

Einige Erfahrungen und Wünsche auf dem Gebiete der Seenforschung

von Dr. Johann Müllner.

In einem Berichte über die Fortschritte der Seenforschung¹⁾ hat R. Sieger den Gesamteindruck, welchen er auf der Münchener Ausstellung (1894) aus der Gruppe „Alpine Seenforschung“ empfing, dahin zusammengefaßt, daß „die Seenforschung im Alpengebiete im Übergange begriffen sei von der opferwilligen und mühseligen Arbeit des einzelnen zur systematischen und offiziellen Aufnahme der Binnenseen“. Dadurch, daß er den Ausdruck offiziell auch für die vom Staate unterstützten Arbeiten in Anwendung brachte, konnte er sein Urteil ebensowohl auf die vom Staate so trefflich ins Werk gesetzte Erforschung der Schweizerseen, die internationale Aufnahme des Bodensees und die planmäßigen Untersuchungen der Plattenseekommission wie auf die Arbeiten A. Delebecques und H. R. Milis oder den Atlas der österreichischen Alpenseen gründen, welche doch im Grunde genommen Arbeiten einzelner waren. Einen Schritt weiter als Sieger ist Halbfab gegangen, indem er, gestützt auf die staatliche Förderung, welche die nordamerikanische Union und vor allem Rußland der Seenforschung angedeihen ließen, zuerst auf dem Internationalen Geographenkongresse zu Berlin²⁾ und dann wieder auf dem Breslauer Geographentage³⁾ aus rein wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Gründen die Errichtung limnologischer Landesanstalten in Anregung brachte. So sehr wir aus den mannigfachsten Ursachen eine von behördlicher Seite in Angriff genommene und in streng systematischer Weise durchgeführte Seenforschung begrüßen würden und dafür dankbar sind, daß unser k. k. hydrographisches Zentralbureau auch zahlreiche Fragen der intensiven Seenforschung in den Kreis seiner Beobachtungen zieht⁴⁾ und neben den regelmäßigen Aufzeichnungen über Pegelstand, Oberflächenwärme und Eisverhältnisse beispielsweise im verflossenen Winter durch Einsenkung eines Thermographen in den Gmundener- und Bodensee einen genauen Einblick in den Wärmegang einer bestimmten Seetiefe zu gewinnen sich bestrebt, so glauben wir doch, daß hiedurch die Arbeit des einzelnen auf dem weiten Felde der Seenforschung nicht überflüssig geworden ist. Die nachstehenden Zeilen bezwecken durchaus nicht, alle jene Probleme aufzurollen, die der Einzelforschung noch immer Raum zur Betätigung bieten könnten; sie müßten wiederholen,

¹⁾ Globus LXVII Nr. 5, S. A., S. 1.

²⁾ Verhdlg. des VII. intern. Geogr.-Kongr. 1899, S. 251.

³⁾ Verhdlg. des XIII. deutschen Geographentages 1901, S. 248 ff.

⁴⁾ ebda S. XXXIV, Mitteilung des Herrn Konsulenten Dr. Swarowsky.

was Forel¹⁾ am Schlusse seines Handbuches der Seenkunde, Halbfäß in seinem Vortrage über systematische internationale Seenforschung²⁾ und neuerdings W. Ule³⁾ als Aufgaben der Seenforschung überhaupt hingestellt haben. Sie begnügen sich, auf einige derselben hinzuweisen, indem sie von dem Standpunkte ausgehen, den schon E. Richter⁴⁾ einnahm, als er in seinen Seestudien den Wunsch äußerte, es möge sich ein am Ufer eines Sees wohnhafter Naturforscher der thermischen Probleme annehmen, da die extensive Forschung neue Ergebnisse nicht mehr zu zeitigen vermöge und an ihre Stelle die intensive treten müsse. Sie wenden sich daher in erster Linie an jene Kollegen, die teils durch ihren Amtssitz, teils durch ihren Sommeraufenthalt Gelegenheit haben, ihre Kraft dem Studium der Seen zuzuwenden. Intensiver Forschung könnten beide gerecht werden. Die ersteren selbstverständlich in weit umfangreichem Maße als die letzteren. Daß der Einzelforscher auch während des Ferienaufenthaltes an einem See Untersuchungen von größter Intensität anzustellen vermag, beweisen am besten die überaus lehrreichen Messungen der täglichen Periode der Seetemperatur, welche F. Exner im Sommer 1899 mittelst 5 Bolometern aus dünnem Platindrahte im St. Wolfgangsee vornahm.⁵⁾

Erhebt zwar die Physik und neben ihr vielleicht die Naturgeschichte der Seen in besonderem Maße den Anspruch, intensiver beobachtet zu werden als bisher, so dürfen wir doch nicht aus dem Auge verlieren, daß die Seenforschung neben diesen auch noch andere Aufgaben zu lösen hat, und daß derjenige, der sich mit der Physik des Seewassers befaßt, zuerst eine genaue Kenntnis der morphometrischen Werte der Seewanne besitzen muß. Trotzdem in letzterem Punkte bereits vieles geschehen ist und Grissinger schon 1892⁶⁾ betonen konnte, daß nach Auslotung des Weißensees in Kärnten die morphometrischen Werte aller größeren Alpenseen Oesterreichs bekannt seien, ist doch die noch zu vollbringende Arbeit bedeutender, als man glauben möchte.

Es sei davon abgesehen, daß auch unsere großen Alpenseen einer intensiveren Erforschung ihrer Wannenform vielfach noch dringend bedürfen. Was A. Penck⁷⁾ hinsichtlich der großen Abstände der Lotungsorte in Baybergers Karte des Chiemsees bemerkt, gilt auch von dem einen und anderen unserer Seen des Salzkammergutes. Schon Sieger hat in dem obenerwähnten Aufsätze „das lebensvolle Bild des Hallstättersees mit dem wenig anschaulichen des Attersees“ verglichen und dies als Beweis dafür hingestellt, daß „nicht durchaus die größten Seen die am genauesten erforschten sind“. Niemand ist sich dessen mehr bewußt als der Verfasser, daß in der Tiefenkarte eines Atter-, Mond-, St. Wolfgang- oder Grundlsees durch eine ziemlich starke Verdichtung des Lotungsnetzes die Isobathen lebensvoller und der Natur besser angepaßt gezogen werden könnten, als es nach Simonys

1) S. 241 u. 242.

2) Verhdlg. des VII. intern. Geogr.-Kongresses 1899, S. 247, 248.

3) Die Aufgabe Geogr. Forschung an Seen, Abhdlg. d. k. k. geogr. Gesellsch. Wien, IV. 1902.

4) Pencks Geogr. Abhandlungen, VI. 2. 1897, S. 54.

5) Messungen der täglichen Temperaturschwankungen in verschiedenen Tiefen des Wolfgangsees. S. A. W. W., Abt. IIa 1900, CIX, S. 905.

6) Der Weissensee in Kärnten. Petermanns Mitteilungen 1892, S. 154.

7) Die Alpen im Eiszeitalter, Leipzig 1902, S. 167 u. 168.

Lotungen möglich war. Doch möchten wir aus manchen erst später zur Erörterung gelangenden Gründen eine derartige Neuauslotung größerer Seen nicht in erster Linie zu den Aufgaben der Einzelforschung rechnen, obwohl W. Ules¹⁾ Vermessung des Würmsee und die vom Verfasser zur Konstruktion der Tiefenkarte des St. Wolfgangsees verwendeten Lotungen F. Exners²⁾ treffliche Beispiele dafür sind, daß auch der einzelne auf großen Seen schöne Ergebnisse zu erzielen vermag.

Uns schweben vielmehr die zahlreichen kleinen Seen des Hochgebirges vor Augen, deren Entstehung so innig mit der morphologischen Geschichte des Landes verknüpft ist. Sie sind durch mannigfache Gründe der Einzelforschung bisher am meisten entzogen worden und gehören doch ureigentlich in ihren Bereich. Was E. Fugger³⁾ für die Seen Salzburgs geleistet hat, ist für die übrigen Hochseen unserer Alpen ein gänzlich unbefolgtes Muster geblieben. Und doch könnte ein an Ort und Stelle wohnender Forscher durch seinen Einfluß auf die maßgebenden Kreise eine bedeutend intensivere Förderung seiner Untersuchungen erlangen als es der Fremde vermag, der nur zu oft an Stelle werktätiger Unterstützung Mangel an Interesse, wenn nicht gar absichtlich bereitete Hindernisse findet.

Die Arbeit, die der einzelne mit der genauen Auslotung eines kleinen Sees auf sich nimmt, ist keineswegs eine undankbare, aber auch keine leichte. Es genügt nicht, die Wanne aus ihrer Umgebung herauszuschälen und sie als Individuum für sich zu betrachten. Mit der Festlegung der subaquatischen Wannenform ist die Arbeit in keinem Falle als beendet anzusehen. Dem Ausloter erwächst vielmehr jetzt erst die Aufgabe, die aus der Wannenkonfiguration und den eingeholten Grundproben sich ergebenden Tatsachen mit den geomorphologischen Verhältnissen der Umgebung des Sees in Verbindung zu bringen, um daraus einen Schluß auf die Entstehung und Geschichte der Wanne ziehen zu können. Gerade die Untersuchung der kleinen Hochgebirgsseen ist instande, Material für den Nachweis verschiedener Eisperioden in unseren Alpen zu geben, wie A. Penck in seinem oben zitierten Werke⁴⁾ vielfach zu betonen Gelegenheit hatte. Hängt doch auch, wie schon E. Richter⁵⁾ hervorhob, das Seenphänomen des Hochgebirges innig mit der Frage der Entstehung der Kare zusammen.

Wie groß die Zahl der bisher unerforschten Seen unserer Alpen ist, mag aus der folgenden Zusammenstellung hervorgehen. In Niederösterreich harrt bislang der Erlaufsee einer systematischen Untersuchung seiner Tiefen. Im Lunzersee wurden 1902 zwar zum Zwecke biologischer Studien von Dr. Stockmayer Lotungen vorgenommen, doch ist über den Umfang der Messungen bisher nichts Näheres bekannt geworden. Auch vom Leopoldsteinersee gibt es noch keine Tiefenkarte. Im Salzkammergute fehlen Lotungen vom Oedensee bei Außer Kainisch, von den Oedenseen in der Hetzau, vom Augst-, Wilden-, Elm- und Hinteren

¹⁾ Der Würmsee in Oberbayern. Wiss. Veröffentl. d. Ver. f. Erdkunde zu Leipzig, V. 1901.

²⁾ Vgl. Seen des Salzkammergutes. Pencks Geogr. Abhdlg. VI. 1. 1896, S. 34.

³⁾ Salzburgs Seen. Mitteilungen der Gesellsch. für Salzburger Landeskunde XXX., XXXI., XXXIII. u. XXXV. Bd.

⁴⁾ Alpen im Eiszeitalter.

⁵⁾ Kahre und Hochseen. Verhandlungen des Naturforscher- und Aerztetages zu Wien 1894, S. 252—256.

Lahngangsee im Totengebirge, desgleichen von den Seen des Ahornkars am Südostabhange des Dachsteinstockes und den Seen des Salzsteiges am Südrande des Totengebirges. Gewiß dankenswerte Objekte der Seenforschung wären die Becken von Oberort Tragöb samt dem Sackwiesensee auf dem Plateau des Hochschwab, die Seen des Bachergebirges, denen so gerne bedeutende Tiefen zugeschrieben werden, der Raiblersee, in welchem zwar E. Richter¹⁾ Ende September 1893 Lotungen ausführte, sie aber als unverläßlich verwarf, die Seen der Kreuzeck-Polinikgruppe und vor allem die Karseen der Hohen und Niederen Tauern. Welch reiche Zahl von Seen liegt beispielsweise in der Umgebung der Hochwildstelle oder in den Nordostausläufern des Hochgolling und in den hinteren Verzweigungen des Gr. Sölk- und Hohenseebachtales! Die Untersuchung des Rissachsees, des Schwarzensees im Hintergrunde des westlichen Quelltales der Kl. Sölk und der drei südlich von der gleichnamigen Scharte gelegenen Landschitzseen oder des Tappenkarsees und seiner östlichen Nachbarn würde wertvolles Material für den Nachweis der Verbreitung des Bühl-Gschnitz- und Daunstadiums der Vergletscherung im Ennsgebiete liefern.²⁾ Nicht minder reich an Problemen ist das Gebiet des Hafnereck mit dem oberen und unteren Rotguldensee, das Marchkar mit den beiden Schwarzen- und dem Kawassersee oder die Sonnblickgruppe mit den Seen des Kl. Fleiß-, Zirknitz-, Fragant-, Hierkar- und Pochharttales. Die Wannens des Fernpasses (Mitter-, Weißen-, Blind-, Sameranger- und Fernsteinsee) gewinnen durch die Annahme Pencks³⁾, daß ein Arm des Inngletschers über ihn in das obere Loisachtal eindrang, erhöhte Bedeutung. Die Untersuchung hätte klarzustellen, ob nicht neben dem Trümmerwerk des Bergsturzes auch die Vereisung des Passes an ihrer Bildung beteiligt war. Mit dem Hinweise auf den durch einen Bergsturz entstandenen Eibsee und die Seen des bairischen Seetrauntales, welche ähnlichen Ursachen wie die Reschenscheideckseen ihre Entstehung verdanken, wollen wir unsere weitaus nicht erschöpfende Aufzählung noch nicht ergründeter Seen beschließen und uns nunmehr der rein technischen Seite der Seenforschung zuwenden.

I. Die Arbeiten, welche sich auf die Erforschung des Seebeckens beziehen.

Es liegt uns auch hier ferne, eine Methodik derselben zu schreiben. Mangelt uns zwar bislang eine solche, so haben doch einzelne Seenstudien und vor allem E. Richter⁴⁾ und W. Ule⁵⁾ zu diesem Gegenstande in ausführlichster Weise das Wort ergriffen. Wir beschränken uns darauf, einige bescheidene Erfahrungen, die wir bei unseren, lediglich auf die Ferienzeit beschränkten Lotungen zu sammeln Gelegenheit hatten, mitzuteilen, indem wir glauben, daß sie vielleicht manchem, der sich durch das eine oder andere Problem der Seenforschung angezogen fühlt, nicht unerwünscht sein dürften.

¹⁾ Seestudien, a. a. O. S. 16.

²⁾ Vergl. Penck, Alpen im Eiszeitalter, S. 311 und 372.

³⁾ ebenda S. 271 und 292.

⁴⁾ a. a. O. S. 2 ff.

⁵⁾ Der Würmsee, a. a. O. S. 25 ff. — Die Gewässerkunde in dem letzten Jahrzehnt. I. Die Seenkunde. Hettners Geogr. Ztschrft. 1899. S. 435—456.

Wir behandeln zunächst die Arbeiten, welche nötig sind, um die morphometrischen Werte eines Sees mit größtmöglicher Zuverlässigkeit zu gewinnen. Am Schlusse werden wir noch einiges hinzufügen, wodurch auch der intensiven Forschung auf physikalischem Gebiete durch die Arbeit des einzelnen vielleicht ein Dienst erwiesen werden könnte.

Ehe wir an das eigentliche Lotungsgeschäft schreiten, haben wir mehrere Vorarbeiten auszuführen, die, so geringfügig sie zu sein scheinen, doch mitunter viel Zeit und Mühe erfordern können. Die meisten kleinen Seen liegen tief drinnen im Hochgebirge, nicht selten in großer Entfernung von menschlichen Ansiedlungen. Es empfiehlt sich daher stets, vor dem Beginne der Lotung eine Rekognosizierung vorzunehmen, die bald auf die nächste Talstation beschränkt bleiben kann, bald aber eine Begehung des Seengebietes erfordert. Diese kann zweckmäßig mit dem Studium der geologischen Beschaffenheit der Umgebung des Sees verbunden werden. Der Streichungsrichtung und dem Schichtfallen der Wannenseiten und der Ufer an beiden Seeenden, sobald der See eine Längsachse besitzt, wird besondere Aufmerksamkeit zu schenken sein. Knickungen im Gefälle der Talgehänge, Schliffkehlen, Gletscherschliffe und das Schottermaterial bedürfen einer gründlichen Prüfung. Wir werden aus der Summe der Erscheinungen bereits einen Schluß auf die Tiefenverhältnisse der Wanne zu ziehen und die Lotungsarbeit nach diesen einzurichten vermögen. Bei Seen ohne sichtbaren Abfluß wird man den Ursachen dieser Erscheinung nachzugehen haben und sich bemühen, den wahrscheinlichen Abfluß zu finden. Es sei in dieser Hinsicht nur auf den Vorderen Lahngangsee¹⁾, den Hinteren Gosausee²⁾ oder den eigentümlich gelegenen See auf dem Wildseeloder bei Fieberbrunn in Tirol verwiesen. Auch Bergstürze und ihre Wirkung auf die Gestaltung der Seewanne werden schon jetzt in den Kreis der Betrachtung gezogen werden können. Der Verlauf von Strandterrassen ist rings um den ganzen See zu verfolgen. Ihre Höhe über dem gegenwärtigen Seespiegel muß an den verschiedensten Stellen, und zwar genau gemessen werden, da sie ein wichtiges Moment für die Beurteilung der Entstehung der Wanne enthält. Daß sich Änderungen der Uferlinien, die in historischer Zeit eingetreten sind, zum Teile an der Hand detaillierter kartographischer Aufnahmen verschiedener Zeiten nachweisen lassen, konnte der Verfasser beim Zinkenbachdelta im St. Wolfgangsee zeigen.³⁾

Über manche Seen finden sich auch historische Aufzeichnungen von Erdbeben und sonstigen Elementarereignissen an ihnen. Wir werden in einer späteren Arbeit Gelegenheit haben, vom Hechtensee bei Kufstein derartiges berichten zu können. Haben wir vor Begehung des Sees die einschlägigen Quellen studiert, so wird es eine dankbare Aufgabe sein, an der Hand der Natur die Zuverlässigkeit der Überlieferung zu prüfen.

Auch die Meereshöhe des Seespiegels verdient Beachtung. In vielen Fällen werden wir Uferkoten in unserer Karte finden. In anderen bieten nur die Isohypsen einen Anhaltspunkt für die Höhenlage des Sees. Verfügt der Limnologe über ein gutes Barometer, so wird es ihm bei seiner vielleicht mehrmaligen Anwesenheit am Ufer des Sees

¹⁾ Seen des Salzkammergutes. a. a. O. S. 5.

²⁾ ebenda S. 39.

³⁾ ebenda S. 32 und 33.

möglich sein, dessen Meereshöhe wenn auch nur annähernd zu bestimmen. Daß auch die Höhenkoten unserer Originalaufnahme Berichtigungen erfahren können, geht beispielsweise aus der durch das Präzisionsnivellement geänderten Meereshöhe des Hallstättersees hervor.¹⁾

Der Besuch des Sees wird auch ergeben, ob auf demselben ein Boot vorhanden ist, und ob es zur freien Benützung steht. Ist letzteres nicht der Fall, dann hat man unter allen Umständen die Erlaubnis zu erwirken. Auch bei Seen ohne Boot wird man gut tun, sich mit dem Besitzer des Sees ins Einvernehmen zu setzen, namentlich dann, wenn man die Absicht hat, ein Floß erbauen zu lassen oder mit einem zusammenlegbaren Boote zu arbeiten, wie es unter anderem von A. Delebecque²⁾ und W. Halbfaß³⁾ verwendet wurde. Der Seenforscher wird finden, daß man sein Beginnen oft mit recht scheelen Augen ansieht, und es wird ihm manchmal Mühe kosten, die maßgebende Persönlichkeit von dem Zwecke seiner Arbeit überhaupt zu überzeugen. Verfasser hat von der liebenswürdigsten, keine Kosten scheuenden Förderung bis zu der in den wohlwollendsten Ausdrücken gefaßten Verweigerung der Erlaubnis, die sich gerne hinter Jagd- und Fischereirücksichten u. s. w. verschanzt, die verschiedensten Stufen des Interesses an limnologischen Untersuchungen wahrnehmen können. Sie sind gewiß mit ein Grund dafür, daß sich gerade kleinere Seen der Erforschung bisher entziehen konnten. Ist es doch sicher auch bezeichnend, daß in neuerer Zeit gerade der praktische Wert der Seenstudien so stark betont werden muß,⁴⁾ um auch für ihre rein wissenschaftliche Seite Unterstützung zu finden.

Bei großen Seen fällt zwar die Schwierigkeit der Bootbeschaffung weg. Dafür ergibt sich aber auf den mit Dampfern befahrenen eine neue, die nur durch eine bindende Vereinbarung mit den Steuerleuten dieser Schiffe oder noch besser durch eine amtliche Verfügung beseitigt werden kann. Der Seenforscher läuft sonst Gefahr mitten in seiner Arbeit mindestens gestört zu werden, wie es Verfasser auf dem St. Wolfgangsee mehrmals erlebte.

¹⁾ Es sei nur nebenbei erwähnt, daß von einer Reihe von Kritikern immer wieder der Vorwurf erhoben wird, die Meereshöhe dieses Sees im Atlasse der Oesterr. Alpenseen I. sei um 14 m zu gering. Der Vorwurf trifft den Verfasser um so weniger, als er auf S. 12 seiner Abhandlung über die Seen des Salzkammergutes u. s. w. (Pencks Geogr. Abhandlungen VI. 1) ausdrücklich hervorhob, daß bei Verwandlung der gemessenen Seetieten in Meereshöhen von der Meereshöhe ausgegangen wurde, welche die Originalaufnahme für den Seespiegel verzeichnete. Da diese 494 m angab, hätte der Verf. von den Kritikern wenigstens darüber Aufklärung erwartet, wie er es hätte anstellen sollen, um das Terrainbild der Umgebung der Seewanne, das doch durch Isohypsen gekennzeichnet war, die unter der Annahme einer Meereshöhe von 494 m vom k. u. k. Militärgeogr. Institute konstruiert worden waren, mit der neuen Angabe des Präzisionsnivellements in Einklang zu bringen.

²⁾ Les lacs français. Paris 1898. S. 29.

³⁾ Beiträge zur Kenntnis der Seen der Lechtaler Alpen. Globus 83, 1903, S. 21 ff. — Halbfaß maß den Zürcher-, Spullers- u. Formarinsee mit dem vom Alpenverein entlehnten 45 kg schweren Osgoodboote. Er hebt als Nachteile desselben geringen Widerstand dem Winde gegenüber und die Unmöglichkeit, eine größere Lotmaschine an seiner Bordwand befestigen zu können, hervor. — Vgl. auch W. Halbfaß, Ein Kapitel aus der modernen Seenforschung. XXV. Jahresb. d. Gymn. zu Neuhaldensleben 1900, S. 9.

⁴⁾ Vgl. W. Halbfaß, Die Binnenseen und der Mensch. Hettners Geogr. Zeitschrift 1902, S. 266 ff. und Systematische intern. Seenforschung a. a. O. S. 249. — E. Belloc, Les lacs du massif de Nèouvielle. Association française pour l'avancement des sciences, Congrès de Bordeaux 1895, S. 13.

Ist hinsichtlich der Bootsfrage alles im Klaren, dann obliegt es uns, soweit dies möglich ist, die Ufer des Sees zu begehen, und ihren Verlauf mit der Darstellung unserer Karte zu vergleichen. Letztere wird nur die Katastralaufnahme 1:2880 (bzw. 1:5760) oder die Originalaufnahme 1:25.000 sein können. Jene ist zwar zu bevorzugen, doch dürfte sie, wie der Verfasser gelegentlich der Auslotung der Seen der Brandenbergergruppe und des Kaisergebirges kennen lernte, nicht so leicht zu beschaffen sein. Die Originalaufnahme kann in photographischen Kopien vom k. u. k. militär-geographischen Institute käuflich bezogen werden. Die technische Herstellung der letzteren verursacht aber einen gerade für die Limnologie sehr empfindlichen Nachteil. In der Originalaufnahme sind die Gewässer durch blaue Farbe gekennzeichnet, welche bekanntlich in der photographischen Wiedergabe nahezu weiß erscheint.¹⁾ Die Konturen der Seeufer treten daher in dieser oft recht undeutlich zutage. Verfasser hat diesen Übelstand beim Entwurfe der Karten der ersten Lieferung des österreichischen Seenatlases auf das lebhafteste empfunden. Findet man, daß der Seeumriß Abweichungen von der Karte zeigt, dann bleibt nichts anderes übrig, als eine Neuaufnahme des fraglichen Gebietes vorzunehmen. Eine solche wird auch dann notwendig sein, wenn der Maßstab der Karte eine zu starke Generalisierung der Uferlinien erforderlich machte. Stichproben durch Abmessung einiger Richtungswinkel und Distanzen sind unter allen Umständen bei jeder Karte schon aus dem Grunde zu empfehlen, weil man durch sie auch auf jene Fehler aufmerksam gemacht wird, die der Karte vermöge der Papierkontraktion anhaften, die keineswegs so unbedeutend ist, als man gewöhnlich anzunehmen geneigt ist, und namentlich dann ansehnliche Fehler zu erzeugen vermag, wenn die Verzerrung des Seeumrisses nicht gleichmäßig, sondern einseitig erfolgte.

Der Verfasser bediente sich zur trigonometrischen Aufnahme entweder einer einfachen oder einer sogenannten Newtonschen Diopterbussole, welche ihm Herr Hofrat Penck zur Verfügung stellte. Die letztere trägt die Gradeinteilung in Spiegelschrift auf einer Kreisscheibe, die mit der Magnetonadel fest verbunden ist, sich also mit dieser dreht. Mit Hilfe eines Prismas gestattet dieses Instrument ein unmittelbares Ablesen des Richtungswinkels.²⁾ Gelegentlich der Revision der Karte wird man auch die Lage markanter Uferpunkte ins Auge zu fassen haben und beim Mangel solcher weithin sichtbare Marken am Ufer anbringen, deren Situation trigonometrisch bestimmen und sie dann in die Lotungskarte eintragen. Als solche wollen wir jene Karte bezeichnen, in welche die Lotungsorte eingezeichnet werden sollen. Steht uns nur die Kopie der Originalaufnahme zugebote, dann werden wir schon vor Beginn der Vermessungsarbeit für eine entsprechende Vergrößerung Sorge tragen. Die Vermessung selbst hat hierauf dem Verlaufe der Uferlinie jene Einzelheiten zu geben, welche der gewählte Maßstab der Lotungskarte verlangt. Je genauer wir den Seeumriß kennen, umso erfolgreicher wird auch das Lotungsergebnis sein.

¹⁾ Vgl. auch A. Penck, Neue Alpenkarten. Hettners Geogr. Ztschr. 1900. S. 329.

²⁾ Vergl. auch E. Belloc, Les lacs de Caillaouas u. s. w., Association française etc., Congrès de Besançon 1893, S. 6.

Darüber, ob in die so nach der Natur berichtigte Lotungskarte die Richtungen der Lotungsprofile schon vor dem Beginne der Tiefenmessungen eingetragen werden sollen, gehen die Meinungen der Seenforscher stark auseinander. W. Ule hat¹⁾ beispielsweise »zunächst in die Karte vom Würmsee in annähernd gleichen Abständen die ungefähre Richtung der zu lotenden Profile eingezeichnet«, indem er von der Voraussetzung ausging, daß durch dieses Verfahren die Auslotung vor subjektiver Willkür bewahrt bleibe, und eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Lotungsorte auf dem See erzielt werden könnte. Ähnlich ist E. Belloc²⁾ bei der Auslotung der Seen der Hochpyrenäen vorgegangen, indem er längs der Triangulierungslinien, die ihm zur Aufnahme des Seeumrisses dienten, maß. Einige Grundlinien wird man immerhin schon im voraus bestimmen können. Im übrigen möchten wir aber E. Richter³⁾ beipflichten, der die sofortige Eintragung jeder Messung in die Lotungskarte und daran anschließend, an Ort und Stelle die wenn auch nur rohe Konstruktion der Isobathen verlangt, um sehen zu können, ob die Zahl der vorgenommenen Lotungen ausreicht oder eine Verdichtung derselben eintreten müsse.

Hat man diese Vorarbeiten erledigt, dann kann man ruhig, sei es am See selbst, sei es in der nächsten Talstation den Eintritt jener Witterung abwarten, die für eine erfolgreiche Arbeit des Seeforschers unerlässlich ist. Sie ist gekennzeichnet durch absolute Windstille und wenigstens solche Reinheit der Luft, daß wir die Objekte des anderen Ufers, namentlich die Marken, deutlich sehen können. Sehr erwünscht ist auch Mangel an Niederschlag. Die Seeoberfläche soll derart glatt sein, daß sich die Gegenstände des Ufers im Wasser spiegeln. Bei windigem, schlechtem Wetter sollte überhaupt die Auslotung eines Sees nicht begonnen werden. Tritt solches während der Arbeit ein, dann ist es am besten, die Lotungen sofort einzustellen. Denn nichts ist anstrengender und aufregender als eine Lotung bei Wind, nichts aber auch reicher an Fehlern aller Art. Man gibt sich einer Täuschung hin, wenn man glaubt, den Einfluß des Windes auf die Sicherheit der Lotung beseitigen zu können⁴⁾. Ganz abgesehen davon, daß die Einhaltung der Profillinie bei Wind sehr erschwert wird, gibt es für den Limnologen, der seinen Standpunkt vom Schiffe aus bestimmen muß, überhaupt nur ein Mittel, die Lotungsstelle zu fixieren, das ist die Verankerung des Bootes. Aber auch diese findet Grenzen ihrer Verwendbarkeit. Ule⁵⁾ schlägt vor, das Lot in dem Augenblicke fallen zu lassen, in dem das Boot den in Aussicht genommenen Lotungsort erreicht hat. Es werde »nach dem Gesetze der Schwere dort zum Seegrunde niederfallen, wo es eingesetzt war.« Er meint, daß »auch bei Wind das Boot während des Aufziehens des Lotes seine Lage nur wenig verändere, weil dieses auch dann noch

¹⁾ Der Würmsee a. a. O. S. 26. Vgl. auch Die Gewässerkunde u. s. w. a. a. O. S. 441 u. 442.

²⁾ Les lacs de Caillaouas a. a. O. S. 6.

³⁾ a. a. O. S. 3.

⁴⁾ Völlig ungeeignet, den Abtrieb zu beseitigen, ist, wie schon Schjerning (s. u.) feststellte, Pfaffs Apparat, (Einige Bemerkungen über Tiefenbestimmungen von Seen. Ztsch. d. D. u. Oe. A.-V. 1879, Seite 166—169), trotzdem Pfaff behauptet, »auch bei ziemlichem Winde gute Messungen« erhalten zu haben.

⁵⁾ Der Würmsee, a. a. O. S. 29.

als Anker wirke¹⁾. Verfasser nahm gelegentlich der Auslotung des Längs- und Pfrillensees bei Kufstein diesbezügliche Beobachtungen vor. Die Auslotung dieser Seen geschah in derselben Weise, wie sie Hergesell, Langenbeck und Rudolph²⁾ bei den Seen der Südvogesen und wahrscheinlich auch E. Belloc bei den Seen von Caillaouas in Anwendung brachten. Es wurde in der Richtung des zu messenden Profiles von einem Ufer des Sees zum anderen eine Schnur gespannt, die von Meter zu Meter mit Korkscheiben versehen war, um sie auf dem Wasser schwimmend zu erhalten. War das Profil abgelotet, so blieb die Schnur häufig³⁾ im Endpunkte der Lotung fixiert, während am jenseitigen Ufer das andere Schnurende zum Endpunkte des neuen Profiles gebracht und dort befestigt wurde. Der Winkel, den die beiden Richtungen miteinander bildeten, wurden vom Lande aus mit der Diopterbussole bestimmt. Es wurde der Versuch gemacht, bei Wind Lotungen auszuführen. Es zeigte sich hierbei sehr deutlich, wie beträchtlich selbst bei ganz schwachem Winde, der die Seefläche kaum kräuselte, der Abtrieb des Bootes ist. Ein Fallenlassen des Lotes ist bei Verwendung einer Lotmaschine und bei Draht unmöglich. Die Zeit, welche dieser benötigt, um sich von der Trommel abzuwickeln, ist, wenn man noch bedenkt, daß das Ablaufen des Drahtes gebremst werden muß, soll er nicht Schlingen bilden und Schaden leiden, vollkommen genügend, um das Lot unter einer anderen Stelle auffallen zu lassen, als jene war, an der man die Lotung begann. Eine Geschwindigkeit von 2 m pro Sekunde angenommen, vergehen 25 Sekunden, ehe das Lot einen 50 m tiefen Grund erreicht. Wir beobachteten den Abtrieb des Bootes während des Ab- und Aufwindens des Drahtes und fanden, daß sich der Draht beim Hinablassen sofort schief stellte. Er gab infolge der Reibung mit dem Wasser, das er mit seiner Längsachse durchschnit, einen klingenden Ton von sich. Es bestehen zwei Möglichkeiten der Stellung des Drahtes zur Windrichtung:

- a) die Reihenfolge: Wind, Boot, Draht,
 b) " " : Wind, Draht, Boot.

Der erstere Fall ist der unangenehmere, weil der Draht in die Kante des Schiffsbodens einschneidet oder sich wenigstens an der Bordwand reibt und etwaige Marken des Drahtes rettungslos verloren sind. Der letztere äußert sich dadurch, daß der Draht fortwährend aus der Gleitrolle springt, oder wenn ihm, wie bei Richters Lotmaschine diese Möglichkeit benommen wird, Neigung zu Knickungen, ja selbst zum Abspringen zeigt. Der Abtrieb dauerte auch dann fort, wenn das Lot den Grund erreicht hatte. Wie sich der Verfasser an seichteren Stellen überzeugte, glitt das Lot am Grunde weiter und trieb nahezu

¹⁾ Das Verfahren Schjernings (Der Zellersee im Pinzgau, Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin XXVIII. 1893, S. 377) kann nur vergleichsweise hier Erwähnung finden, da er sich zu seinen Lotungen einer Hanfleine bediente. Er betont zwar, daß er «stets nur ruhiges und vollständig windstilles Wetter benutzte, bei dem der Seespiegel durch kein Lüftchen gekräuselt wurde», berichtet aber doch von der Möglichkeit eines Abtriebes von 2 Bootslängen bei jeder Messung. Dem Verfasser ist bei der Verwendung von Draht eine derartige Erscheinung nie begegnet.

²⁾ Die Seen der Südvogesen. Geogr. Abhandlungen aus d. Reichslanden Elsass-Lothringen. Stuttgart 1892. S. 127.

³⁾ War die Richtung zum Ufer zu schräge, so wurde auch der erste Fixpunkt nach Ablesung des Richtungswinkels verschoben und vom Ende der zweiten Lotungsreihe die Drehung der neuen Profillinie bestimmt.

mit der gleichen Geschwindigkeit wie das Boot selbst ab. Der Augenblick des Aufkommens auf dem Grunde ist keineswegs durch ein plötzliches Stillestehen der Kurbel unserer Trommel gekennzeichnet wie bei Lotungen im ruhigen Wasser. Das Lot übt fortwährend einen Zug aus. Geben wir demselben nach und lassen soviel Draht ab, als der Bewegung des Bootes entspricht, dann bleibt das Lot liegen, hemmen wir den Lauf des Drahtes, so treibt es ab. Ule meint dagegen¹⁾, daß sich »das Lot bei geeigneter Konstruktion am Grunde fest genug verankere, um einem schwachen Zuge Widerstand zu leisten«. Es bedürfe nur eines Zurückfahrens bis zu dem Augenblicke, in dem die Leine wieder senkrecht stehe, um den ursprünglichen Lotungsort wieder zu erreichen. Wir müssen hiebei freilich im Auge behalten, daß unser Lot nicht ganz 1 kg schwer war, während das Ule'sche nach seiner Beschreibung²⁾ ein gewiß größeres Gewicht gehabt haben dürfte. Doch finden wir in seiner Konstruktion keine besondere Vorrichtung zur Verankerung. Das Lot wird zwar mit einer ziemlich großen Geschwindigkeit in den Sand und Schlamm des Seebodens, vorausgesetzt, daß dieser mit solchem bedeckt ist, einfahren, aber das Haften in demselben wird keinen besonderen Widerstand gegen den Abtrieb des Bootes erzeugen können, da ja in der Regel, wie auch bei Richter, das Lot nach unten kegelförmig gestaltet ist. Es wird dieser Umstand nicht bloß das Eindringen, sondern auch das Herausheben des Lotes erleichtern. Die Adhäsion im Schlamm ist zu gering, um genügenden Widerstand zu leisten. Nicht von ihr, sondern einzig und allein von dem Gewichte des Lotes wird es abhängen, ob der Abtrieb des Bootes kompensiert werden kann.

Um zu finden, wie schwer das Lot sein müßte, das der Wirkung eines bestimmten Windes das Gleichgewicht halten könnte, wollen wir eine allerdings nur recht rohe Berechnung anstellen. Zwei Kräfte sind ohne weiters klar: der Druck, den der Wind auf den Kahn ausübt, und der Widerstand, den dieser im Wasser findet, sobald er diesem Drucke folgen will. Beide Kräfte wirken einander entgegen. Nennen wir erstere W , letztere w_1 , so wird ein Abtreiben nur dann eintreten können, wenn $W > w_1$ ist. Die Differenz beider Kräfte muß daher durch eine Widerstandskraft, die von Seite des Drahtes und des Lotes ausgeübt wird, auf Null reduziert werden, wenn der Kahn an Ort und Stelle bleiben soll. Betrachten wir zunächst die Wirkung des Lotes allein. Dasselbe sei ein zylindrisches Rohr von etwa 20 cm Höhe, einem Durchmesser von 10 cm und einem Gewichte von 6.5 kg. Beim Ablassen des Lotes sind zwei Phasen zu unterscheiden: *a)* die Zeit, ehe das Lot den Grund erreicht hat, und *b)* die Zeit, wenn es auf dem Grunde liegt. Ist, wie früher angenommen wurde, $W > w_1$, so wirken auf das im Ablauen begriffene Lot zwei Kräfte ein. Die eine ist die Schwerkraft. Sie sucht das Lot in senkrechter Richtung zum Seeboden zu bringen. Die zweite Kraft will es in der Richtung des treibenden Bootes bewegen, da es mit diesem durch die Lotleine fest verbunden ist. Die Größe der erstgenannten Kraft ist abhängig von der Masse, die der letzteren von der Ausdehnung der dem Wasser entgegengestellten Fläche. Da aber mit der Menge des abgelaufenen Drahtes nicht nur das Gewicht des Lotes

¹⁾ a. a. O. S. 29.

²⁾ ebenda S. 32.

wächst, sondern sich auch dessen Widerstandsfläche vergrößert, wird die Schwerkraft umso größer, die abtreibende Kraft umso geringer werden, je tiefer das Lot hinabgelassen wird. Die Größe der beiden Kräfte wird sich in dem Winkel äußern, den die Lotleine jeweils mit der Vertikalen bildet. Würde das Abfließen des Drahtes sich selbst überlassen werden, so wüchse mit der Zunahme der Masse seine Geschwindigkeit. Es würde die Lotleine nur um so viel von der vertikalen Richtung abweichen, als dem Zeitunterschiede zwischen dem Beginn und Ende der Lotung, bezogen auf die inzwischen erfolgte Ortsveränderung des Bootes entspricht. Da jedoch aus den bereits angegebenen technischen Gründen ein Bremsen des Ablaufes stattfinden muß, wird dem Zuge des Lotes durch den Lotenden selbst entgegengearbeitet und damit der eine Faktor, der zeitlich zur Verminderung des Abtriebes beitragen könnte, nahezu gänzlich beseitigt. Lot und Draht können daher nur mit dem Widerstande, den ihre dem Wasser dargebotene Fläche erleidet, dem Abtriebe entgegenarbeiten. Nennen wir die beiden Kräfte w_2 und w_3 , so wird der Kahn nur dann stille stehen, wenn

$$W \bar{=} w_1 + w_2 + w_3$$

Ganz anders gestaltet sich die Sache im Falle *b*, sobald das auf dem Grunde ruhende Lot auch vermöge seines Gewichtes dem Abtriebe entgegenwirken kann. Wir wollen diesen Fall an einem Beispiele erläutern.

Ule¹⁾ »brach die Lotungen im Würmsee stets ab, wenn der Wind etwa die Stärke 4 erreichte, da dann das Halten des Bootes an der Lotstelle schon zu schwierig war, um eine sichere Messung zu ermöglichen.« Nach der Beaufort'schen Skala²⁾ entspricht dieser Windstärke eine Windgeschwindigkeit von 7 m in der Sekunde. Nehmen wir einen Wind von bloß 6 m Geschwindigkeit an, so übt er nach d'Aubuisson³⁾ auf den Quadratmeter einer normal zu seiner Richtung stehenden Fläche einen Druck von ungefähr 4·87 kg aus. Bei einer Länge des Bootes von etwa 4·5 Metern, einer Höhe der Bordwand über Wasser von 0·6 m und einer Besatzung von 2 Personen wird auf die Außenseite des Schiffes ein Druck von rund 14 kg in der Sekunde erfolgen, sobald es mit seiner Bordwand senkrecht zur Windrichtung steht. Veranschlagen wir den Druck, den auch die Innenseite der gegenüberliegenden Bordwand erleidet, bloß zu 4 kg, so beläuft sich der Gesamtdruck auf etwa 18 kg. Die Arbeitsleistung eines solchen Windes können wir nach den bei Windmotoren gemachten Erfahrungen pro Quadratmeter zu 7·5 kgm, für unser Boot also zu ungefähr 29 kgm in der Sekunde annehmen.

Nach Navier⁴⁾ ist zur Überwindung des Widerstandes, welchen das Schiff im Wasser findet, in der Sekunde eine Arbeitsleistung nötig, welche durch die Formel $K = 8 \cdot 1 \cdot b \cdot t \cdot v^3$ ausgedrückt werden kann. In dieser bedeutet *b* die Breite, *t* den Tiefgang und *v* die

¹⁾ Der Würmsee, a. a. O. S. 33.

²⁾ Wagner, Lehrbuch der Geographie I. S. 520.

³⁾ Körner, Lehrbuch der Physik S. 156. Vgl. auch S. Finsterwalder, Die Windgefahr bei Alpenschutzhütten. Mitt. d. D. u. Oe. A.-V. 1901. S. 5.

⁴⁾ Huber, Mechanik, Stuttgart 1879, S. 152.

Geschwindigkeit, mit der sich das Boot bewegt. Unsere 29 kgm werden daher imstande sein, das Boot mit einer Geschwindigkeit

$$v = \sqrt[3]{\frac{29}{8 \cdot l \cdot b \cdot t}}$$
 weiterzutreiben. Bei einem Tiefgange desselben von 0.2 m¹⁾ beträgt die Größe der benetzten Fläche $b \cdot t$ etwa 0.8 m² und v demnach 1.6 m.

Nur wenig anders gestaltet sich das Ergebnis, wenn der Wind normal zur Breitenachse des Bootes bläst. Dann ist seine Arbeitsleistung, eine Schiffbreite von 0.8 m vorausgesetzt und die Breite des einen hier in Betracht kommenden Ruderers zu 0.5 m angenommen, etwa 6 kgm. Die benetzte Fläche ist dann 0.16 m² und v etwas mehr als 1.6 m.

Legen wir letzteren Fall unserer Betrachtung zugrunde, so können wir für die Zeit des Lotablaufes die Größe von w_1 , w_2 und w_3 berechnen. Der See sei an der Messungsstelle 50 m tief. Unser Lot hänge an einer dreifädigen Tigelgußstahldrahtlitze von 0.9 mm Dicke. Nach unserer früheren Auseinandersetzung braucht das Lot, um den Seegrund zu erreichen, 25 Sekunden. Sich selbst überlassen, würde das Boot in dieser Zeit durch den Wind um rund 40 m von seinem ersten Standpunkte entfernt worden sein. Die folgende Zusammenstellung zeigt, daß der Widerstand unseres Lotes, den wir nach Eintauchen, desselben einer Arbeitsleistung von 0.66 kgm gleichsetzen können, keineswegs bis zum Aufstoßen auf dem Grunde der gleiche bleibt. Denn während eine Sekunde nach Beginn der Lotung der Widerstand des Drahtes erst einer Arbeitsleistung von 0.6 kgm entspricht, die Abtriebskraft des Windes also durch Lot und Draht um 0.72 kgm vermindert wird, steigert sich, wie wir schon früher sahen, die Widerstandskraft des Drahtes fortwährend. In dem Maße, in dem sie wächst, vermindert sie die Geschwindigkeit des abtreibenden Bootes und dadurch wieder die Widerstandsfähigkeit des Lotes. Wir kommen nach unserer Tabelle zu dem Ergebnisse, daß das Boot in dem Augenblicke, in welchem das Lot den Grund erreicht, 38.66 m vom ursprünglichen Aufstellungsorte entfernt ist, daß seine Geschwindigkeit in der letzten Sekunde um 0.17 m geringer ist als zu Anfang der Lotung, daß sich aber auch die Widerstandskraft des Lotes um 0.12 kgm gemindert

¹⁾ Wir haben hiebei ein Flachboot im Auge, wie es ja auf den Alpenseen wohl zumeist dem Limnologen zugebote steht. Bei einem Kielboote ist der Widerstand gegen den Abtrieb unverhältnismäßig größer, wenn der Wind die Bordwand, als wenn er die Spitze oder das Hinterteil des Kahnens trifft. Der von Müller Pouillet (Lehrb. d. Physik I. Bd. 1886, S. 137 u. 138) näher beschriebene Fall der Möglichkeit, ein mit einem Segel ausgestattetes Kielboot lavierend derart durch den Wind treiben zu lassen, daß es sich der Gegend nähert, von welcher der Wind weht, verlangt die Aufnahme eines Faktors, des Segels, in die Rechnung. Wir haben bei unserer Annahme von Segelbooten nicht so sehr aus dem Grunde abgesehen, weil solche dem Limnologen namentlich auf kleineren Seen nur selten zur Verfügung stehen dürften, sondern besonders deshalb, weil sich für den Einzelforscher die Bestimmung des jeweiligen Lotungsortes schwieriger gestaltet, als wenn er ein Ruderboot benützt. Zudem dürfte in dem obengenannten Falle das Fahren gegen den Wind selbst bei konstanter Stärke und Richtung desselben für den Messenden von nur geringem Nutzen sein, da die Projektion der normal auf das schiefgestellte Segel wirkenden Komponente der Windkraft, das Boot ununterbrochen in der Richtung seines Kieles zu bewegen sucht, mithin der zum Loten nötige Stillstand des Kahnens nur durch völliges Reffen des Segels erzielt werden könnte, so daß für diese Zeit der Einfluß des Segels auf den Stand des Bootes in Wegfall kommt.

hat. Immerhin ist bemerkenswert, daß beim 22. Meter die Widerstände des Drahtes und Lotes einander fast völlig gleichen, und am Schlusse der Lotung die Abtriebskraft des Windes auf 4·25 kgm herabgesetzt ist.

| Sekunde | Tiefe des Lotes in m | Widerstand des Lotes im Wasser in kgm | Widerstand des Drahtes im Wasser in kgm | Summe der Arbeitsleistung beider Widerstände in kgm | Abtrieb des Bootes in m | Tatsächliche Arbeitskraft des Windes in kgm | Größe des Abtriebes seit Beginn der Lotung in m |
|---------|----------------------|---------------------------------------|---|---|-------------------------|---|---|
| | | | | | | | |
| 1 | 2 | 0·66 | 0·06 | 0·72 | 1·66 | 5·28 | 1·66 |
| 2 | 4 | 0·66 | 0·12 | 0·78 | 1·60 | 5·22 | 3·26 |
| 3 | 6 | 0·65 | 0·18 | 0·83 | 1·59 | 5·17 | 4·85 |
| 4 | 8 | 0·65 | 0·23 | 0·88 | 1·59 | 5·12 | 6·44 |
| 5 | 10 | 0·64 | 0·29 | 0·93 | 1·58 | 5·07 | 8·02 |
| 6 | 12 | 0·64 | 0·34 | 0·98 | 1·58 | 5·02 | 9·60 |
| 7 | 14 | 0·63 | 0·39 | 1·02 | 1·57 | 4·98 | 11·17 |
| 8 | 16 | 0·63 | 0·45 | 1·08 | 1·57 | 4·92 | 12·74 |
| 9 | 18 | 0·62 | 0·50 | 1·12 | 1·56 | 4·88 | 14·30 |
| 10 | 20 | 0·62 | 0·55 | 1·17 | 1·56 | 4·83 | 15·86 |
| 11 | 22 | 0·60 | 0·59 | 1·19 | 1·55 | 4·81 | 17·41 |
| 12 | 24 | 0·60 | 0·65 | 1·25 | 1·55 | 4·75 | 18·96 |
| 13 | 26 | 0·59 | 0·69 | 1·28 | 1·54 | 4·72 | 20·50 |
| 14 | 28 | 0·59 | 0·74 | 1·33 | 1·54 | 4·67 | 22·04 |
| 15 | 30 | 0·58 | 0·78 | 1·36 | 1·53 | 4·64 | 23·57 |
| 16 | 32 | 0·58 | 0·83 | 1·41 | 1·53 | 4·59 | 25·10 |
| 17 | 34 | 0·57 | 0·87 | 1·44 | 1·52 | 4·56 | 26·62 |
| 18 | 36 | 0·57 | 0·92 | 1·49 | 1·52 | 4·51 | 28·14 |
| 19 | 38 | 0·57 | 0·97 | 1·54 | 1·52 | 4·46 | 29·66 |
| 20 | 40 | 0·56 | 1·00 | 1·56 | 1·51 | 4·44 | 31·17 |
| 21 | 42 | 0·56 | 1·05 | 1·61 | 1·51 | 4·39 | 32·68 |
| 22 | 44 | 0·55 | 1·08 | 1·63 | 1·50 | 4·37 | 34·18 |
| 23 | 46 | 0·55 | 1·13 | 1·68 | 1·50 | 4·32 | 35·68 |
| 24 | 48 | 0·54 | 1·16 | 1·70 | 1·49 | 4·30 | 37·17 |
| 25 | 50 | 0·54 | 1·21 | 1·75 | 1·49 | 4·25 | 38·66 |

Unser Draht hat ein Gewicht von 0·18 kg, unser Lot von 6·5 kg. Unter Voraussetzung eines Gewichtsverlustes im Wasser von rund 1·5 kg beträgt die am Boote hängende Last etwa 5·2 kg. Will nun das Boot sich mit einer sekundlichen Geschwindigkeit von 1·49 m weiterbewegen, so sind zwei Fälle möglich: es vermag der Lotmasse die gleiche Geschwindigkeit zu erteilen oder es vermag dies nicht. Der letztere Fall besitzt wieder zwei Möglichkeiten: a) das Lot verlangsamt bloß den Antrieb, b) der Widerstand des Lotes ist groß genug, um den Abtrieb aufzuheben, das heißt es wirkt als Anker.

Würden Boot und Lot mit der gleichen Geschwindigkeit treiben können, dann entfielen der durch den Wasserwiderstand während des Ablaufes verursachte Wechsel der Geschwindigkeit, da jetzt dem

Wasser eine gleichbleibende Angriffsfläche entgegengestellt wird. Eine Vergrößerung der Bootsgeschwindigkeit durch den konstant erfolgenden Impuls des Windes könnte auch nicht eintreten, da mit dem Wachstum derselben auch der Widerstand wachsen würde, den das Boot im Wasser erfährt. In der Tat ist dieser erste Fall unmöglich, da schon zur Zeit des Ablaufes die Reibung des Drahtes und Lotes im Wasser eine Schiefstellung der Leine bewirkte und sich jetzt zu dem Wasserwiderstande auch noch die Reibung gesellt, welche das Lot infolge seiner Schwere auf dem Seegrunde erfährt, sobald es dem Abtriebe folgen will. Ob das Lot wirklich als Anker oder bloß als Verzögerer des Abtriebes wirkt, hängt davon ab, ob dieser oder die Reibung größer ist. Der Abtrieb sucht die Reibung vollständig zu beseitigen, indem er sich bemüht, das Lot vom Grunde loszuheben. Er übt daher auf dieses einen Zug nach aufwärts aus. Derselbe erfolgt in der Richtung der Lotleine, welche mit der Vertikalen einen umso größeren Winkel einschließen wird, je größeren Widerstand das Lot dem Abtriebe entgegenstellt. Wir können diesen Zug in zwei Komponenten zerlegen, von denen die eine senkrecht vom Seegrunde nach aufwärts, die andere parallel zu ihm wirkt. Das Lot kann nur dann vom Seegrunde gehoben werden, wenn die Vertikalkomponente größer ist als der Druck des Lotes auf seine Unterlage. Nun ist aber die Kraft des Abtriebes imstande, eine Last von 4·25 kg ein Meter hoch zu heben; sie wird also 5·2 kg 0·8 m hoch heben können. Da aber diese Arbeitsleistung, welche ein Stillstehen des Bootes verursachen würde, gar nicht notwendig ist, sondern schon ein Heben um sagen wir 0·05 m genügt, um die Reibung zu beseitigen, so wird die Arbeitsleistung des Abtriebes nur um 0·32 kgm vermindert zu werden brauchen, so daß sich das Boot von nun ab nur mehr mit einer sekundlichen Geschwindigkeit von 1·44 m weiter bewegt. Erst ein Lot von 85 kg wäre in der Lage, die Funktion eines Ankers auszuüben. Freilich würde der Druck der auf unserem Lote lagernden Wassersäule, eine wirksame Oberfläche desselben von 75 cm² vorausgesetzt, 375 kg betragen, wenn jeder Auftrieb beseitigt wäre. Da aber ein derartiges Haften des Lotes auf dem Seegrunde, daß auch nicht die geringste Spur von Wasser zwischen seiner Basis und dem Seeboden vorhanden wäre, niemals stattfindet, brauchen wir den Wasserdruck nicht weiter in Rechnung zu stellen.

Wir haben bloß den günstigeren Fall der Bootsstellung ins Auge gefaßt; daß der schlechtere, in dem das Boot von der Seite vom Winde getroffen wird, ein bedeutend schwereres Lot erfordert, dürfte ohneweiters klar sein.

Gesetzt aber auch, wir wären imstande, durch ein genügend schweres Lot das Abtreiben des Bootes zu verhindern, so müßten wir, um bei der angenommenen Windstärke U 1 e s¹⁾ Verfahren einhalten zu können und »unter vorsichtigem Aufrollen der Leine soweit zurückzufahren, bis dieselbe senkrecht steht«, unserem Boote eine sekundliche Geschwindigkeit von mehr als 3 m erteilen, wozu im günstigsten Falle der Schiffsstellung eine sekundliche Arbeitsleistung von 35 kgm, im schlechtesten eine solche von 175 kgm oder 2¹/₃ Pferdekraften nötig wäre.

¹⁾ a. a. O. S. 29.

Doch nehmen wir bloß einen Wind von der Stärke 2. Ihm entspricht eine sekundliche Geschwindigkeit von 4 m oder eine Arbeitsleistung von rund 2,5 kgm pro Quadratmeter der Schiffswand. Im günstigsten Falle wird er ein Abtreiben des Bootes um etwa 1,2 m pro Sekunde, im schlechtesten von 1,1 m bewirken. In ersterem wird der Ruderer nur eine sekundliche Arbeit von 18 kgm, im letzteren dagegen von 69 kgm zu leisten haben, um das Boot an die Lotungsstelle zurückzubringen, d. h. in beiden Fällen würde seine Kraft nicht ausreichen. Dort würden 2 Ruderer, hier schon 6 bis 7 erforderlich. Freilich gibt es kein Rudern gegen den Wind, die Breitseite des Bootes diesem gegenübergestellt. Häufig werden wir aber nicht in der Richtung des Windes diesem entgegenfahren können, sondern mehr oder minder unter einem Winkel zu ihr. Je größer dieser ist, um so mehr nähert sich die aufzuwendende Kraft dem extremen Werte. Welche Schwierigkeiten es dann noch kostet, wenn wir auch den Lotungsort wieder erreicht hätten, um von ihm in der geplanten Profillinie zur neuen Messungsstelle zu gelangen, ergibt sich aus dem Gesagten von selbst. Wir sehen, daß auch eine feste Verankerung durch den Wind in ihrer Brauchbarkeit beschränkt werden kann.

Auch bei der Lotungsarbeit muß mehr und mehr der intensive Standpunkt an die Stelle des extensiven treten, sei es nun, daß wir große oder kleine Seen loten. Die Grundzüge des Wannenaues der ersteren sind bereits festgelegt, die Nachlotung der Seen hat Detailarbeit von größerer Genauigkeit zu leisten. Bei kleinen verlangt der schon von Richter¹⁾ hervorgehobene verwickelte Bau eine relativ größere Zahl von Lotungen. Je kleiner infolgedessen die Entfernung der Lotungsorte wird, desto präziser sind die letzteren selbst zu bestimmen. Es sei daher nochmals betont, daß auch bei schwachem Winde Lotungen nicht vorgenommen werden sollen.²⁾ Darum tritt ja an die in der Nähe eines Sees wohnenden Forscher die Aufgabe heran, die intensive Arbeit zu übernehmen. Je näher dem See wir uns befinden, um so leichter werden wir in der Lage sein, die für unser Vorhaben günstigste Zeit uns zu wählen. Der so zu sagen auf wandernder Seenforschung Befindliche ist bedeutend schlechter gestellt. Wie viele Versuche oft notwendig sind, um einen nur halbwegs hochgelegenen See auszuloten, geht am deutlichsten aus Fuggers Arbeit hervor, der beispielsweise den Weißeneckersee, ein Becken von 14,4 m Maximaltiefe, viermal in Angriff nehmen mußte, ehe ihm seine Ergründung gelang. Der Verfasser lernte die Tücke der Witterung zum erstenmal am Vorderen Lahngangsee im Totengebirge kennen, als 3 Tage hindurch eine so dichte Nebelmasse über dem See lag, daß von der Almhütte aus die Seefläche nicht erblickt werden konnte, und schließlich heftiger Regen überhaupt die Möglichkeit benahm, noch im selben Sommer eine Auslotung vorzunehmen. Erst bei einem zweiten Versuche konnte sie bewerkstelligt werden.

Zu dieser Schwierigkeit gesellt sich beim wandernden Seenforscher noch eine weitere, die durchaus nicht unterschätzt werden darf, die Geldfrage. Sie ist die Veranlassung, daß, wie schon Richter³⁾

¹⁾ a. a. O. S. 2.

²⁾ Bei kleinen Seen dürfte sich infolge der geringen Lotungsentfernungen auch die tachymetrische Methode nicht besonders bewähren, die, wie wir später sehen werden, überdies bereits geschulte Mitarbeiter erfordert.

³⁾ a. a. O. S. 6. — Vgl. auch W. Ule, Die Gewässerkunde a. a. O. S. 437.

bemerkt, Lotungen mit möglichst geringen Kosten und daher auch in möglichst kurzer Zeit ausgeführt werden müssen. Sie mögen der extensiven Forschung genügen, für die intensive werden sie nur in besonders günstigen Fällen brauchbare Ergebnisse liefern.

Jeder See hat eine Zeit, zu der es möglich ist, auch ohne Anwendung komplizierter Hilfsmittel genaue Messungen vorzunehmen. Bei kleinen Becken ist es im allgemeinen leichter einen absolut ruhigen Seespiegel zu finden als bei großen. Bei Beschreibung der Reschenscheideckseen wurde bereits auf die eigentümlichen Windverhältnisse¹⁾ des Talpasses, auf dem sie liegen, hingewiesen. Nur ein längerer Aufenthalt in St. Valentin ermöglichte es dem Verfasser vollkommene Windstille abzuwarten. Die Ruhe des Spiegels ändert sich bei den meisten Seen mit der Tageszeit. Der Limnologe wird vielfach schon recht zeitlich morgens seine Arbeit beginnen und auch noch spät abends auf dem See tätig sein müssen. So war es dem Verfasser einmal auf dem Walchsee während eines ganzen Nachmittags unmöglich, auch nur ein einziges Profil zu loten; am Abende ging die Arbeit leicht von statten. Den Thiersee fand er hingegen nach einem heftigen Gewitter um die Mittagszeit spiegelglatt. Bei vielen Seen macht sich auch der Einfluß der Jahreszeit recht bemerkbar. Verfasser traf beispielsweise im Oktober 1891 den Spiegel des Gmundener- und Hallstättersees so ruhig an, wie er im Sommer nur selten ist. Der Ausloter des Lunzersees klagte im Sommer 1902, daß es ihm trotz längerer Anwesenheit am See nur gelungen sei, wenige Lotungen auszuführen, da fortwährend der Wind wehte. Bei einem Besuche am 2. November d. J. und am 29. März 1903 zeigte der See eine so feierliche Ruhe, daß die Lotungsarbeit innerhalb kurzer Zeit hätte vollendet werden können.

Ob es möglich ist, Lotungen vom Eise des Sees aus vorzunehmen, hängt von der jeweiligen Lage und Zugänglichkeit des Sees ab. Auf alle Fälle müßte die Arbeit bald nach der Bildung einer tragfähigen Eisdecke in Angriff genommen werden, da sonst die namentlich in den Hochgebirgsseen oft beträchtliche Eismächtigkeit zum unüberwindlichen Hindernisse werden könnte. Verfasser kann über diese Art von Lotungen keine eigenen Erfahrungen mitteilen. Die Ansichten über das Loten vom Eise aus gehen übrigens auseinander. Während E. Richter²⁾ in warmer Weise für diese gewiß zuverlässigste Methode der Auslotung eines Sees eintritt und die Arbeit in frischer Winterluft als ein wahres Vergnügen hinstellt, hat W. Halbfäß³⁾ einige Nachteile hervorgehoben und einen derartigen Vorgang nur für kleine Seen empfohlen. Daß eine teilweise Eisbedeckung selbst die Auslotung vom Boote aus behindern kann, hat Halbfäß⁴⁾ beim Zürchersee erfahren.

Bis zum Beginne der Lotungen hatte der einzelne alle Vorarbeiten selbst verrichten können. Nunmehr braucht er Hilfskräfte, deren Zahl sich nach dem Verfahren richtet, welches der See selbst als das beste erscheinen läßt. Die materielle Frage tritt dabei wieder etwas in den Vordergrund. Schon der von Fugger⁵⁾ in Anwendung gebrachte Apparat — (ein in der Mitte durchlochstes Brett, das mittelst zweier

1) Pencks Geogr. Abhandlungen. VII. 1. S.

2) Seestudien a. a. O. S. 4.

3) Ein Kapitel aus d. mod. Seenforschung, a. a. O. S. 6.

4) Beiträge zur Kenntnis d. Seen d. Lechtaler Alpen. Globus 83, 1903, S. 21.

5) Salzburgs Seen, a. a. O. XXX, S. 3.

300 m langen Spanschnüre an die Lotungsstelle gezogen wird; durch das Loch läuft vom Ufer her über eine Rolle die in Meter geteilte Meßschnur) — erfordert mindestens drei Personen. Zwei können nach Fugger die Arbeit zwar im Notfalle verrichten, aber sie haben große Schwierigkeiten zu überwinden. Steht uns ein Boot zur Verfügung, so finden wir bei kleinen Seen mit einem Ruderer das Auskommen. Freilich muß derselbe mit der Führung des Bootes vollkommen vertraut sein. Die Bestimmung des Lotungsortes auf größeren Wasserflächen beansprucht eine größere Zahl von Mitarbeitern.

Verfolgen wir zunächst die Arbeit auf einem kleinen See. Wir haben die Richtung des zu lotenden Profiles mit der Diopterbussole bestimmt und in unsere Lotungskarte eingetragen. Es handelt sich nun darum, die Lotungsorte und ihre gegenseitige Entfernung festzulegen. Bei Windstille hat die Sache keine besonderen Schwierigkeiten. Die Zahl der Ruderschläge bietet in diesem Falle ein vollkommen verlässliches Maß. Verfasser hat bisher nur zweimal mit fremden Ruderern gearbeitet. Sonst unterzog er sich abwechselnd mit seinem Bruder diesem Geschäfte. Durch Abfahren einer vorher genau abgemessenen Uferstrecke kann man sich von der Ergiebigkeit der einzelnen Ruderschläge überzeugen und zu gleicher Zeit prüfen, ob der gleichen Anzahl von Ruderschlägen auch gleiche Entfernungen entsprechen. Der letztere Umstand erfordert zweierlei: erstens ein langsames und nach lautem Zählen taktmäßiges Rudern und zweitens ein sofortiges Bremsen nach dem letzten Ruderschlage, das mit ziemlicher Kraftanstrengung dadurch erreicht wird, daß man sich mit beiden Rudern solange gegen das Wasser stemmt, bis man bei den Papierstückchen anlangt, die der beim Lotapparate Sitzende beim letzten Ruderschlage ins Wasser warf. Da sie durch nichts abgetrieben werden, es ist ja Windstille, markieren sie genau die Lotungsstelle. Bei Einbäumen ist die Sache noch einfacher. Der Einwand, den Schjerning¹⁾ und Halbfab²⁾ machten, „daß es nicht zulässig sei, bei derselben Messungsreihe Strecken von verschiedener Anzahl von Ruderschlägen mit einander abwechseln zu lassen, da eine Strecke von 10 Ruderschlägen größer ist als die Hälfte einer Strecke von 20“, ist durchaus berechtigt, aber es läßt sich demselben leicht dadurch begegnen, daß man vor allem langsam rudert und dann, wenn man in größeren Abständen loten will, diesen ein Vielfaches der ursprünglichen Distanz zugrundelegt und nach der Durchfahung einer jeden Teildistanz das Boot genau so anhält, als wenn eine Lotung bewerkstelligt werden sollte. Nicht zu empfehlen ist der Vorschlag von Halbfab,³⁾ „die letzten Ruderschläge einer großen Zahl von Schlägen etwas schwächer auszuführen“, da man sich dadurch jedes vergleichbaren Maßes für die Bestimmung der Entfernung der Lotungsorte begibt. Es ist eben nicht möglich die Kraft des Ruderschlages um so viel zu vermindern als dem erhöhten Impulse durch den vorausgehenden entspricht.

Der Ruderer darf zu keiner anderen Arbeit verwendet werden. Er gebe die Ruder nicht aus der Hand und verfolge jede Bewegung, die das Schiff etwa infolge des Ablaufens und Aufwindens des Drahtes oder der ungleichmäßigen Belastung beim Ablesen der Tiefe macht,

¹⁾ a. a. O. S. 379.

²⁾ Ein Kapitel aus der modernen Seenforschung, a. a. O. S. 7.

³⁾ ebenda S. 7.

um das Boot in der Profillinie zu erhalten. Es empfiehlt sich daher nicht, wie Richter¹⁾ vorschlägt, den Ruderer zum Aufholen des Lotes zu verwenden und während dieser Zeit das Boot sich selbst zu überlassen oder wie Halbfaß²⁾ berichtet, Beobachter und Ruderer in einer Person zu sein. Während der Auslotung eines Profiles sollte der Gleichmäßigkeit der Entfernungen wegen unter keinen Umständen der Ruderer gewechselt werden.

Verfasser versuchte die Lotungsorte außer durch das angegebene Verfahren auch noch durch Seitwärtseinschneiden mit Hilfe der Diopterbussole vom Boote aus festzulegen, erzielte aber dabei keine brauchbaren Ergebnisse, da die Lotungsstellen zu dicht aneinanderliegen und die Ablesung eine doch zu rohe ist, als daß die beobachteten Winkel benachbarter Lotungsorte einen merklichen Unterschied zeigen würden. Immerhin ist es aber gut, vielleicht in jedem Profile von einem oder zwei Lotungsorten aus den Winkel zu messen, unter dem auf unserer Lotungskarte eingetragene Uferpunkte erscheinen. Er wird eine willkommene Kontrolle der Genauigkeit der einzelnen Distanzen ergeben. Um die Profillinie einzuhalten, wurde der Lotapparat bei Booten mit 2 Rudern näher dem Hinterteil, bei solchen mit einem näher dem Vorderteil angebracht, damit der bei ihm rittlings auf der Bank Sitzende, der beide Uferpunkte im Auge hat, bei etwaigen Abweichungen von der Fahrtrichtung Gelegenheit findet, durch Bewegungen der Hand dem Ruderer die Richtung zu weisen, gegen welche die Spitze des Bootes gewendet werden soll. Je eine Stange, an der Spitze und am Hinterteil des Schiffes senkrecht aufgestellt, erleichterte die Deckungsvisur mit den Ufermarken des Profiles.³⁾ Ueberdies wurde in der Nähe des Lotapparates ein Kompaß derart angebracht, daß seine Nordsüdlinie mit der Längsachse des Bootes zusammenfiel. Am Beginne der Lotungsreihe wurde das Schiff mit Hilfe des Diopters in die genaue Richtung gestellt und der Ausschlagswinkel der Nadel angemerkt. Jede Änderung desselben während der Fahrt war ein Beweis dafür, dass von der Fahrtrichtung abgewichen wurde. Als Endpunkte eines Profiles dürfen nur solche Objekte gewählt werden, welche unmittelbar am Ufer stehen. Sonst kann es sich ereignen, daß sie, je näher wir an sie herankommen, umso mehr unter unseren Gesichtskreis hinabtauchen, da sie von näheren Gegenständen des Ufers gedeckt werden. Mindestens wird die Visur auf einen bestimmten Punkt des Objektes erschwert. Am wenigsten empfehlen sich Bergesspitzen als Richtungsmarken. Auch eignet sich nicht jeder Baum und jedes Haus. Vom Endpunkte des Profiles wurde in der Regel noch ein Stück desselben in umgekehrter Richtung gemessen. Auf kleineren Seen wurde, wie schon erwähnt, längs einer an beiden Ufern befestigten Schnur gelotet, die in Meter geteilt war. Die von Richter⁴⁾ empfohlene Messung an der Logleine fand Verfasser nicht absolut verläßlich. Das Abhaspeln der Schnur hemmt den gleichmäßigen Gang des Bootes, sobald man die Leine im gespannten Zustande erhalten will. Auf größere Entfernungen wird das Spannen der Schnur immer schwieriger, da sie ins Wasser

¹⁾ Seestudien a. a. O. S. 6.

²⁾ Tiefen- und Temperaturverhältnisse einiger Seen des Lechgebietes. Petermanns Mitt. 1895. S. 225.

³⁾ Ule verwendet zu diesem Zwecke einen doppelten Winkelspiegel. Vergl. Der Würmsee, a. a. O. S. 26.

⁴⁾ Seestudien a. a. O. S. 7.

eintaucht. Der Versuch, sie trotzdem zu strecken, endet in der Regel mit der Verschiebung des Logbrettes oder dem Losreißen desselben vom Ufer. Verfasser verwendete daher eine durch Korkscheiben in Meter geteilte Schnur, aber die Folge war, daß sich die Korkscheiben näherten und die Schnur zwischen ihnen im Bogen ins Wasser hinabhing.

Über den Lotapparat sei nur wenig gesagt. Es gilt heutzutage als selbstverständlich, daß man wegen der Kontraktions- und Dilatationsfehler, welche die Verwendung von Hanfschnüren mit sich bringt, die Lotungen mit Draht vornimmt¹⁾. Nach der Art desselben richtet sich wieder die Ausstattung des Lotapparates. Der, den sich der Verfasser konstruierte, ist in alle seine Teile leicht zerlegbar. Er wiegt nur 5 kg und ist bequem in einem Rucksacke unterzubringen. Freilich gehört er zu den Haspeln und nicht zu den sogenannten Präzisionsapparaten, aber er hat sich bei nun bald zehnjährigem Gebrauche derart bewährt, daß der Verfasser ihm den Vorzug gab, als er gelegentlich der Untersuchung der Kufsteiner und Kaisergebirgsseen die Wahl zwischen ihm und einem Präzisionsapparate hatte. Der verwendete Draht ist eine dreifädige Tiegelgußstahldrahtlitze, die durch deutlich kennbare, zwischen den Fäden befestigte Marken in Meter geteilt wurde. Die Tiefen wurden stets bis auf Zehntelmeter bestimmt, indem die Länge des Drahtstückes, welches zwischen der ersten über dem Seespiegel liegenden Marke und diesem selbst sich befand, vom Boote aus mit einem Dezimeterstabe bestimmt wurde. Die Differenz zum ganzen Meter ergab die Dezimeter der Lotung. Ule²⁾ hat sich gegen allzu genaue Tiefenangaben ausgesprochen und dies damit begründet, »daß wir ja auch auf dem Lande die Maße nur in ganzen Metern angeben«. Er vergißt dabei, daß für Messungen auf dem Lande ein fixer Nullpunkt vorliegt, während sich die Tiefe des Sees mit der Höhe seines Wasserstandes ändert. Haben wir einen einnivellierten Pegel von Normalnull, wie er schon an einigen unserer Seen besteht, dann werden wir unsere Lotungen selbstverständlich auf ihn beziehen, dabei aber die Dezimeter keineswegs vernachlässigen, da bei einer Abrundung auf ganze Meter die Art der Abrundung bei den einzelnen Lotungen niemals eine gleichmäßige sein kann und andererseits in unserem Lotungsergebnisse der jeweilige Pegelstand, dessen Schwankungen meistens innerhalb der Abrundungsgrenzen gelegen sind, gar nicht zum Ausdruck kommen würde, was doch von einer exakten Messung verlangt werden darf. Messungsfehler können sich bei einer auf ruhigem Wasser vorgenommenen Lotung nur innerhalb eines Dezimeters einstellen. Eine Genauigkeit auf Zentimeter anzustreben wäre aussichtslos. Wir glauben, daß in dem Falle, wo der See keinen Pegel besitzt, der Ausloter des Sees die Verpflichtung hätte, durch eine widerstandsfähige Marke die Höhe des Wasserspiegels zur Zeit seiner Lotung zu kennzeichnen,

¹⁾ W. Halbfaß, Beiträge zur Kenntnis der Seen der Lechtaler Alpen a. a. O. lotete dagegen in neuerer Zeit wieder mit »einer in Meter geteilten Schnur, die sich bereits bei seinen Untersuchungen in den Pommer'schen Seen (vgl. Beiträge zur Kenntnis d. Pommer'schen Seen 136. Ergänzungsh. zu Petermanns Mitt. 1901, S. 5) durchaus bewährt hatte«.

²⁾ a. a. O. S. 32 und Die Gewässerkunde u. s. w. a. a. O. S. 442.

damit diese künftigen Untersuchungen als Anhaltspunkt dienen oder bei der Errichtung eines Pegels zu dessen Nullpunkt in Beziehung gebracht werden könnte.

Dem Litzendrahte selbst ist trotz seiner Widerstandsfähigkeit große Sorgfalt zu widmen. Er unterliegt zwar infolge der Verzinkung bei genügender Einfettung nicht so leicht dem Roste. Hat dieser aber einmal zwischen den Fäden der Litze platzgegriffen, dann schreitet die Zerstörung fort; ein plötzliches Reißen des Drahtes während der Lotung ist in diesem Falle nicht ausgeschlossen.

Ein Präzisionsapparat mit Zählwerk wird notwendig, sobald wir auf die Anbringung von Marken an der Litze verzichten oder überhaupt nur einfachen Stahl- oder Klaviersaitendraht verwenden. Hinsichtlich der Ausführung solcher Maschinen sei auf Richter¹⁾ und Ule²⁾ und namentlich auf den Lotapparat des eidgenössischen topographischen Bureaus³⁾ sowie auf Belloc's⁴⁾ kleineren Sondeur und den gleichfalls recht kompendiösen Apparat Delebecques⁵⁾ verwiesen, welch letztere vermöge des geringen Gewichtes von 4 bis 5 kg zur Auslotung von Hochgebirgsseen in recht ausgiebiger Weise bereits Verwendung fanden. Beim Gebrauche solcher Maschinen hat man darauf zu sehen, daß die Achsen der Zahnräder derart zueinander fixiert sind, daß ein Überspringen von Zähnen oder ein zeitweiliges Stillstehen des einen Rades nicht vorkommen kann. Die Zahnräder sollen nicht bloß aneinander vorübergleiten, sondern möglichst innig ineinandergreifen. Da beim Transporte leicht Lockerungen der Schrauben eintreten, wird es gut sein, den Apparat unmittelbar vor Beginn der Lotungsarbeit auf seine Verlässlichkeit zu prüfen. Wird durch das Zählwerk bloß die Zahl der Umdrehungen der Drahttrommel gemessen, dann bestimme man mit größter Genauigkeit den Umfang der letzteren und achte darauf, daß kein Übereinanderliegen des Drahtes platzgreife⁶⁾, da aus diesem Umstande ganz unberechenbare Fehler der Messungen entstehen können.

Die Auslotung von Seen mit größerer Oberfläche wird wegen des ziemlich komplizierten Lotungsvorganges, der auch etliche geschulte Mitarbeiter erfordert, wie schon früher erwähnt wurde, nur ausnahmsweise von einem einzelnen unternommen werden können. Da der Verfasser über dieses Kapitel keine eigenen Erfahrungen mitzuteilen in der Lage ist, begnügt er sich, auf die einschlägigen Darstellungen Forels⁷⁾ zu verweisen. Nach dem dort angegebenen Verfahren wurden nicht bloß die Seen der Schweiz, sondern auch der Bodensee⁸⁾ und die französischen Seen⁹⁾ ausgelotet. Auch Richter¹⁰⁾ hat diesen Vorgang eingehend beschrieben.

¹⁾ a. a. O. S. 8 und 9.

²⁾ a. a. O. Seite 32.

³⁾ Vgl. A. Delebecque, Les lacs français a. a. O. S. 16.

⁴⁾ Les sondeurs E. Belloc, Association française etc. Congrès de Carthage 1886.

⁵⁾ a. a. O. S. 18.

⁶⁾ Vgl. Ule, a. a. O. S. 31.

⁷⁾ Le Léman Tom. I. S. 33—36. Lausanne 1892.

⁸⁾ Vgl. E. Zeppelin, Bodenseeforschungen XXII. Heft der Schriften des Vereines f. Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung. S. 52.

⁹⁾ Vgl. A. Delebecque a. a. O. S. 15.

¹⁰⁾ Seestudien a. a. O. S. 15.

Daß die Lotungen in kleineren Seen bedeutend gleichmäßiger über die ganze Seefläche verteilt sein müssen, als in großen, wurde bereits erwähnt. Fehlt doch ersteren in der Regel ein ausgeprägter Schweb. Die Entfernungen der Lotungsorte dürfen daher gegen die Mitte des Sees zu nicht größer genommen werden, als in der Nähe des Ufers. Dazu kommt, daß das Bodenrelief kleiner Wannens oft auf geringem Raume verhältnismäßig große Unebenheiten zeigen kann. Als Beispiel sei der Almsee¹⁾ in Oberösterreich angeführt, in dem nicht nur die maximale Tiefe auf eine äußerst kleine Fläche beschränkt ist, sondern auch der Seeboden keinen ununterbrochenen Abfall zu dieser besitzt. Andere Seen setzen sich wieder aus mehreren Wannens zusammen. So besteht der Reintalersee bei Rattenberg in Tirol aus zwei Mulden, von rund 10 m Tiefe, die durch eine breite, nur 1 m tiefe Schwelle voneinander vollkommen getrennt sind. Auch im Hintersteinersee am Südfuße des Zettenkaisers finden sich in der Nähe des Westufers zwei kleine isolierte, kesselförmige Vertiefungen.

Die Richtung der Profillinien wird man stets so zu wählen haben, daß sie möglichst normal zur Uferlinie stehen. Richter²⁾ hält ein Abweichen von der Normalen aus dem Grunde für sehr bedenklich, »weil auf der Böschung die geringste Ungenauigkeit in der Bestimmung des Lotortes die schwersten Fehler mit sich bringt«. Daß bei der geringen Entfernung der Lotungsstellen in kleinen Seen diese Gefahr eine besonders große ist, ist einleuchtend. Daraus ergibt sich für Wannens mit einer ausgesprochenen Längsachse eine mehr oder minder parallele Reihe von Querprofilen, die durch ein Längsprofil vorteilhaft ergänzt werden können. Die Entfernung der Reihen voneinander richtet sich nach den jeweiligen Tiefenverhältnissen. Für Seen, deren Umfang sich mehr der Kreisform nähert, empfiehlt sich entweder ein Netz von Profillinien, die aufeinander möglichst senkrecht stehen, oder eine radiale Anordnung der Lotungsreihen, die sich aber durchaus nicht in einem Punkte zu treffen brauchen. Sich kreuzende Profile sind die beste Kontrolle für die genaue Einhaltung des Lotungsortes und die Verlässlichkeit der Messung. Ergibt sich die Notwendigkeit, einzelnen Unebenheiten des Seegrundes besonders nachzugehen, dann lege man über dieselben lieber durchgehende Profile, was ja in kleinen Seen ohne viel Mühe geschehen kann. Auch Teilprofile sollten nur an einer festen, von Ufer zu Ufer gespannten Schnur gemessen werden, sobald es sich um größere Entfernungen vom Ufer handelt, bei denen aus den früher erwähnten Gründen ein Spannen der Schnur vom Schiffe aus nicht mehr leicht möglich ist. Geknickte Profile erfordern große Sorgfalt in der Bestimmung der wechselnden Richtungen. Eine solche ist nur bei ruhiger Luft möglich. Bei Wind gelotet, verlieren sie, sofern die einzelnen Punkte der Linie nicht vom Lande aus trigonometrisch eingemessen werden können, mehr oder minder an Brauchbarkeit. Schjerning³⁾ maß im Zellersee im Pinzgau einige derartige Profile, indem »sofort die neue Richtung aufgezeichnet, und wieder 20 oder 40 Ruderschläge getan wurden, sobald sich das Boot aus seiner Richtung bewegt hatte«. Sie dürften nicht sehr verlässlich sein.

1) Seen des Salzkammergutes, a. a. O. S. 47.

2) Seestudien, a. a. O. S. 3.

3) a. a. O.

Aber nicht nur der Seeboden und die Halde, auch die Uferbank und der Strand bedürfen einer genauen Untersuchung. Dort wo Wände in den See sich hinabsenken, wird man durch möglichst nahe aneinanderliegende Lotungen sowohl den Fuß als auch den unterseeischen Neigungswinkel der Wände zu bestimmen haben. Hiezu ist neben dem ja immer vorausgesetzten absolut ruhigen Seespiegel eine mehrmalige Wiederholung der Lotung an ein- und derselben Stelle notwendig. Das Ablaufen des Drahtes muß langsam geschehen. Die Kurbel der Trommel darf nicht aus der Hand gelassen werden, um sofort den Augenblick wahrzunehmen, in dem das Lot aufstößt. Übersehen wir diesen, so kann es sich leicht ereignen, daß das Lot an der Wand abwärtsgleitet und wir eine größere Tiefe ablesen, als unserem Lotungsorte entspricht. Interessante Ergebnisse förderten in diesem Punkte unsere Lotungen beispielsweise im Vorderen Lahngang-, Hintersteiner- und Hechtensee zutage. Gelang es in ersterem den Fuß der Neusteinwand in Tiefen von 28 und 32 m nachzuweisen, so zeigten die Wände der beiden letzteren, überseeisch durch schön ausgebildete Brandungskehlen ausgezeichnet, auch durch Wellenschlag ausgewaschene Uferbänke verschiedener Breite. Es sei nur eine Lotung am Südufer des Hintersteinersees herausgegriffen. 3 m vom Ufer entfernt, betrug die Wassertiefe erst 20 cm, in einer weiteren Entfernung von 2 m dagegen schon 7·2 m und 20 m vom Ufer 14 m. Auf einer Strecke von 2 m senkt sich demnach die Wannengewandung um 7 m; der Neigungswinkel ist rund 74°. Auch Deltaabfällen und Schutthalden ist gebührende Beachtung zu schenken. Die jeweils in unsere Lotungskarte eingetragenen Tiefen werden uns mit ziemlicher Sicherheit den Zeitpunkt angeben, in welchem die Auslotung des Sees als beendet betrachtet werden kann. Der genaue Entwurf der Tiefenkarte ist Sache der häuslichen Arbeit. Wir können hiebei entweder Isohypsen über dem Meeresspiegel oder Isobathen unter dem Seeniveau konstruieren. Beides hat etwas für sich. Ule¹⁾ hat sich zwar dahin ausgesprochen, daß die Isobathenzeichnung »das entschieden richtigere Verfahren« ist, da das Relief des Uferlandes durch »ganz andere Kräfte ausgearbeitet werde, als der Seeboden«, das Seebecken daher »als eine gesonderte Erscheinung betrachtet werden müsse«. Auch A. B ö h m²⁾ hat die Isohypsendarstellung nur als »wissenschaftliche Mode« bezeichnet, »die sich hoffentlich nicht allzu lange erhalten wird«. Erwägen wir dagegen, daß die Wanne das Primäre, der See das Sekundäre ist und nicht nur die Entstehung der ersteren, sondern auch die Erfüllung mit Wasser auf das innigste mit der Entwicklungsgeschichte und der Gestalt der ganzen Umgebung des heutigen Sees verknüpft ist, so wird es der Berechtigung gewiß nicht entbehren, auch die vom Wasser bedeckte Hohlform als einen Teil des allgemeinen Bodenreliefs aufzufassen und sie durch Isohypsen zur Darstellung zu bringen, die den genannten Zusammenhang bedeutend anschaulicher wiederzugeben vermögen als die Isobathen. Für diejenigen, welche letzteren das Wort reden, spricht nur der Umstand, daß die Wannenform des Sees im sichtbaren Relief des Landes nicht zum Ausdruck kommt und, wie schon Forel³⁾ betonte, bei der Umwandlung einer

¹⁾ Der Würmsee a. a. O. S. 38. — Vgl. dagegen W. Halbfaß, Ein Kapitel aus d. modernen Seenforschung, a. a. O. S. 9 u. 10.

²⁾ Zur Biographie Friedrich Simonys, Wien 1899 S. 14.

³⁾ Handbuch der Seenkunde, S. 25.

Wanne in ein Seebecken in der Tat »typische Umgestaltungen« eintreten, die teils durch die chemische und mechanische Erosion des Seewassers, teils durch die Einwirkung der Zuflüsse und ihrer Ablagerungen hervorgerufen werden.

Für die Konstruktion der Tiefenlinien empfiehlt es sich, zunächst jedes gelotete Profil vollständig zu entwerfen, die Fußpunkte der Lotungsvertikalen — als solche seien die Senkrechten vom Lotungsorte zum Seegrunde bezeichnet — unter Annahme eines konstanten Gefälles zwischen zwei benachbarten Fußpunkten durch eine möglichst stetige Linie zu verbinden und sodann durch die als Kurvendistanz gewählten Tiefenwerte Parallele zum Seespiegel zu ziehen. In den Punkten, wo diese die Wannelinie des Profils treffen, errichten wir eine Normale zum Seespiegel und erhalten dadurch bei möglichster Verminderung des Einflusses der Willkür die aus den Lotungen sich ergebende Lage der Kurvenpunkte für die Tiefenkarte. Bei nahen Profilen wird man auch benachbarte Punkte verschiedener Lotungsreihen in gleicher Weise behandeln können. Die Lotungsorte müssen auf alle Fälle in die Tiefenkarten eingetragen werden. Ob auch die Tiefenzahlen Aufnahme finden, richtet sich nach dem Maßstabe der Karte und der Dichte des Lotungsnetzes. Die Maximaltiefe oder, falls die Wanne aus mehreren Teilwannen sich zusammensetzt, die Maximaltiefen sollten wohl auch durch ihren numerischen Wert gekennzeichnet werden.

II. Einiges über Beobachtungen, welche das Wasser des Sees betreffen.

Die Probleme, welche das Wasser der Seen bietet, hat Forel nicht bloß in mehreren Einzeluntersuchungen und namentlich in seinem klassischen Werke über den Genfersee behandelt, er hat auch die Ergebnisse seiner und anderer Forschungen in dem bereits öfter genannten Handbuche der Seenkunde in so prägnanter und doch erschöpfender Weise zusammengefaßt, daß sich künftige Untersuchungen in wohl vorgezeichneten Bahnen zu bewegen vermögen. Zudem haben auch die Arbeiten der Bodensee-, Plattensee- und Schweizerischen Limnologischen Kommission nebst den zahlreichen Spezialstudien, die Forel im bibliographischen Anhang zu seiner Seenkunde anführt, Muster für ähnliche Untersuchungen geliefert. Wenn sich nichtsdestoweniger die folgenden Zeilen mit derartigen Fragen beschäftigen, so geschieht dies, um besonders auf einige Punkte der Thermik der Seen hinzuweisen, die der Verfasser gelegentlich seiner Arbeit über die Vereisung der österreichischen Alpenseen¹⁾ als nicht bloß einer intensiven, sondern auch einer extensiven Beobachtung bedürftig erkannt hat.

Während chemische, optische und biologische Studien, wie erst vor kurzem die Arbeiten eines Halbfäß²⁾ und Ule³⁾ gezeigt haben, der Einzelforschung auch dann noch ein weites Feld der Tätigkeit eröffnen, wenn der Forscher auch nur vorübergehend an dem See

1) Pencks Geographische Abhandlungen VII, 2. Leipzig 1903.

2) Beiträge zur Kenntnis der Pommerschen Seen a. a. O.

3) Beitrag zur physikalischen Erforschung der baltischen Seen. Forschung zur deutschen Landes- und Volkskunde. XI. 2, und Der Würmsee a. a. O. S. 106 ff.

weilt, müssen wir hinsichtlich der thermischen Probleme wohl in den meisten Fällen an dem schon eingangs erwähnten Standpunkte Richters festhalten. Erfordern doch selbst die Fragen der Hydrologie und Hydraulik bereits mehr oder minder ständige Beobachtungen. Der einzelne kann der Wissenschaft nur dann einen Dienst erweisen, wenn er entweder selbst intensive Untersuchungen anstellt oder wenigstens die Organisation solcher in die Hand nimmt und vor allem den Seeanwohnern für eine möglichst genaue Beobachtung Interesse einzufloßen versteht. Mußten wir doch in der früher genannten Arbeit darauf hinweisen, wie ungleichwertig das dem k. k. hydrographischen Zentralbureau von seinen freilich größtenteils freiwillig beobachtenden Berichterstatlern eingelieferte Material sein kann, sobald es sich nicht mehr um rein mechanische Ablesungen, sondern um die Beobachtung von Vorgängen und eine charakterisierende Skizzierung derselben handelt. Eine wie schöne Aufgabe wäre es allein schon, einem derartigen Beobachter in wohlwollendster Weise mit Rat und Tat aufklärend zur Seite zu stehen und so allmählich darauf hinzuwirken, daß er seine Arbeit nicht nur nicht als Last betrachtet, die er möglichst bald wieder loswerden will, sondern ihr im Gegenteil mit Verständnis und daher auch mit Liebe und lebhaftem Interesse entgegenkommt. Dem Fachkollegen, der sich dieser Mühe unterzieht, ist der Dank des Beobachters ebenso sicher wie der der Wissenschaft. Wir haben es dem k. k. hydrographischen Zentralbureau allein zu danken, wenn heute in zahlreichen Seen und Flüssen der Pegelstand regelmäßig abgelesen wird, ja bereits in einigen Gewässern selbstregistrierende Apparate in Tätigkeit sind, so daß wir über den Wasserhaushalt unserer Alpengewässer unvergleichlich besser unterrichtet sind, als etwa noch vor zehn Jahren. Aber wie viele kleine Seen, namentlich des Hochgebirges, entbehren noch derartiger Beobachtungen und werden ihrer wahrscheinlich auch noch lange entbehren müssen. Nicht überall sind wir in einer so glücklichen Lage wie bei den Seen auf dem Reschenscheideck. Deswegen ihren hydrologischen Eigenheiten keine Aufmerksamkeit zu schenken, halten wir für verfehlt. Finsterwalder¹⁾ und Hess²⁾ haben gezeigt, auf welche Weise auch der einzelne Seenforscher wenigstens annähernd sich einen Einblick in den Wasserhaushalt eines Sees zu verschaffen vermag. Wird es ihm auch vielleicht nur in wenigen Fällen möglich sein, im See und in dessen Zu- und Abflüssen einen Pegel zu setzen und, sei es durch ununterbrochene, sei es durch gelegentliche Ablesungen Material über die Zu- und Abflusssmengen verschiedener Zeiten zu sammeln, so wird er doch bei öfterer Anwesenheit an dem See das vom Wasser benetzte Profil der Rinnale, die Geschwindigkeit des Wassers und an der Hand seiner schon gelegentlich der Auslotung angebrachten Wasserstandsmarke die jeweilige Spiegelhöhe des Sees bestimmen können. Auch Niederschlagsmessungen und Beobachtungen der Verdunstungsmenge, nach dem Verfahren Exners³⁾ bei verschiedenen Witterungsverhältnissen angesetzt, werden schätzenswertes Material liefern. Das Problem der glatten Stellen inmitten einer gekräuselten Oberfläche, der »Lacken auf

1) Die Pegelstation in Sulden, Mitt. d. D. u. Oe. A.-V. 1892, S. 90.

2) Die Pegelstation in Ranalt, ebenda 1893, S. 19.

3) a. a. O.

dem See«, wie sie Schu h¹⁾ nennt, halten wir durch dessen Untersuchungen nicht völlig gelöst. Auch diesem wird erst an der Hand einer größeren Reihe von genauen Beobachtungen auf verschiedenen Seen näher getreten werden können.

Hinsichtlich der Untersuchung thermischer Fragen haben wir die kleinen Seen des Hochgebirges von den tiefer gelegenen größeren Becken der Täler und des Alpenvorlandes zu trennen. Der Forschung in letzteren hat erst kürzlich W o e i k o f²⁾ dadurch einige neue Aufgaben gestellt, daß er es als wünschenswert bezeichnete, in einem »tiefen See des tropischen Typus«³⁾ monatlich je eine bis zum Grunde reichende Temperaturserie zu messen und »wo möglich nahe daneben Beobachtungen der Bodentemperatur bis 6 oder 7 m Tiefe und außerdem einmal im Jahre die Bestimmung der Temperatur in Bohrlöchern von 20 m Tiefe oder darunter« vorzunehmen. Es sei darauf hingewiesen, daß schon die Plattenseekommission ähnliche Untersuchungen anstellte, indem sie die Wärmezustände des Bodenwassers, Schlammes und der Luft von Kereked mit der Bodentemperatur in Ó Gyalla verglich⁴⁾, die 3 Jahre hindurch in einer Tiefe von 0 und 0·5 m täglich dreimal, in einer solchen von 1 und 2 m täglich einmal abgelesen wurde. Nimmt zwar der Plattensee infolge seiner geringen Tiefe eine ganz besondere Stellung ein, so daß Oberflächen- und Bodenwasserwärme das ganze Jahr hindurch nahezu gleich sind, so ergaben doch die vorgenommenen Beobachtungen nicht bloß merkbare Unterschiede zwischen der letzteren und der Bodentemperatur, sondern auch ein recht bemerkenswertes jahreszeitliches Verhalten der Höhe der Bodentemperatur in verschiedenen Tiefen zur Wärme des Bodenwassers. Wir glauben daher, daß W o e i k o f s Untersuchungen auch in temperierten Seen, zu denen ja die meisten unserer alpinen Talseen zu zählen sein dürften, manches schöne Ergebnis liefern könnten. Hat doch der Temperaturzustand des die Wanne umgebenden Erdbodens in verschiedenen Tiefen gewiß einen namhaften Einfluß auf das Gefrieren und Tauen der Seen, so daß schon aus diesem Grunde sich genaue Untersuchungen der Bodenwärme empfehlen dürften.

Bei Hochgebirgsseen besitzt auch die bloß gelegentliche Vornahme von Temperaturmessungen einen großen Wert. Vermochte doch F. Z s c h o k k e⁵⁾ lediglich auf Grund derartiger Beobachtungen unter den Seen des Hochgebirges dreierlei Typen zu unterscheiden: 1. Becken großen Volumens, 2. kleine, seichte, sonniggelegene und vom Schmelzwasser nicht direkt gespeiste Weiher und 3. eigentliche Eisseen und Schneeweiher mit vollkommenem Schmelzwasserregime. Es wäre gewiß eine dankbare Aufgabe, diese Kategorien auch in dem gesamten Alpenzuge nachzuweisen. Daß auch vereinzelte, aber möglichst gleichzeitig in verschiedenen Seen ausgeführte Temperaturserien schöne Ergebnisse liefern können, hat U l e⁶⁾ gezeigt.

1) Beiträge zur Kenntnis des Gmundnersees III. Jahresbericht des Kommunal-Gymn. in Gmunden 1899, S. 49.

2) Einige Probleme der Seenkunde, Zeitschr. für Gewässerkunde, V. Bd. S. 14 u. 15.

3) Vgl. Forel, Handbuch der Seenkunde S. 108.

4) J. Sáring, Temperaturverhältnisse des Balatonwassers, Resultate d. wissensch. Erforschung d. Balatonsees I. 5. Wien 1901. S. 36.

5) Die Tierwelt der Hochgebirgsseen. Denkschriften der Schweiz. naturforsch. Gesellsch. XXXVII. 1900. S. 20.

6) Der Würmsee, a. a. O. S. 141 ff.

In einem und demselben See sollte die Oberflächenwärme tunlichst zur gleichen Zeit an verschiedenen Stellen gemessen werden.¹⁾ Unsere Untersuchungen im Andritzursprunge bei Graz²⁾ haben beispielsweise schon auf einer Fläche von 250 m² merkbare Unterschiede ergeben; um wie viel bedeutender dürften sie auf großen Wasserflächen sein. Es würde sich nachweisen lassen, ob und in welcher Zeit die Isothermenfläche des Spiegelwassers mit der Seeoberfläche zusammenfällt. Aus einer Summe solcher Beobachtungen wäre es möglich, zunächst die Einwirkung örtlicher Ursachen auf die Wärmeverhältnisse des Seespiegels, dann aber auch die Ursachen selbst näher kennen zu lernen. Zeigt sich ein Unterschied in der Erwärmung der obersten Wasserschichte, so wird es nötig sein, an den Messungsstellen auch den Wärmezustand des Wassers bis zu jener Tiefe zu untersuchen, in der das Dichtemaximum des Wassers beginnt, um aus der Lage der thermischen Gleichgewichtflächen innerhalb der uns morphometrisch bekannten Wanne den Wärmehaushalt der gesamten Wassermasse zu jeder Zeit bestimmen zu können. Bolometermessungen dürften hierbei in den obersten Schichten die besten Dienste leisten. Selbstregistrierende Thermometer werden nur dann brauchbare Ergebnisse liefern, wenn sie Änderungen von Zehntelgraden noch deutlich anzeigen. Da mit der Zunahme der Tiefe, in welche das Thermometer versenkt wird, auch der Wasserdruck wächst, wird der Gang der Temperaturkurve durch ihn umso mehr beeinflusst werden, je tiefer unser Apparat liegt. Kontaktthermometer würden sich zu derartigen Messungen wohl auch eignen, doch dürfte sich die Sache ziemlich kostspielig gestalten, da sie nicht bloß einen äußerst dünnen Quecksilberfaden, sondern auch einen Zehntelgradkontakt besitzen müssen, der entweder durch eine jedesmalige besondere Auslösung oder durch eine Veränderung des Leitungswiderstandes hergestellt werden könnte. Jedenfalls würden derartige Messungen ein genaueres Bild des Wärmezustandes eines Sees geben als die von Fehlern doch nicht ganz freien Angaben eines Umkehrthermometers.

Je näher die 4⁰ Schichte gegen die Wasseroberfläche heranrückt desto mehr wird es notwendig, nahezu ununterbrochen Temperaturreihen bis zu ihrer oberen Grenze zu messen, um den Augenblick und die Stelle genau wahrzunehmen, wo sie den Wasserspiegel zuerst erreicht. Aber auch nach diesem Ereignisse sollte täglich am gleichen Orte und zu gleicher Zeit wenigstens eine Serie von Temperaturmessungen bis zur 4⁰ Schichte vorgenommen werden. Gut wird es sein, außerdem in der Nähe des Ufers an mehreren Orten den Wärmezustand der Wassersäule bis zum Grunde zu untersuchen, um den Einfluß der Temperatur des Erdbodens und die Grenzen seiner Verbreitung im Wasser näher zu bestimmen. Je mehr sich die Oberflächenwärme der Temperatur von 0⁰ nähert, je tiefer also bei fortschreitender Abkühlung die obere Grenze der 4⁰ Schichte in den See hinabsinkt, um so genauer müssen die Messungen sein. Es wurde vom Verfasser

¹⁾ Hinsichtlich des Messungsverfahrens vergleiche man die „Vorschriften für Wasserstandsbeobachtungen nebst Anleitung zur Beobachtung der Wassertemperatur“. Wien 1895 und F. A. Forel, Die Temperaturverhältnisse des Bodensees. (Deutsch v. E. Zeppelin. XXII. H. d. Schr. d. Ver. f. Gesch. d. Bodensees u. seiner Umgebung, Lindau 1893. S. 5).

²⁾ Grazer Tagespost vom 17. V. und 21. VII. 1896.

schon an anderer Stelle¹⁾ darauf hingewiesen, daß bei der Zartheit der Nullgradschichte unser bisheriges Messungsverfahren nicht ausreicht, um einen der Wirklichkeit entsprechenden Wärmewert zu erhalten. Der Einfluß der Verdunstungskälte muß vom Thermometergefäße vollkommen ferne gehalten werden. Inwieferne Kontaktthermometer, die man dann im Eis einfrieren lassen könnte, um einen Aufschluß über das Wärmegefälle im Eise und Wasser zu erhalten, zu diesem Zwecke geeignet sind, müßte erst ein Versuch erweisen.

Den ersten Spuren der Vereisung, der Art und Weise der Verbreitung des Eises, der Struktur desselben und deren Veränderungen ist die größte Beachtung zu schenken. Die Lufttemperatur soll in bestimmten Abständen über und hart an der Seeoberfläche gemessen und Dauer und Intensität des Sonnenscheins beobachtet werden. Solange noch offene Stellen auf dem See vorhanden sind und es möglich ist, zu ihnen zu gelangen, möge auch an diesen täglich einmal zu gleicher Stunde eine Temperaturreihe bis zur 4^o Schichte gemessen werden. Daß die Messungsorte genau in die Tiefenkarte des Sees eingezeichnet werden müssen, ist selbstverständlich. Aber auch dann, wenn der See geschlossen ist, wird man mit den täglichen Messungen der Wasserwärme in verschiedenen Tiefen nicht aussetzen dürfen. Am besten wird es sein, an verschiedenen Stellen Löcher in die Eisdecke schlagen zu lassen und in diesen zu messen. Daß die am Thermometer abgelesene Oberflächenwärme der wirklichen Wassertemperatur unter dem Eise nicht entspricht, haben wir in der früher erwähnten Arbeit über die Vereisung der österr. Alpenseen ausführlich dargelegt. Was uns bislang fehlt, ist ein klarer Einblick in die tägliche Mächtigkeit der Wasserschichte von unter 4^o Wärme. Kennen wir diese, dann sind wir imstande, aus ihr den Wärmeverrat des Wassers unter der geschlossenen Eisdecke zu bestimmen und die Größe seines Einflusses auf das Tauen des Eises zu berechnen.

Das Wachstum der Eisdicke werden wir täglich gelegentlich der Untersuchung der Wasserwärme kennen lernen. Je zahlreicher die beobachteten Stellen sind und je gleichmäßiger sie sich sowohl auf die Uferpartien als auch auf die Seemitte erstrecken, um so besser wird das jeweilige Eisvolumen des ganzen Sees bestimmt werden können. Gelegentlich der Messung der Eisdicke werden wir auch einen Einblick in die Struktur des Eises an verschiedenen Punkten des Sees gewinnen. Wir werden finden, wo und in welcher Mächtigkeit Schnee auf der Eisdecke ruht, wo das Eis klar und durchsichtig ist, wo es Blasen enthält oder trüb ist, und wo es sich aus Schneeeis und kompaktem Seeeis zusammensetzt. Wir werden prüfen können, wo lamellare, wo körnige Struktur vorherrscht, in welcher Lage sich die Achsen der Eiskristalle zur Seeoberfläche befinden, und wo Hohlräume im Eise selbst sich bilden. Wiederholte Abmessungen der einzelnen Schichten werden uns Dickeänderungen sofort wahrnehmen lassen und uns die Möglichkeit bieten, den Ursachen der wechselnden Struktur nachzugehen. Ähnliches wird hinsichtlich der Struktur und Mächtigkeit der überlagernden Schneedecke zu geschehen haben. Zu den Messungen der Wassertemperatur werden sich nunmehr auch solche gesellen, welche sich mit dem Wärmezustande des Eises an seiner Oberfläche und in

¹⁾ Die Vereisung der österr. Alpenseen, a. a. O. S. 29.

verschiedenen Tiefen beschäftigen.¹⁾ Auch diese sind wo möglich täglich vorzunehmen. Bei dem Einflusse, den die Schneedecke auf die Temperatur des Eises ausübt, ist auch dem Temperaturgefälle in ihrem Innern sowol auf dem Lande als über dem Eise Aufmerksamkeit zu widmen. Die schon früher erwähnten Messungen der Lufttemperatur werden nunmehr über dem Eise fortgesetzt und auch zu verschiedenen Tageszeiten das Wärmegefälle von etwa 2 m Höhe bis zur Eisfläche untersucht. Befindet sich keine meteorologische Station an dem See oder wenigstens in seiner Nähe, so wird man gleichzeitig auch den Gang der Lufttemperatur über dem Lande zu beobachten und etwaige Niederschlagsmengen zu messen haben. Der Grad der Verdunstung, den das Eis an seiner Oberfläche erleidet, wird am besten dadurch bestimmt werden können, daß man durch genaue Messungen prüft, ob das Eis nach beiden Richtungen an Dicke zu- oder abnimmt. Zeigt sich irgendwo eine Ansammlung von Wasser auf der Eisdecke, so ist ihrer Entstehung genau nachzuforschen, aber auch ihr weiteres Schicksal sorgfältig zu verfolgen. Auch das Problem der Flecken freien Wassers inmitten einer geschlossenen Decke, das schon Forel²⁾ zu lösen versuchte, bedarf noch eingehender Beobachtungen.

Von Messungen der Temperatur des Oberflächenwassers unter dem Eise kann nur dann die Rede sein, wenn wir die Eisdecke durchbohren und es uns gelingt, durch das Bohrloch ein Thermometer derart einzuführen, daß seine Kugel die Wasseroberfläche berührt und durch das Bohrloch hindurch kein Kontakt zwischen der Luft und dem Wasser eintreten kann. Wegen des Eiswachstums oder der Abnahme der Eisdicke müßte freilich das Thermometer täglich neu eingeschoben werden.

Über die Detailstudien, welche Wölbungen und Sprünge im Eise verlangen, hat schon Arnet³⁾ in so ausführlicher Weise gesprochen, daß es genügt, auf das dort Gesagte hinzuweisen. Am Schlusse der Eisperiode wäre den Örtlichkeiten, an denen die Tauspuren zuerst auftreten, der Art des Eisverfalles, der horizontalen und vertikalen Minderung der Eisdicke und der Änderung der Eisstruktur besondere Beachtung zu schenken.

Wird es auch in vielen Fällen nicht möglich sein, all den genannten Erscheinungen nachzugehen, so wäre es doch schon ein großer Gewinn für die Kenntnis der Vereisung unserer Alpenseen, den Beginn der einzelnen Phasen der Eisperiode zu wissen. Als solche Momente möchten wir den Beginn der ersten Eisbildung, den Zeitpunkt der Schließung des ganzen Sees, das Erscheinen der ersten Tauspuren auf der Eisoberfläche und das völlige Schwinden der Eisdecke bezeichnen. Gut wäre es, wenn auch die maximale Eisdicke des betreffenden Winters samt dem Tage ihres Auftretens berichtet würde. Je größer die Zahl der Seen ist, von welchen uns derartige Angaben vorliegen, um so leichter wird es sein, den Einfluß der geographischen Lage auf die Dauer der Eisperiode und die klimatische Bedeutung der Seen

¹⁾ Vgl. auch X. Arnet, Das Gefrieren der Seen i. d. Zentralschweiz u. s. w. Luzern 1897. S. 104 ff.

²⁾ Handbuch der Seenkunde. S. 129.

³⁾ a. a. O. S. 104.

überhaupt nachzuweisen.¹⁾ Es ergibt sich hieraus wohl klar, welche Fülle von Einzelarbeit noch zu leisten ist, ehe wir die thermischen Fragen der Seenforschung als gelöst betrachten können.

Wir haben nur einen geringen Teil der Aufgaben der Limnologie in den Kreis unserer Betrachtungen gezogen. Ist es uns gelungen, vielleicht schon durch diesen einiges Interesse für eine Wissenschaft erweckt zu haben, die in so nahen Beziehungen zu allen naturwissenschaftlichen Disziplinen steht und deren Forschungsergebnisse ja auch unsere Instruktionen²⁾ wenigstens insoferne im Rahmen des erdkundlichen Unterrichtes erwähnt wissen wollen, als sie verlangen „besonders den Alpenseen Aufmerksamkeit zu widmen und den einen oder anderen Längen- oder Querschnitt eines dieser Seen als Gegenstück zu den Höhenprofilen an die Tafel zu zeichnen“, dann haben die voranstehenden Zeilen ihren Zweck erfüllt.

¹⁾ Vgl. J. Hann, Lehrbuch der Meteorologie, Leipzig 1901. S. 58 u. 59.

²⁾ Für d. Unterr. a. d. Gymnasien i. Oesterreich. Wien 1900. S. 148.