunahme der mittleren Leitfähigkeit des Sees einsetzen, zunächst langsam, später jedoch rascher. Bemerkenswert ist, daß in einer Anzahl der in diese Zeit fallenden Beobachtungsserien das Minimum deutlich in 10 m liegt. Der Grund hierfür dürfte darin liegen, daß der Seebach bei seiner um diese Zeit nur geringen Wasserführung sich sehr rasch mit dem Wasser des Sees vermischt und somit seine Wirkung, insbesondere bei hochliegender Sprungschicht, nicht bis zu jener Tiefe erstrecken kann;

¹⁾ Ruttner, F., Bericht über die Planktonuntersuchungen an den Lunzer Seen. Vortrag geh. v. d. 85. Versammlung deutscher Naturforscher u. Ärzte in Wien 1913. Diese Revue, Bd. VI, 1914.

daher bleibt dort das Frühjahrsminimum am längsten erhalten. Auch die warmen (ca. 15° im Sommer) und sehr konzentrierten Zuflüsse des Ostufers mögen die Zunahme des Leitvermögens an der Oberfläche wesentlich fördern.

Die gleichzeitig zu verzeichnende Zunahme des Leitvermögens in 20 m dürfte am wahrscheinlichsten durch Diffusion von unten her erklärt werden, da vermutlich der Leitfähigkeitssprung unmittelbar darunter gelegen sein dürfte. Leider liegen hierüber keine näheren Beobachtungen vor.

Von Ende August ab machen sich, bei der Leitfähigkeit sowohl wie bei der Temperatur die Einflüsse vertikaler Abkühlungsströme geltend, erst nur in den oberflächlichen Schichten, dann aber immer tiefer greifend, und am 9. XI. ist der vollständige Ausgleich von der Oberfläche bis zum Grunde, das Maximum der herbstlichen Zirkulation erreicht.

Das Jahr 1913 mit seinen vom Vorjahre so abweichenden Witterungsverhältnissen zeigt hinsichtlich der vertikalen Schichtung des Leitvermögens wenn auch nicht wesentliche, so doch immerhin bedeutende Unterschiede. Die Verhältnisse im Winter sind dieselben wie im Vorjahre: ein durch den konzentrierteren Zufluß bedingtes Maximum an der Oberfläche und ein weiteres in der Tiefe. Dagegen tritt, wohl infolge Schneemangels und des Fehlens ausgiebiger Tauwetterperioden, ein durch Schmelzwasser bedingtes Minimum an der Oberfläche nur am 15. II. andeutungsweise in Vorschein. Die Frühlingsschneesmelze setzte, wie schon erwähnt, in diesem Jahre sehr allmählich ein und war durch eine Kälteperiode im April unterbrochen. Da ferner viel weniger Schnee lag als im Vorjahre, fiel auch das Frühlingshochwasser bedeutend mäßiger aus, ein Umstand, der sowohl in der Pegelkurve als auch in den Leitfähigkeitsverhältnissen seinen Ausdruck findet. Trotz des hohen Betrages, den das Leitvermögen über dem Grunde den ganzen Sommer über beibehält, ist die Differenz von Oberfläche und Tiefe wegen der hohen Konzentration der oberen Schichten bedeutend geringer als im Vorjahre. Davon abgesehen sind jedoch die zutage tretenden Erscheinungen dieselben, so daß eine eingehende Schilderung unter Hinweis auf Tab. IV unterbleiben kann.

Bezüglich der täglichen Beobachtungen der Oberflächenleitfähigkeit ist dem bisher schon Gesagten nicht mehr viel hinzuzufügen. Die

täglichen Schwankungen sind nur selten einigermaßen bedeutend und dann in der Mehrzahl der Fälle auf die Verdünnung des Oberflächenwassers durch den während der Probeentnahme direkt in den See fallenden Regen zurückzuführen. Ganz besonders gering sind die täglichen Unterschiede zur Zeit der herbstlichen Zirkulationen, denn da werden ja alle an der Oberfläche eventuell auftretenden Differenzen durch die Konvektionsströmungen rasch verwischt.

Überblicken wir nochmals die bisher geschilderten Verhältnisse, so ergibt sich ohne Zweifel, daß das elektrolytische Leitvermögen bzw. die Konzentration des Seewassers in erster Linie von seinen Zuflüssen bestimmt wird und daß alle anderen Faktoren dabei eine nur untergeordnete Rolle spielen. Ja, die Veränderungen, welche durch den Zufluß in der Leitfähigkeit des Sees hervorgerufen werden, sind so bedeutend, daß ihre Beobachtung ein treffliches Mittel darstellt, die Art und Weise der Wassererneuerung genau zu verfolgen.

So sehen wir im kalten Winter unter der Eisdecke das Seebachwasser sich unmittelbar an der Oberfläche ausbreiten, eine Tatsache, welche auch durch die Befunde der Planktonuntersuchungen ihre Bestätigung findet. Ferner sehen wir, daß im Frühling und Sommer nur die Wassermassen oberhalb einer bestimmten, mittleren Tiefe in den Wasseraustausch mit einbezogen sind, während das Tiefenwasser davon unberührt bleibt, bis die herbstlichen Konvektionsströmungen auch dieses emporziehen und seine Erneuerung herbeiführen.

In der Tatsache, daß das Tiefenwasser von der Erneuerung durch die stark verdünnten Schmelzwässer im Mai ausgeschaltet wird, finden wir eine einfache Erklärung der auffallenden Unterschiede in der Konzentration von Oberfläche und Tiefe während der Sommermonate.

Daß während der Stagnationsperioden das Wasser der Seen nicht nur thermisch, sondern auch chemisch geschichtet ist, wurde schon von Brönstedt und Wesenberg-Lund im Furesee in Dänemark festgestellt. Doch ist die Hauptursache dieser Erscheinung in dem genannten See eine ganz andere als bei uns, nämlich eine Ausfällung insbesondere von Kalk in den oberen Wasserschichten und eine Anreicherung dieses und anderer Stoffe im kohlensäurehaltigen Tiefenwasser. Auch das Verhältnis des Chemismus des Furesees zu jenem seines Zuflusses ist ein ganz anderes: Der Zufluß ist stets konzen-

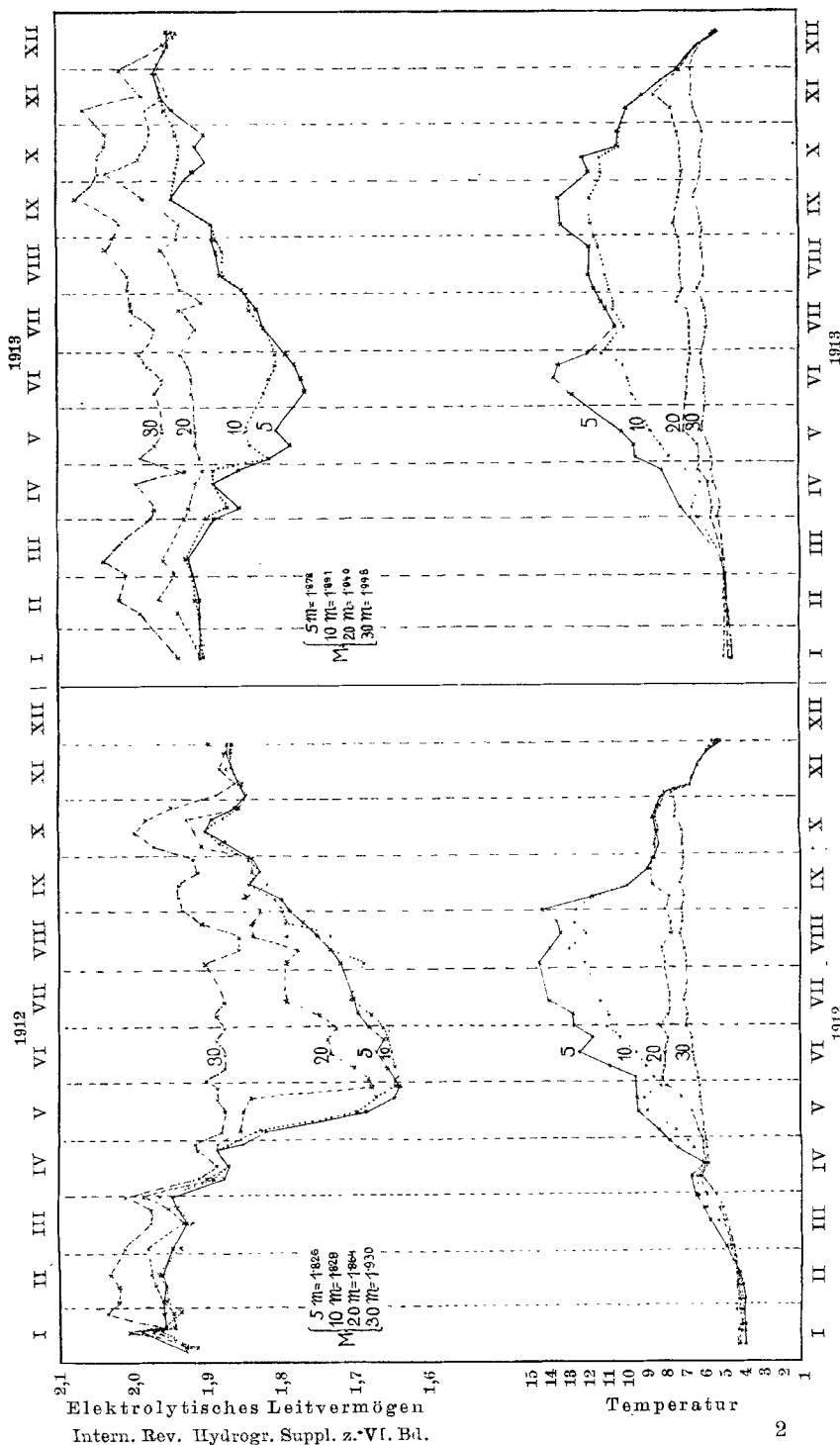


Fig. 2. Der Gang der elektrolytischen Leitfähigkeit und der Temperatur in 5, 10, 20 und 30 m im Lunzer Untersee während der Jahre 1912 und 1913.

trierter als der See, sein Wasser wird im See entkalkt. Im Lunzer See sind die Ursachen der chemischen Schichtung vorwiegend mechanischer, im Furesee chemischer Natur. Dieser Gegensatz dürfte vermutlich für alle stark durchströmten Alpenseen einerseits und für die Seen des Flachlandes mit geringem Wasserwechsel andererseits zutreffen, wenn auch auf Grund der zwei einzigen, genauer untersuchten Fälle eine Verallgemeinerung verfrüht erscheint.

Es besteht wohl kein Zweifel, daß die chemischen Vorgänge, welche bei den dänischen Untersuchungen so stark in den Vordergrund treten, im Lunzer See ebenfalls wirksam sind; darauf deutet ja die Steigerung des Leitvermögens unmittelbar über dem Grunde während der Stagnationsperioden. Sie werden jedoch durch die viel stärkeren mechanischen Einflüsse der Wassererneuerung größtenteils verdeckt.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß ein gewisser Zusammenhang von Temperatur- und Konzentrationsschichtung insofern besteht, als meistens die in den mittleren Tiefen gelegene Temperatursprungschicht auch die Zone der größten Veränderungen im Leitvermögen darstellt. Sind ja doch beide Erscheinungen von den Strömungs- und Durchmischungsvorgängen in den oberen Wasserschichten abhängig. Weitere Beziehungen sind aber naturgemäß nicht vorhanden. Da die Zahl der Beobachtungen in den Serien der Tab. III u. IV zu gering ist, um diese Verhältnisse genauer verfolgen zu können, so sei hier auf die Textfigur 2 hingewiesen, welche die Temperatur- und Konzentrationsschichtung am 10. Juni 1914 nach Messungen an von zwei zu zwei Metern entnommenen Proben wiedergibt. Das ungefähre Zusammenfallen von Temperatur- und Konzentrationssprungschicht läßt auch das Vorhandensein seichesartiger Schwankungen der Ebenen gleicher Leitfähigkeit erwarten. Andeutungen hierfür wurden wohl beobachtet, doch stehen genauere Untersuchungen darüber noch aus. Jedenfalls ist es wahrscheinlich, daß Leitfähigkeitsbeobachtungen eine wertvolle Ergänzung zur Untersuchung von Temperaturseiches bilden dürften.

Erheblichere Unterschiede des Leitvermögens in horizontaler Richtung konnten im Lunzer See nicht festgestellt werden. Wohl schien in zwei zur Lösung dieser Frage unternommenen Beobachtungsserien eine sehr geringe, gesetzmäßige Zunahme der Leitfähigkeit das eine Mal von Ost nach West, das andere Mal von West nach Ost vorhanden zu sein. Doch möchte ich mich über die vermutlichen Ur-

sachen dieser Erscheinung bei der geringen Zahl der vorliegenden Beobachtungen noch nicht aussprechen.

Auch sonst muß natürlich noch eine Fülle von Problemen, die zum Teil in den bereits mitgeteilten Messungen angedeutet sind, einer späteren Lösung vorbehalten bleiben. Die hier mitgeteilten Ergebnisse werden jedoch den Beweis erbringen, daß Leitfähigkeits-

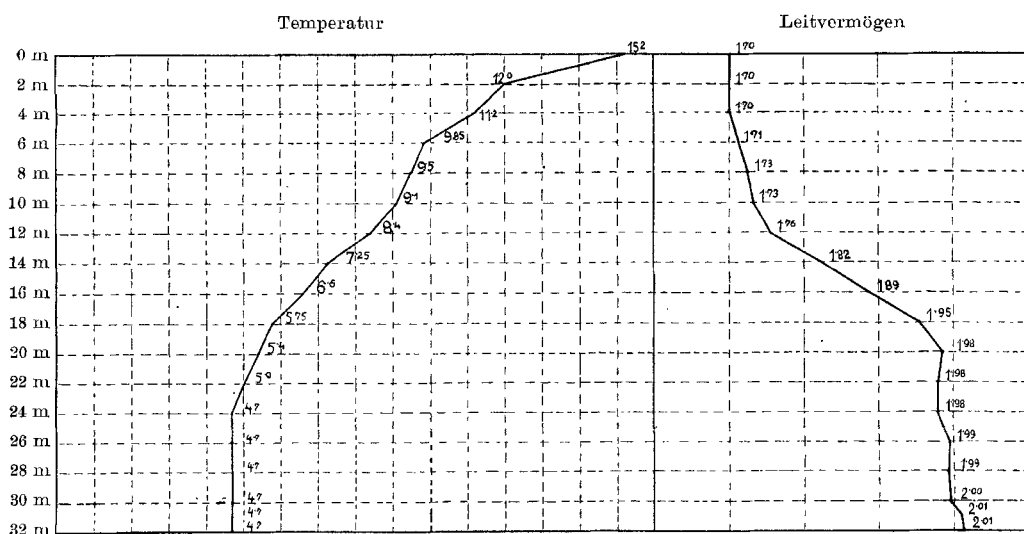


Fig. 3. Vertikale Verteilung von Temperatur und Leitvermögen im Lunzer Untersee am 10. VI. 1914.

untersuchungen ein brauchbares Hilfsmittel für die Beurteilung vieler hydrographischer und hydrobiologischer Fragen bilden und eine Ausdehnung derselben auf möglichst viele Gewässer wertvolle Resultate verspricht.

Der Obersee.

In diesem See wurden bisher keine regelmäßigen Beobachtungen des elektrolytischen Leitvermögens ausgeführt, es liegt bisher nur eine Anzahl gelegentlicher Messungen vor, deren Ergebnisse ich, ohne über ihre Ursachen ein abschließendes Urteil abgeben zu wollen, im folgenden kurz anführe.

In Fig. 4 sind die Resultate von sechs Vertikalserien des Jahres 1911 graphisch dargestellt. Was im Vergleich zum Untersee zunächst auffällt, sind die außerordentlich großen Differenzen von Oberfläche

und Grund, welche noch dazu hier auf eine Tiefe von nur etwa 15 m zusammengedrängt sind. Das Maximum dieser Differenzen liegt interessanterweise am Ende der Winterstagnation (11. IV.), offenbar wegen der langen Dauer dieser Periode (fünf bis sechs Monate). Ein weiterer, bemerkenswerter Unterschied gegenüber dem Untersee äußert sich darin, daß den ganzen Sommer hindurch eine Abnahme der

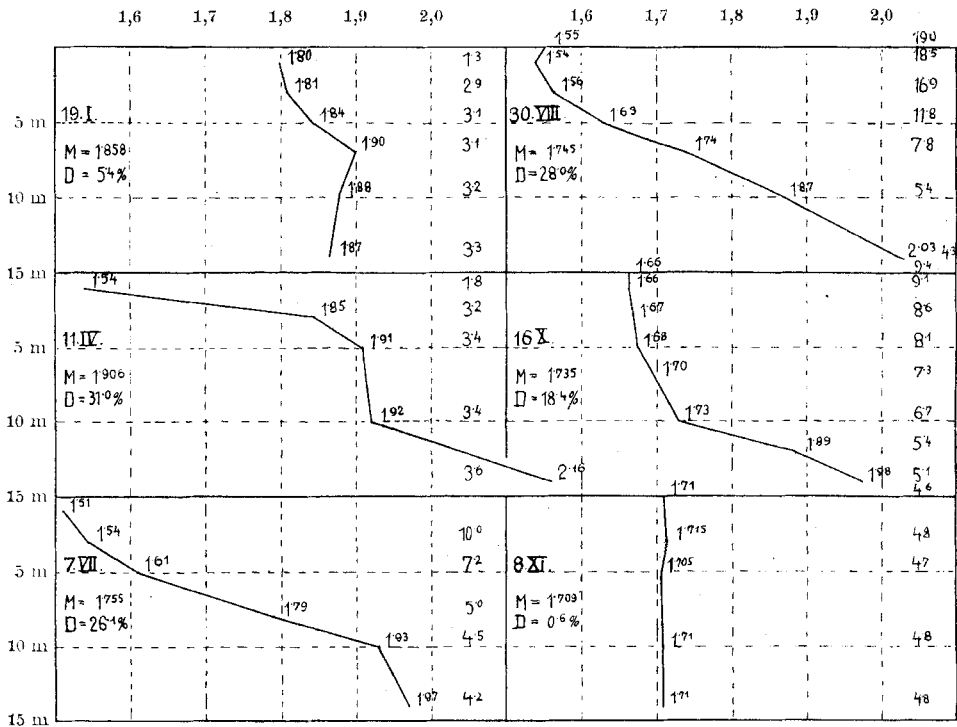


Fig. 4. Das elektrolytische Leitvermögen im Obersee im Jahre 1911.

mittleren Leitfähigkeit zu verzeichnen ist, während nach den im Untersee gemachten Erfahrungen besonders in dem sogar in Lunz sehr regenarmen Sommer 1911 gerade das Gegenteil zu erwarten gewesen wäre.

Aus diesen Tatsachen ergibt sich schon, daß hier vermutlich andere Faktoren bei der Regulierung des Leitvermögens wirksam sind, als im Untersee und daß aller Wahrscheinlichkeit nach Ausfällungsprozesse ähnlich der von Brönstedt und Wesenberg-Lund beobachteten Entkalkung des Fureseewassers eine bedeutende Rolle spielen. Jeden-

falls läßt eine genaue Untersuchung dieser Verhältnisse noch interessante Aufschlüsse erhoffen. Nimmt ja doch der Obersee auch sonst in chemischer und biologischer Beziehung eine vom Untersee abweichende Stellung ein, zumal, wie bereits an anderer Stelle berichtet wurde, in seiner während der Sommerstagnation nahezu sauerstofffreien Tiefenzone eine starke Anreicherung von Eisen stattfindet.¹⁾ Auf Rechnung dieses hohen Eisengehaltes dürfte auch ein Teil des Leitfähigkeitsmaximums in der Tiefe zu setzen sein.

Über die in den Diagrammen vom 16. X. und 8. XI. klar zutage tretenden Durchmischungsvorgänge während der Herbstkonvektion ist nichts weiter zu bemerken. In horizontaler Richtung treten im Obersee immerhin größere Unterschiede auf, was bei dem ungleichförmigen, in mehrere Becken gegliederten Bau dieses Gewässers verständlich ist.

Vom pflanzengeographischen Standpunkte interessant gestalteten sich die Messungen einiger Wasserproben aus den schwimmenden Moorwiesen, welche in einer Breite von stellenweise 100 m und darüber das Ost- und Südufer des Obersees umsäumen und für sein Landschafts- und Vegetationsbild sehr charakteristisch sind. Diese mehrere Meter mächtigen Moorkager werden von den Seespiegelschwankungen gehoben und gesenkt und können daher nur an jenen Stellen, wo sie mit dem festen Ufer zusammenhängen, inundiert werden; bei Hochwasser machen sie dann den Eindruck von Inseln. Eine typische Moorflora, bestehend aus Torfmoosen, *Trichophorum*-arten, *Drosera* etc. besiedelt in reicher Fülle diese schwimmenden Wiesen und zwischen den Pflanzenpolstern befinden sich kleine, nur wenige Zentimeter tiefe Tümpel, ein Fundstelle herrlicher *Desmidiaceen*.

Alle diese Pflanzen sind als Bewohner eines sehr kalkarmen Wassers bekannt und manche von ihnen gelten direkt als kalkfeindlich. Es mußte daher Erstaunen erregen, diese Pflanzengesellschaft auf einem See von immerhin beträchtlichem Kalkgehalt schwimmend zu finden. Schon die erste Leitfähigkeitsmessung einer Wasserprobe aus einem der erwähnten Tümpel im Moor, nicht einmal einen Meter von dem vom Seewasser umspülten Rande entfernt, brachte die Lösung dieses Rätsels: Das außerordentlich geringe Leitvermögen (annähernd $\frac{1}{8}$ des im See beobachteten) verriet, daß es nicht Seewasser war, welches den Tümpel erfüllte, sondern hauptsächlich Regenwasser.

¹⁾ Mulley u. Wittmann, Abschn. 1.

Weitere Messungen an verschiedenen Stellen des Moores, auch bei trockenem Wetter, bestätigten diesen Befund. Ihre Resultate sind in folgender Zusammenstellung wiedergegeben:

16. X. 1911. Moor am Ostufer:

See am Moorrand	1,65
Kleiner Tümpel, 1 $\frac{1}{2}$ m vom Moorrand	0,21
Kleiner Tümpel, 60 cm vom Moorrand	0,26
Kleiner Tümpel, 5 m vom Moorrand	0,17
Größerer Tümpel, 10 m vom Moorrand, 30 cm tief	0,38

Moor am Südufer:

See am Moorrand	1,66
Kleiner Tümpel, 50 cm vom Moorrand, in direkter Verbindung mit dem See	0,76
Kleiner Tümpel, 2 m vom Moorrand	0,19
Größerer und tieferer Tümpel, 3 m vom Moorrand	0,86

Es geht hieraus hervor, daß insbesondere die kleinen, ganz seichten Tümpel, gerade jene, welche die reichste Desmidiaceenflora beherbergen, das am wenigsten konzentrierte Wasser haben, während in den größeren und tieferen, offenbar unter dem Einflusse des Seewassers, das Leitvermögen wiederum wächst. Es beweisen diese Beobachtungen, wie langsam die Diffusion in dem Pflanzengewirre der schwimmenden Moorbiesen vordringt. Ja, in einem so regenreichen Gebiete, wie die Umgebung des Obersees es ist, wird ihre Wirkung durch den häufig fallenden Regen ganz aufgehoben, es fließt gewissermaßen ein konstanter Strom von Regenwasser von den Mooren gegen die Seefläche ab und wirkt der Diffusion entgegen, so daß sogar ein mit dem See in offener Verbindung stehender Tümpel eine starke Verringerung des Leitvermögens aufweist.

Ganz anders verhält sich das Wasser der Sumpfwiesen des festen Ufers, welche bei Hochwasser inundiert werden. Dieses zeigt, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht, durchwegs relativ hohe Leitfähigkeitswerte, zum Teil höher als der See selbst, was auf in der Nähe einmündende Zuflüsse zurückzuführen ist. Übereinstimmend fehlt an diesen Stellen die echte Moorflora, die Vegetation setzt sich hauptsächlich aus verschiedenen Carexarten zusammen.

Die Ergebnisse einiger Messungen sind:

Carexsumpf auf der Insel, vom Rasen abgespreßtes Wasser	0,88
Carexsumpf am Ostufer, Tümpel, 2 m vom Ufer . . .	2,01
Carexsumpf am Westufer, kleiner Tümpel zwischen Moor- rasen	1,33.

Die Zahl der im Mittersee ausgeführten Messungen ist noch zu gering, um hier in Extenso erörtert zu werden. Es sei nur erwähnt, daß sich in diesem Grundwassersee Unterschiede des Leitvermögens der einzelnen Quellbezirke zeigten. Die Werte sind bedeutend höher als jene des Oberseeabflusses, obwohl ein großer Teil des im Mittersee zutage tretenden Wassers, wie Götzingen bereits gezeigt hat, aus dem Obersee stammt. Diese Anreicherung der Konzentration erhält der Abfluß des Obersees durch die von den Talhängen einmündende Quellen, wie Leitfähigkeitsmessungen an verschiedenen Stellen des oberirdischen Seebachlaufes zwischen Ober- und Mittersee erwiesen haben.
