

Die seenkundliche Literatur von Österreich 1897—1912.

Von

Dr. Gustav Götzinger (Wien).

In der folgenden Zusammenfassung ist es notwendig, einen Abschnitt (A) voranzustellen, in welchem wir solche Arbeiten erwähnen, die zwar nach ihrem Titel nicht ausschließlich österreichische Seen behandeln, die aber von jedem Limnologen eingesehen werden müssen, um sich über die allgemeine Methodik und die einzelnen Hauptprobleme zu orientieren. Zahlreiche Arbeiten des Abschnittes A enthalten übrigens Hinweise oder Beispiele, das österreichische Seengebiet betreffend, so daß deren Anführung berechtigt erscheint.

A. Allgemeine Darstellungen.

1. Bibliographie.

Über seenkundliche Arbeiten orientieren die bekannten bibliographischen Handbücher, wie das „Geographische Jahrbuch“, die „Bibliotheca Geographica“ und das „Literaturverzeichnis“ in Petermanns Geogr. Mitteilungen. Für Österreich ist hier noch in erster Linie der „Geographische Jahresbericht aus Österreich“ zu erwähnen (vgl. dort die Bibliographien über die Fortschritte der geomorphologischen Forschungen, der Länderkunde der Alpen, des Karstes und der böhmischen Länder). Gelegentliche Hinweise enthält auch das Literaturverzeichnis der „Mitteilungen der k. k. geographischen Gesellschaft in Wien“. Außerdem haben einzelne Seenforscher selbst über die Fortschritte der Seenkunde unter Aufzählung der wichtigsten Literatur berichtet. So schrieb W. Halbfuß¹⁾ über die „Fortschritte der Seenforschung der österreichischen Alpenländer“, W. Ule²⁾ über die Gewässerkunde im letzten Jahrzehnt und speziell auch über die seenkundlichen Fortschritte (1889—1898) und brachte dabei

¹⁾ Globus, 1897, 97—99. — ²⁾ G. Z., 1899.

auch eine wichtige Zusammenstellung der Forschungsmethoden. Eine Revue de limnologie in den europäischen Staaten verfaßte Charles Rabot³⁾. Limnologische Übersichten gibt H. Gravelius⁴⁾. W. Halbfaß referierte über den gegenwärtigen Stand der Seenforschung⁵⁾ und jüngst darüber in größerem Zusammenhang sehr ausführlich an anderer Stelle.⁶⁾ In der internationalen Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie gab G. Göttinger⁷⁾ eine Literaturübersicht für das Jahr 1908. Leider sind für die folgenden Jahre ähnliche Literaturzusammenstellungen nicht mehr möglich geworden, weil bei der gewaltigen Größe der gesamten jährlichen hydrographischen und biologischen Produktion der Verlag dieser Zeitschrift die Kosten der Drucklegung nicht aufzubringen imstande war.

2. Handbücher und Allgemeines, Methodologie.

Von Handbüchern müssen hier in erster Linie F. A. Forels grundlegendes Werk „Handbuch der Seenkunde“⁸⁾ und sein berühmter „Le Léman“⁹⁾ erwähnt werden. Das erstere behandelt die Gesetze und die Theorien der allgemeinen Limnologie. Sowohl die Seebecken wie die physikalisch-chemischen und biologischen Verhältnisse des Wassers werden erörtert; freilich ist der Teil über die Entstehung der Seen ziemlich knapp und wohl auch in manchen Punkten überholt. Es sind allgemeine Verwertungen der glänzenden Forschungsergebnisse dieses Verfassers vom Genfersee. „Le Léman“ ist ein Handbuch der Limnologie, trotz der zunächst scheinbar speziellen Behandlung eines großen Schweizer Sees. Die Bände I und II erschienen schon 1895, weshalb hier nur der Hinweis darauf genügt. Band III (1902–1904 erschienen) behandelt die Biologie, Fischerei und Geschichte. Geographisch wichtig ist aus den biologischen Ausführungen namentlich die Abhandlung über die Einwirkung der Tierwelt auf die Morphologie und Geologie der Seen. O. Freiherr von und zu Aufseß¹⁰⁾ bringt eine vielleicht stark subjektiv gefärbte Darlegung der physikalischen Eigenschaften der Seen (also ohne Morphologie). Recht detailliert werden behandelt: Mechanik, auch Seiches, Strömungen, Akustik und Optik, Darlegungen, welche die Hälfte des Buches

³⁾ La Géographie, 1901, 4. Bd., 108–119 und 172–189. — ⁴⁾ Z. f. Gewässerkunde, 1901, S. 108–119. — ⁵⁾ Schr. d. Naturf. Ges. Danzig, N. F. X, 1901, S. 32 ff. —

⁶⁾ S. A. aus „Fortschritte der naturwissenschaftlichen Forschung“, herausgegeben von E. Abderhalden, 1912, VII. Bd., 3 Teile. Der 3. Teil, die Thermik der Seen kam mir nach Fertigstellung des Manuskripts zu, er konnte daher nur in wenigen Punkten mehr Verwertung finden. — ⁷⁾ Int. Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, Bd. I, 1909. — ⁸⁾ Handbuch der Seenkunde, Allgemeine Limnologie, Stuttgart 1901. Bibl. geogr. Handbücher, Bd. XI. — ⁹⁾ Le Léman. Monogr. limnologique, Bd. I, II, 1895, III, 1902–1904. — ¹⁰⁾ „Die Wissenschaft“, Sammlung naturwissenschaftlicher und mathematischer Monographien, Braunschweig, Vieweg, 1905, Heft 4, 120 S.

ausmachen. Nach Aufseß besteht ein Zusammenhang zwischen Durchsichtigkeit und Farbe nicht mehr, eine Ansicht, die freilich nicht von allen Seenforschern geteilt wird. Besonders ausführlich verweilt er bei der Seefarbe, dem Gegenstand seiner früheren Doktordissertation (1903, München), wobei er sich für die chemische Theorie entscheidet und die Diffraktionstheorie verwirft. Darin geht er entschieden zu weit. (M. Groll z. B. hat am Öschinensee im Berner Oberland Farbänderungen mit Änderungen in der Trübung erwiesen, während eine Veränderung der färbenden Lösungen nicht gezeigt werden konnte.) Recht knapp sind bei Aufseß die Darlegungen über die Thermik und Vereisung der Seen (trotz des Erscheinens der nicht zitierten Arbeit von J. Müllner über letzteren Gegenstand), wobei er noch dazu vor allem den gemäßigten Seetypus im Auge hat. Die Frage der Temperaturerhöhung nach dem Grunde der Seen wird nicht gelöst. R. Brauers „Grundzüge der praktischen Hydrographie“¹¹⁾ sind von einem Praktiker geschrieben, und daher sowohl dem Geographen wie dem Techniker von großem Nutzen. Das Buch ist methodologisch klar durchgearbeitet und enthält zahlreiche wichtige Anleitungen und Anweisungen. Ein Programm für Seenforschung enthält neben Forels „Seenkunde“ A. Jentzsch¹²⁾ in dem „Entwurf einer Anleitung zur Seeuntersuchung“. Obgleich in erster Linie auf preußische Seen bezugnehmend, ist es von allgemeinem Wert, da insbesondere auch auf die wenig studierten Erscheinungen der Verlandung und Sedimentierung hingewiesen wird. Wichtige „Instruktionen zur Erforschung der Seen“ gab 1908 die kaiserlich-russische geographische Gesellschaft in Petersburg heraus, allerdings nur russisch; so berichtet darin:

(Seite 1—35) V. A. Obručev über die geologische Erforschung der Seen;

(Seite 37—142) J. Schokalsky über die physikalisch-geographischen Erscheinungen der Seen;

(Seite 143—158) K. Hülsen über die Erforschung des Grundes der Seen;

(Seite 159—197) A. Lebedincev über chemische Untersuchungen des Grundes, über Plankton, über Chemie des Wassers und Methodik;

(Seite 208—212) K. Hülsen Ergänzungen zur Erforschung des Grundes der Seen;

(Seite 213—226) A. F. Flerov über das Verwachsen der Seen und die Sumpfbildung.

G. P. Magrinis italienische Seenkunde¹³⁾ fußt natürlich stark auf Forels „Seenkunde“, das rein Geographische betonend und das Bio-

¹¹⁾ Bibl. der ges. Technik, LIII, 1907. — ¹²⁾ Beiträge zur Seenkunde, Jahrbuch kgl. preuß. geol. L. A., H. 48, 1906. — ¹³⁾ Limnologia, 1907.

logische vernachlässigend, enthält aber auch schon neuere Theorien, z. B. bezüglich der Seiches die Chrystalsche Theorie. Die Morphologie und Entstehung der Seen ist jedoch sehr knapp behandelt. Das Werk nimmt zwar speziell auf italienische Seen Bezug, muß hier aber wegen seiner guten Anleitung zur Seenforschung erwähnt werden. Von Arbeiten, die solche Anleitungen besonders im Auge haben, ist vorzüglich J. Müllners¹⁴⁾ Programmaufsatz vom Jahre 1903 zu nennen. Analog den Programmpunkten E. Richters werden in dieser Schrift in klarer Weise wichtige Punkte und verschiedene Erfahrungen zusammengestellt, wobei der Verfasser den einzelnen Forscher besonders berücksichtigt, der durch intensive, liebevolle Betätigung, besonders bei längerem Aufenthalt an einem See noch sehr viel für unsere Wissenschaft leisten kann. Wichtig sind die vom Verfasser mitgeteilten Erfahrungen über die Technik der Lotungsarbeiten vom Boot aus, über die Positionsbestimmung des Lotungspunktes usw. Auch zahlreiche noch offene Fragen der horizontalen und vertikalen Temperaturverteilung in den Seen und der Vereisung, wie über das Wasser selbst werden berührt.

Von hervorragender Bedeutung für die Erkenntnis verschiedener Probleme der Seenforschung sind die von John Murray und einem ganzen Stab jüngerer Gelehrter in den Jahren 1897—1909 durchgeführten schottischen Seenstudien^{14a)}, über deren Ergebnisse A. Merz^{14b)} berichtete.

Über Aufgaben geographischer Forschung an Seen schrieb W. Ule¹⁵⁾ und G. Braun.¹⁶⁾ Im Gegensatz zu F. A. Forel, der nach verschiedenen Disziplinen bei seinem „Seeprogramm“ unterscheidet, teilt Ule mehr nach geographischen Gesichtspunkten ein.

Verschiedene Probleme der Seenkunde ventilieren E. A. Birge¹⁷⁾, C. Bruyant¹⁸⁾ und E. M. Wedderburn¹⁹⁾, der wichtige Beobachtungen von den Seen (z. B. Temperaturseiches und Seiches) auf das Meer übertragen wissen will, wo freilich die Erkenntnis durch zahlreiche andere komplikatorische Vorgänge sehr erschwert wird, ferner besonders A. Woëikof²⁰⁾, der über die Übergänge zwischen See und Fluß, über die geographische Dichte der Seen, periodische und aperiodische Schwankungen des Wasserstandes, über den Einfluß des kontinentalen und ozeanischen Klimas auf die Thermik der Seen und endlich über die Temperatur der Luft über den Seen berichtet.

¹⁴⁾ Einige Erfahrungen und Wünsche auf dem Gebiete der Seenforschung. Jahresbericht des k. k. Maxim. Gymn. Wien, 1902/03, 1903. — ^{14a)} Bathymetrical Survey of the Scottish Fresh Water Lochs, Report on the scientific results. 6 Vol. Edinburgh 1910. — ^{14b)} Z. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin, 1912, Nr. 8. — ¹⁵⁾ Abh. d. k. k. geogr. Ges. Wien, IV, 1902, Nr. 5—6, S. 1—14. — ¹⁶⁾ Z. f. Gewässerkunde, 1903, 5. Bd., 257—262. — ¹⁷⁾ Science, New-York 1900, 11. Bd., S. 253—255. — ¹⁸⁾ Rev. des Idées, Paris 1907, 4. t., S. 1074—1095. — ¹⁹⁾ Int. Revue d. ges. Hydrobiologie und Hydrographie, Bd. IV, 1911. — ²⁰⁾ Arch. Sc. phys. nat. t. XXI, 1906, 392—411.

Klassifikationen sind vornehmlich von F. A. Forel verschiedenartig versucht worden. Forels bekannte Einteilung nach der Thermik, in polare, gemäßigte und tropische Seen, erweiterte W. Ule²¹⁾, indem er den gemäßigten Typus noch weiter nach Höhenlage, verschiedener Tiefe und Durchsichtigkeit des Wassers unterteilte. Eine genetische Klassifikation der Seen gab E. Rota²²⁾ heraus. W. Halbfuß danken wir eine Reihe von allgemeinen Aufsätzen über die Bedeutung der Seenkunde und das Verhältnis derselben zur allgemeinen Hydrographie²³⁾, wobei er viele offene Fragen intensiver Forschung betont. Dieser bekannte Seenforscher faßt die Seenkunde als selbständigen Zweig, nicht als Hilfswissenschaft der Erdkunde auf, da das Material für vergleichende geographische Betrachtungen noch nicht hinreichend sei. Dagegen polemisierte W. Ule²⁴⁾, worauf W. Halbfuß²⁵⁾ erwiderte.

Über die allgemeine Bedeutung der Seenkunde hören wir von W. Halbfuß²⁶⁾, ebenso besonders über den praktischen Wert der Seenforschung.²⁷⁾ Am Nürnberger Geographentag diskutierte derselbe Autor die Frage, inwieweit die Seenkunde die Lösung klimatologischer Probleme fördern kann.²⁸⁾

Außerdem vernehmen wir etwas über die Anthropogeographie der Seen im allgemeinsten Sinne (Seenkunde und Völkerrecht)²⁹⁾, und eine kulturgeographische Erörterung über die Beziehung des Menschen zu den Binnenseen.³⁰⁾ In richtiger Einschätzung der wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Bedeutung der Seenforschung propagierte Halbfuß die Errichtung von limnologischen Landesanstalten³¹⁾ und regte auch systematische, internationale Seenforschung an.³²⁾

Zur Methodologie nennen wir hier außer den obigen Handbüchern und Arbeiten, insbesondere Forels (E. Richters Seenstudien erwähnen wir später), W. Ules „Beiträge zur Instrumentenkunde“³³⁾, worin insbesondere sein Lotapparat beschrieben wird, Anleitungen und praktische Erfahrungen über Seil, Lotgewicht u. dgl. gebracht werden und die Forelsche Farbenskala, die auch für die Bestimmung der Meerfarbe zweckmäßig ist, erweitert wird. G. Burckhardt³⁴⁾ beschreibt Vorrichtungen, wie man vom Ufer aus Lot, Tiefenthermometer, Vertikal-Planktonnetz und Dredge benutzen kann, A. Thienemann eine einfache Form der Meyerschen

²¹⁾ Wissenschaftliche Veröffentlichungen d. Ver. f. Erdkunde, Leipzig 1901. —

²²⁾ Pavia 1906. — ²³⁾ Z. f. Gewässerkunde, VI, 1904, S. 278—292. — ²⁴⁾ Ebenda, VI, 1904, S. 384 und VII, 1905, S. 40 f. — ²⁵⁾ Ebenda, VII, 1906, S. 40—41. — ²⁶⁾ Ebenda, 1899, S. 55—61. — ²⁷⁾ Die Natur, Halle a/S. 1899, S. 487—489. ²⁸⁾ Verh. d. 16. Deutschen Geographentages. Nürnberg 1907, S. 319—333. — ²⁹⁾ Globus, 1906, 89. Bd., S. 284—285. — ³⁰⁾ G. Z., 1902, 8. Bd., S. 266—285. — ³¹⁾ Verh. d. 13. Deutschen Geographentages, Breslau 1901, S. 248—261. — ³²⁾ Verh. d. 7. intern. Geogr. Kongr., Berlin 1899, II. Teil, S. 246—251. — ³³⁾ P. M., 1894, 40. Bd., S. 213—214. — ³⁴⁾ Intern. Revue d. ges. Hydrobiologie und Hydrographie, Bd. II, 1909, S. 234.

Schöpfflasche³⁵⁾, Klut³⁶⁾ bringt eine Zusammenstellung der chemisch-hydrographischen und bakteriologischen Methoden. Hier sei auf seine Anleitung zur Entnahme der Wasserproben, Bestimmung der Temperatur, Durchsichtigkeit und Farbe und auf das Literaturverzeichnis verwiesen.

In diesem Abschnitt müssen noch zum Schluß die historisch-limnologischen Arbeiten von K. Dirscherl³⁷⁾ angeführt werden, die sich mit den Anfängen der wissenschaftlichen Seenkunde von den ältesten Zeiten bis zum Beginn des XIX. Jahrhunderts beschäftigen. Es mag hier interessieren, daß über den Boden- und Zirknitzersee zahlreiche historische Daten zusammengetragen sind, wobei es sich herausstellte, daß schon vor dem Jahre 1800 verschiedene limnologische Elemente, wie Tiefe, Temperatur der Oberfläche und der Tiefe, Seiches und Wasserstandschwankungen verschiedentlich erforscht worden sind.

3. Kartographie, Morphologie, Morphometrie.

Über die Entstehung der Alpenseen erörtert vor allem A. Penck³⁸⁾ seine durchaus beifällig aufgenommene Theorie, wonach die meisten Seen mit dem Eiszeitphänomen verknüpft sind und teils glazialer Ausräumung, teils eiszeitlicher Akkumulation, teils beiden Vorgängen in Kombination ihre Entstehung verdanken.

Die Seenbildung hat nichts mit dem von A. Heim angenommenen Rücksinken der Alpen zu tun; die tektonischen Aufsattelungen im westalpinen Vorlande haben keine Seebildung zur Folge gehabt, ja es liegen sogar manche Seen dort, wo sie aus tektonischen Gründen nicht sein sollten. In dem monumentalen Werk von Penck und Brückner³⁹⁾ „Die Alpen im Eiszeitalter“, ist diese Theorie an der Hand eines gewaltigen überzeugenden Beobachtungsmaterials näher ausgeführt. Der Bodensee ist nicht tektonisch angelegt, sondern erfüllt ein glaziales Zungenbecken. Der Achensee ist zum Teil ein Abdämmungssee infolge Schotter- und Moränenaufschüttungen. Beim Gardasee kommt zur Beckenbildung durch Glazialerosion noch die mächtige Aufdämmung durch Moränen und Schotter; Rücksinken oder Entstehung durch Längsverwerfung ist nicht nachzuweisen. Der Millstättersee liegt im Diffluenzgebiet des Draugletschers und ist aufgestaut durch den Schuttkegel des Liesertales. Ossiachersee und Wörthersee sind Ausräumungsbecken, die Moränenwälle durchziehen. Hingegen ist in dem Weißensee ein Transfluenzbecken zu erblicken. Die Salzkammergutseen sind teils Felsbecken, teils Fels- und Abdämmungsbecken. E. de Martonne⁴⁰⁾ hat sich durchaus zustimmend zu

³⁵⁾ Arch. f. Hydrobiologie und Planktonkunde, herausgegeben von Zacharias, Bd. V, Heft 11, 1909, S. 11 14. — ³⁶⁾ Pharmazeutischer Kalender 1908, Berlin, Springer.

— ³⁷⁾ Münchener Geogr. Studien, 25. Bd., 1911. — ³⁸⁾ Verh. d. XIII. Deutschen Geographentages 1901, S. 205—212 und G. Z., 1905, S. 381—388. — ³⁹⁾ Leipzig 1903 bis 1909. — ⁴⁰⁾ Anu. de Géogr., 1901, S. 289—294 und 1910, S. 289—317.

der Penckschen Theorie geäußert. Insbesondere beschäftigt er sich mit dem Phänomen der Zirkustäler und der Kare mit ihren Seen, die durch Glazialerosion erklärt werden, während E. Richter⁴¹⁾ noch in seinen großzügigen morphologischen Untersuchungen in den Hochalpen die Kare nicht durch rein glaziale Erosion entstanden erklärt und der Wandverwitterung für die Verbreiterung der Kare eine große Bedeutung zugeschrieben hat. Dagegen behauptet Taylor⁴²⁾, die tektonische Entstehung z. B. der großen oberitalienischen Seen im Gegensatz zu Penck durch Konstatierung der Dislokation der alten Uferlinien stützen zu können, die am Südende der Seen niedriger liegen als am Nordende. (Am Gardasee beträgt z. B. der Unterschied in der Höhe etwa 8—10 m.) Es ist natürlich verfehlt, aus dieser Aufbiegung des Alpenkörpers auf den tektonischen Ursprung des Seebeckens schließen zu wollen. Referierend ist die Arbeit von J. Kranter⁴³⁾ über die Entstehung der Alpenseen. E. Gogarten⁴⁴⁾ hat jüngst die bekannte Theorie von A. Heim, welche die Entstehung der Alpenrandseen durch Rücksinken der Alpen erklärt, gegenüber den neueren Forschungen von Penck und Brückner zu halten versucht. Zahlreiche Gegenbeweise erbrachte aber H. Lautensach.⁴⁵⁾

Wenig studiert sind noch jene Fragen der Morphologie der Seen, welche sich mit der Umgestaltung des Seebeckens durch den See selbst beschäftigen, speziell die Fragen der Sedimentierung. A. Jentzschs Arbeit⁴⁶⁾ nimmt zwar vorwiegend auf norddeutsche Seen Bezug, muß hier aber wegen der allgemeinen Erörterungen erwähnt werden. Sehr anregend schreibt Arnold Heim⁴⁷⁾ über rezente und fossile subaquatische Rutschungen und deren lithologische Bedeutung, wonach Rutschungen der Uferbänke und der Seehalde in den Seen häufig sind und für die Bodenbedeckung der Seen von ausschlaggebender Bedeutung werden können.

Ganz allgemein gehalten sind die Darlegungen von K. Hülsen⁴⁸⁾ „über die Methoden der Erforschung des Grundes der Binnenseen“. Über die Vorgänge bei der Verlandung der Seen, auch im allgemeinen, informiert das grundlegende Werk von Früh und Schröter⁴⁹⁾, wenn es auch nur die Moore der Schweiz berücksichtigt; ebenso muß hier J. Frühs Schrift: „Über die Moorausbrüche“⁵⁰⁾ notiert werden, die sich mit Schlipfen von allzudurchtränkten Moorpartien beschäftigt, einer auch in den österreichischen Alpen nicht seltenen Erscheinung, wie ein solch' riesenhafter Ausbruch das Knocknegeehan Moor in Südwest-Irland betraf.

⁴¹⁾ P. M., Ergh. 132, 1900. — ⁴²⁾ Bull. Geol. Soc. of America, vol. XV, Rochester 1904. — ⁴³⁾ Progr. Realsch. Waidhofen a./Y., 1907. — ⁴⁴⁾ P. M., Ergh. Nr. 165, 1910.

— ⁴⁵⁾ P. M., 1911, 57. Bd., S. 9. — ⁴⁶⁾ Monatsber. d. D. Geolog. Ges., Nr. 11, 1905. —

⁴⁷⁾ Neues Jahrbuch f. Min., Geol. u. Pal., 1908, II. Bd., S. 136—167. — ⁴⁸⁾ Vgl. oben und C. R. du C. des Natur. et Médec. du Nord à Helsingfors, 1902—1903, V. Sect., S. 7—10.

— ⁴⁹⁾ Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, geotechn. Serie (III), Bd. 3, 1904. —

⁵⁰⁾ Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft, Zürich 1897, XLII, S. 202—237.

Insbesondere muß hier auch der systematischen Moorerhebungen des deutsch-österreichischen Moorvereines (Sitz Staab in Böhmen) unter der zielbewußten Leitung von Hans Schreiber gedacht werden. Es liegt nun geradezu ein Handbuch der alpinen Moore vor^{50a)}.

Zur Morphometrie der Seen besitzen wir nach K. Peuckers⁵¹⁾ präziser Zusammenstellung der Höhen-, Größen- und Tiefenverhältnisse der europäischen Seen von über 1 km Größe, eine Arbeit von W. Halbfuß⁵²⁾ über die morphometrischen Verhältnisse von 890 europäischen Seen, mit Daten auch über 160 österreichische Seen: Meereshöhe, Areal, größte Tiefe, mittlere Tiefe, Volumen, mittlere Böschung, Umfang, mittlerer Umfang, Uferentwicklung. Vorläufigeren Charakter hat W. Halbfuß⁵³⁾ Aufsatz: „Über die europäischen Seen von über 1 km² Flächeninhalt“.

4. Wasserhaushalt und Chemismus.

Theoretische Erörterungen über den Wasserhaushalt finden wir vor allem in F. A. Forels Handbuch der Seenkunde. Eine systematische Verarbeitung der Wasserstandsschwankungen der Seen für den Zeitraum bis 1897 fehlt meines Wissens. W. Halbfuß⁵⁴⁾ prüft die Wasserstandsschwankungen der Seen zugleich mit den Schwankungen der Niederschlagsmenge in bezug auf den Nachweis der fünfunddreißigjährigen Klimaschwankungen. J. Maurer und J. Früh⁵⁵⁾ diskutieren den Einfluß der großen Hitze- und Dürreperioden des Jahres 1911 auf die Verdunstung der Seen.

A. J. Henry⁵⁶⁾ behandelt die Veränderungen des Wasserstandes mit den Veränderungen des atmosphärischen Niederschlages. Zur Beobachtung der Wasserstandsschwankungen besitzen wir jetzt eine Broschüre vom k. k. hydrographischen Zentralbureau⁵⁷⁾, das einen Pegeldienst organisierte und auch eine Anleitung zur Aufstellung und Bedienung des selbstregistrierenden Wasserstandszeigers herausgab. Bedeutende Verbesserungen wurden an den Linnimetern vorgenommen: schon von Ebert⁵⁸⁾, der das am Genfersee benützte Sarasinsche Linnimeter vervollkommnete und insbesondere von Ph. Schnitzlein⁵⁹⁾, worauf W. Halbfuß⁶⁰⁾ besonders aufmerksam machte; auch Endrös brachte Verbesserungen an.⁶¹⁾

Unbedeutend ist die Produktion auf dem Gebiete des Chemismus der Seen. Klut⁶²⁾ gibt die Methoden an, um das Wasser chemisch,

^{50a)} Bd. I u. II der Moorerhebungen des deutsch-österr. Moorver. Staab, 1913. — ⁵¹⁾ G. Z., 1896, S. 606—616. — ⁵²⁾ Z. d. Ges. f. Erdk., Berlin 1903, S. 592—623, 706—729, 784—813; 1904, S. 204 bis 223. — ⁵³⁾ Globus, Bd. 71, 1897, Nr. 2. — ⁵⁴⁾ Progr. Gymn. Neuhaldensleben, 1908. — ⁵⁵⁾ P. M., 1912 (58) I. Bd., S. 124. — ⁵⁶⁾ Nat. Geogr. Mag. Washington, 1899, 403—406. — ⁵⁷⁾ Instruktionen des k. k. Hydrographischen Zentralbureaus Wien. — ⁵⁸⁾ Z. f. Instrum. Kunde, 1901, Bd. 21, H. 7, S. 193. — ⁵⁹⁾ P. M., 1904, H. V. — ⁶⁰⁾ P. M., 1907, S. 241. — ⁶¹⁾ Z. f. Instrum. Kunde, 1904, H. 24, S. 180. — ⁶²⁾ Pharmazeutischer Kalender, 1908, J. Springer, Berlin.

bakteriologisch und biologisch zu untersuchen. L. Duparc und E. Bourcart untersuchten mehr im allgemeinen die Chemie des Wassers und des Schlammes⁶³), ebenso W. A. Caspary⁶⁴), und F. A. Forel brachte erst jüngst eine wichtige Zusammenfassung.⁶⁵) Von allgemeiner Bedeutung ist E. A. Birges Aufsatz über die „Respiration“ eines Binnensees⁶⁶), der sich mit der Bilanz von Gaseinfuhr und Gasausfuhr beschäftigt. Im Herbst erhalten die tieferen Schichten viel Sauerstoff infolge Konvektion, dagegen ist die Sauerstoffaufnahme im Winter infolge der Eisdecke erschwert; im Frühjahr beginnt wieder eine rasche Sauerstoffabsorption, die aber mit steigender Temperatur an der Oberfläche abnimmt. Vor allem vermittelt der Wellengang eine Sauerstoffanreicherung, doch ist dem bekanntlich im Sommer eine Tiefengrenze gesetzt.

5. Thermik.

Eine Reihe wichtiger Erkenntnisse in der Thermik der Seen hat der Zeitraum 1897—1912 gebracht. Die zahlreichen dafür maßgebenden Faktoren, wie Insolation, Ausstrahlung, Leitung, Strömung, Erdwärme, Zuflüsse, wurden kritisch von zahlreichen Autoren abgewogen. Wir stellen voran eine Reihe von Arbeiten, die sich mit der **Wärmebilanz der Seen** beschäftigen. F. A. Forel⁶⁷) hatte die Theorie aufgestellt, daß die Seen im Laufe des Jahres einen um so größeren Wärmeumsatz haben, je mehr deren geographische Breite wächst, obwohl die Wirkung der Sonnenstrahlung mit der geographischen Breite abnehmen muß. Dagegen erhob mit Woeikof W. Halbfaß⁶⁸) Einwände, indem er gerade das Umgekehrte zeigte, daß die Forelsche Theorie auf falschen Voraussetzungen fuße und Forel nicht auf die verschiedenen morphometrischen Verhältnisse der Seen Bezug nehme, indem er den verschiedenen Anteil vernachlässigt, mit welchem die einzelnen Tiefenschichten an dem gesamten Wärmeinhalt partizipieren. Auf Halbfaß' Anregung wurden zur Feststellung der Wärmebilanz der Seen in verschiedenen Zonen der Erde in verschieden tiefen Seen simultane Temperaturmessungen durchgeführt (1900, 1906, 1907) (von österreichischen Seen am Garda-, Wörther-, Hallstätter-, Boden-, Atter-, Gmundnersee), deren Resultate 1910 W. Halbfaß⁶⁹) in einer Tabelle mit den Maximis und Minimis des Wärmeinhaltes in Milliarden Wärmeinheiten zusammenstellte und verarbeitete. Er erblickt in der verschiedenen morphometrischen Beschaffenheit der

⁶³) Arch. Sc. phys. nat. Genève, 1903, 15. Bd., S. 467—468. — ⁶⁴) In Murrays Bathymetr. Survey, S. 145. — ⁶⁵) Int. Revue d. ges. Hydrobiol. und Hydrographie, 1908, I, S. 552—553. — ⁶⁶) T. Am. Fish. Soc. Erie, July 23—25, 1907 und Popular Science Monthly 1908 April. (Auszug: Scott. geogr. magaz., 1908, vol. XXIV, Nr. 9, 498—499). — ⁶⁷) Arch. Sc. phys. nat. 4. sér. 1901, C. Rendus de l'Acad. Science française 1901. — ⁶⁸) P. M., 1905, S. 219 ff., und Met. Zeitschrift 1906, S. 506—510. — ⁶⁹) P. M., 1910, 56. Bd., II. Hälfte, S. 59 ff.

Seewannen die Hauptursache der Verschiedenheiten der Wärmebilanz. Wichtig ist der Hinweis, daß die Tiefentemperaturen tiefer Seen nicht alle Jahre gleich sind, sondern erheblich von Jahr zu Jahr differieren, was in der Beziehung zur Klimatologie vom selben Verfasser⁷¹⁾ näher behandelt wurde. Auch J. Hann⁷¹⁾ beschäftigt sich mit der Wärmebilanz, desgleichen A. Hamberg (vgl. unten) und J. Schubert⁷²⁾, der die Wärmebilanz zwischen See und Meer vergleicht. Derselbe Verfasser analysiert die klimatologischen Einflüsse eines Landsees⁷³⁾, die in einer Ermäßigung und Verzögerung im Gange der Oberflächen- und Lufttemperatur bestehen. Wertvoll ist der Vergleich des Temperaturganges eines Sees mit dem einer Landstation und mit der Temperatur im Walde. Ein See vermag klimatisch in die Ferne zu wirken, ganz im Gegensatz zum Walde. Den Einfluß von Seen auf das Klima ihrer Umgebung behandeln unter anderen auch J. Saringer⁷⁴⁾ am Plattensee und J. Maurer am Boden- und Genfersee.⁷⁵⁾

Mehrere Autoren beschäftigten sich mit den **Vorgängen der Erwärmung und Temperaturverteilung**. Eine sehr dankenswerte Untersuchung führte W. Schmidt⁷⁶⁾ über die Absorption der Sonnenstrahlung im Wasser durch. (Über die Bedeutung der Strahlung vergleiche auch F. M. Exner Nr. 92), der auch das Verhältnis des reflektierten Lichtes zum einfallenden und die Verschiedenheiten desselben bei verschiedener geographischer Breite ermittelte⁷⁷⁾. Hier wären übrigens die genauen aktinometrischen Messungen von H. Dufour⁷⁸⁾ am Genfersee zu erwähnen, wonach die Reflexion des Lichtes und damit die reflektierte Wärme mit abnehmender Sonnenhöhe rasch zunimmt. Sowohl die Sonnenstrahlung wie die diffuse Strahlung des Himmels werden nach Schmidt in den obersten Schichten sehr stark absorbiert, besonders die ultraroten Strahlen; der Temperatureinfluß innerhalb eines Tages läßt sich noch bis 20 *m* Tiefe erweisen, eine Temperaturschwankung von 0·01° C infolge Strahlung noch in 50 *m* Tiefe, der Lichteinfluß bekanntlich bis über 100 *m* hinab. Die Leitung spielt für die Erwärmung des Wassers kaum eine Rolle; ein Viertel der einfallenden Sonnenstrahlen findet Verwendung zur Verdunstung. Zum Nachweis der bedeutenden Strahlungswärme sei hier nur kurz auf die Untersuchungen in den warmen Kochsalzseen hingewiesen: besonders von S. Kale-

⁷⁰⁾ Naturwissenschaftliche Wochenschrift, 1909, Nr. 25. — ⁷¹⁾ Met. Zeitschrift, 1906, 23. Bd., S. 512—513. — ⁷²⁾ Met. Zeitschrift, 1906, 23. Bd., S. 509. — ⁷³⁾ G. Z., XIII, S. 688—694, Auszug Met. Zeitschrift 1908, 25. Bd., S. 128—129. — ⁷⁴⁾ Resultate der wiss. Erforsch. d. Balatonsees, Bd. I, Wien, 1901. — ⁷⁵⁾ Klima d. Schweiz, Bd. I, 1909. — ⁷⁶⁾ Sitz.-Ber. d. Akademie d. Wiss. math. nat. Klasse, Bd. 117, H. 2, S. 237 bis 253, 1908. — ⁷⁷⁾ Sitz.-Ber. d. Akademie d. Wiss. math. nat. Klasse, Bd. 117, II a, 1908. — ⁷⁸⁾ Arch. Sciences phys. nat., 1909, t. 27.

czinsky⁷⁹⁾, F. Schafarzik⁸⁰⁾, M. Rózsa⁸¹⁾, und auch von Häpke⁸²⁾ und O. Kučera⁸³⁾ (kroatisch). — Die erwärmten Wassermassen sichten sich bekanntlich nach ihrer Dichte und Temperatur. Die Mechanik dieses Vorganges, insbesondere die verschiedenen Geschwindigkeiten bei der Bildung dieser Temperaturschichtungen, respektive beim Eintreten der Konvektionsströmungen lehrte insbesondere M. Groll⁸⁴⁾ in seiner Arbeit über den Öschinensee kennen, indem er fand, daß das Wasser mit zunehmender Temperatur von 4° C an nicht nur absolut, sondern auch relativ im vergrößerten Maße an Dichte verliert. Der Auftrieb des Wassers bei Erwärmung nimmt von 4° an immer mehr zu.

Freilich hat es sich herausgestellt, daß schon im Jahre 1896 A. Hamburg⁸⁵⁾ den Einfluß der verschiedenen Dichte- und Temperaturdifferenzen des Wassers auf die Thermik betont hat. Letzterer führte 1911 den Begriff des „thermalen Widerstandes“ (der Mischung infolge großer Temperatur- und daher Dichteunterschiede) im Gegensatz zum „ponderalen Widerstand“ (infolge zu großer Dichteunterschiede des Wassers, z. B. Süß- und Brackwasser) ein. Da das Wasser in seinen höheren Breiten wegen geringer Dichteunterschiede durch Windströmungen stark bis zum Grunde durchgemischt werden kann, während in Seen von geringer geographischer Breite wegen der großen Dichteunterschiede im Sommer dies nicht in dem Ausmaße eintreten kann, erklärt sich die Erscheinung des größeren Wärmeumsatzes der Seen von hoher geographischer Breite im Gegensatz zu den Seen von geringer geographischer Breite, so daß damit eine befriedigende Erklärung der Forelschen Konstatierung (siehe oben) gegeben sein dürfte. In dieser wichtigen Schrift hat gleichfalls A. Hamburg gezeigt, daß das Wasser durch Druck verdichtet wird, so daß z. B. ein Wasser von 6.5° C bei 10 m Tiefe dieselbe Dichte hat, wie Wasser von 4° C an der Oberfläche und daß die Temperatur des Dichtigkeitsmaximums infolge Druck erniedrigt wird. Der Betrag des Auftriebes nur nach der Temperatur (Groll und Birge) ist daher etwas abzuschwächen. Vorhandene Anomalien in der Temperaturschichtung sind auch auf geringe Differenzen in der chemischen Zusammensetzung zurückzuführen und es muß nicht zu anderen Faktoren, wie Erdwärme, Zuführung warmer Wasserschichten gegriffen werden. Auf die Bedeutung der Viskosität (innere Reibung des Wassers) machte jüngst mit Ostwald Wesenburg-Lund⁸⁶⁾ aufmerksam. Sie ist bei

⁷⁹⁾ Math. und nat. Berichte aus Ungarn, Leipzig 1904, 19. Bd., S. 51—54. —

⁸⁰⁾ Földtani Közlöny, 38. Bd., 1908. — ⁸¹⁾ Neuere Daten zur Kenntnis der warmen Salzseen. Berlin 1911. — ⁸²⁾ P. M., 1902, 48, S. 189—190. — ⁸³⁾ Glasnik d. kroat. nat. Ges. Agram, 1903, S. 125—131. — ⁸⁴⁾ Mitteilungen der Berner Geogr. Ges., 1904. —

⁸⁵⁾ Handl. kgl. Svenska Vet. Ak. XXI, Stockholm, 1896, Nr. 4 und neuerdings P. M., 1911, 57. Bd., 2, S. 306 f. — ⁸⁶⁾ Int. Revue d. ges. Hydrobiologie und Hydrographie, Bd. II, 1909, S. 231—233.

25° C nur halb so groß, als bei 0° C, was sich in der „Härte“ der Wellen äußere und für die Schwebefähigkeit und die Formen des Planktons von Wichtigkeit sei. E. A. Birge⁸⁷⁾ lehrte jüngst vor allem die Veränderungen der thermischen Schichtung durch Wind und die verschiedene Tiefenwirksamkeit der Windströmungen je nach Dichte und Temperaturverteilung in den Seen kennen. Es wird der Mischung verschieden temperierter Wasserschichten durch die Windströmungen ein um so größerer Widerstand entgegengesetzt, je wärmer die Schichten und je größer der Temperaturunterschied der Schichten ist. Daher können die warmen Schichten oberhalb der Sprungschicht außerordentlich schwer mit den viel kälteren Wasserschichten unterhalb der Sprungschicht vermischt werden; dagegen vermischt sich das tiefe Wasser ganz leicht im Frühjahr und im Herbst wegen der geringen Temperaturunterschiede infolge Windströmungen mit dem Wasser von den Oberflächenpartien. Der Mischungswiderstand im Sommer ist hundertmal größer als im Frühjahr(!), was eine ziemliche Konstanz der Sprungschicht im Sommer zur Folge hat, ein Umstand, der E. Richter in seinen Seestudien bestimmte, eine bedeutende thermische Beeinflussung der tiefen Schichten durch Windströmungen zu leugnen. Auch die Viskosität erschwert die Mischung der Wasserschichten infolge Wind, und zwar ist der Mischungswiderstand um so größer, je niedriger die Temperatur ist; doch tritt der Mischungswiderstand infolge Viskosität im Vergleich zu dem durch Temperatur- und Dichteunterschiede in den Hintergrund. Experimente über Temperaturschichtung und über die Veränderung derselben durch Wind stellte E. M. Wedderburn⁸⁸⁾ an, indem er an Stelle verschieden temperierter Wasserschichten mit verschieden dichten Salzlösungen operierte. Auf seine bewundernswerten Darlegungen der Thermik im Loch Ness⁸⁹⁾ kann hier nur verwiesen werden; sie basieren auf langen Beobachtungsreihen und, was sehr wichtig ist, auf zahlreichen Simultanmessungen der Tiefentemperaturen. Bezüglich der thermischen Beeinflussung der Tiefenschichten durch Wind und der Entwicklung der Strömungen und Gegenströmungen bestehen zwischen E. M. Wedderburn und E. A. Birge weitgehende Übereinstimmungen.

Eine wichtige Zusammenfassung über die **Sprungschicht** hat A. Merz⁹⁰⁾ geliefert. Sieht man vom Einfluß der Strömungen ab und zieht man nur Ein- und Ausstrahlung und Konvektion in Betracht, so entsteht die Sprungschicht durch Verschärfung des Temperaturgefälles unterhalb der Grenze der nächtlichen Konvektion (im Gegensatz zu Richter in seinen „Seestudien“) durch die Wirkung der andauernden

⁸⁷⁾ Transact. of the Wisconsin Academy of Sciences, Arts & Letters, 1910, S. 989 bis 1004, vol. XVI, part. II. — ⁸⁸⁾ Proc. of the Roy. Soc. of Edinburgh, Bd. XXVIII, 1907. — ⁸⁹⁾ Trans. of the Roy. Soc. of Edinburgh, vol. 45, part. II, 1907. — ⁹⁰⁾ Mitteil. d. Ver. d. Geogr. Leipzig, I. Bd., 1911, S. 1—13.

Einstrahlung der Wärme. Die Sprungschicht wird (im Sinne von Birge und Wedderburn) durch Wind und Strömungen schräg gestellt und modifiziert; diese beiden Faktoren können sie tiefer rücken und sogar erst schaffen, wenn nur Temperaturunterschiede in der Vertikalen vorhanden sind. Einander entgegenlaufende Stromkreise infolge Wind bei vorhandener Sprungschicht hat besonders Wedderburn (a. a. O.) dargestellt. Das sehr tiefe Hinunterrücken der Sprungschicht im Herbst infolge Windströmungen wird meist verhindert durch Aufzehrung der Sprungschicht infolge der herbstlichen vertikalen Konvektionsströmungen. Nichts wesentlich Neues enthält die Arbeit von G. Risch⁹¹⁾ über die „Thermische Sprungschicht der Seen“.

Temperaturmessungen, namentlich bei Vorhandensein der Sprungschicht ergaben bemerkenswerte **tägliche Schwankungen**. Die ersten Beobachtungen darüber hat wohl im Sommer 1899 F. M. Exner⁹²⁾ am Wolfgangsee mittels fünf Bolometern angestellt; sie müssen wegen ihrer allgemeinen Bedeutung hier angeführt werden. Es zeigte sich, daß die tägliche Erwärmung nach der Tiefe rasch abnimmt, daß aber die täglichen Veränderungen bis zu beträchtlichen Tiefen deutlich meßbar sind. Temperaturen von Luft und Wasser wurden gleichzeitig beobachtet. 1907 hat derselbe Verfasser⁹³⁾ die täglichen Temperaturschwankungen neuerdings am Wolfgangsee mittels Kreidlscher elektrischer Thermometer bis 21 m Tiefe studiert; er fand verschiedene Temperaturschwankungen in verschiedenen Tiefen, und zwar die größte Temperaturamplitude in 7 m Tiefe (fast 4° C!), darüber und darunter dagegen geringere tägliche Temperaturschwankungen.

Nach Exner haben die Schwankungen eine tägliche Periode und sind vor allem auf den Wind zurückzuführen. 1904 hat E. R. Watson⁹⁴⁾ am Loch Ness ebensolche periodische Schwankungen beobachtet und sie als thermische Seiches bezeichnet. E. M. Wedderburn⁹⁵⁾ machte in Anlehnung an seine grundlegenden thermischen Untersuchungen (a. a. O.) Experimente, welche Watsons Temperaturseiches bestätigten und er war daher geneigt, für alle Seen solche Temperaturseiches anzunehmen, während W. Halbfab⁹⁶⁾ thermische Seiches nur bei langgestreckten Seen mit konstantem Wind und bei solchen Seen, bei welchen Windrichtung und Längserstreckung zusammenfallen, zugeben will; er konnte z. B. Juli 1909 am Mondsee einige Messungen anstellen, welche ergaben, daß bei sehr unbeständigem und unruhigem Wetter Temperaturseiches nicht zur Entwicklung gelangen, weil sie insbesondere durch Kon-

⁹¹⁾ Naturwissenschaftliche Wochenschrift, 1906, Nr. 45. — ⁹²⁾ Sitz.-Ber. Akad. d. Wiss., math. nat. Kl., II a, 1900, CIX, S. 905—922. — ⁹³⁾ Sitz.-Ber. Akad. d. Wiss., math. nat. Kl., II a, 1908, CXVII, S. 9—26. — ⁹⁴⁾ Geogr. Journal, London, Okt. 1904. — ⁹⁵⁾ A. a. O., Proc. of the Roy. Soc. Edinburgh, 1907. — ⁹⁶⁾ P. M., 1909, 55. Bd., S. 364.

vektionsströmungen verdrängt werden. Über die Anwesenheit der Temperaturseiches am Mondsee entspann sich eine Kontroverse zwischen Halbfafß und Exner⁹⁷⁾, indem letzterer meinte, daß Halbfafß wegen unzureichender Beobachtungen die Temperaturseiches nicht wahrnehmen konnte und daß das negative Resultat von Halbfafß nicht ein Fehlen der Seiches erweise, worauf Halbfafß⁹⁸⁾ unter Aufrechterhaltung seines Standpunktes erwiderte, daß zur Ausbildung von Temperaturseiches regelmäßige Winde wohl notwendig sind. Insbesondere hat E. A. Birge⁹⁹⁾ dargelegt, daß die Temperaturseiches durch Wellenbewegungen, Schwingungen im Bereiche der Sprungschicht an der Grenze verschieden dichter Medien verursacht werden, so daß sie also vornehmlich den Sommer auszeichnen, im Herbst dagegen fehlen. Er anerkannte die Temperaturschwankungen im Wolfgangsee als sichere Temperaturseiches, erhob aber Zweifel an wirklichen Seichesbewegungen der Sprungschicht im Loch Ness durch Seiches von großer Amplitude, sondern erklärte sie durch unregelmäßige, vom Wind erzeugte Tiefenströmungen. In dieser Arbeit werden einige gute Ausdrücke eingeführt: Epilimnion für die warme Schicht über der Sprungschicht, Hypolimnion für die kalte Schicht darunter; die Sprungschicht (Thermokline = discontinuity layer) liegt im oberen Teile des Hypolimnion. Wichtig für das Studium der Temperaturseiches sind W. Schmidts¹⁰⁰⁾ „Darlegungen der stehenden Schwingungen an der Grenzschicht zweier Flüssigkeiten“; wie bei den Seiches wird die Periode der Temperaturseiches jedenfalls von den morphometrischen Verhältnissen der Seewanne beeinflußt. Einschlagend ist die wichtige Arbeit von W. Halbfafß über die Temperaturseiches am Madüsee¹⁰¹⁾.

Auf verschiedene Weise wurde die wiederholt beobachtete und sicher vorhandene **Temperaturerhöhung am Grunde der Seen** erklärt. E. Richter¹⁰²⁾ hatte in seinen „Seestudien“ die Erdwärme herangezogen, wogegen sich Groll¹⁰³⁾ a. a. O. wandte. O. von Aufseß¹⁰⁴⁾ dagegen war mit Ule¹⁰⁵⁾ der Meinung, daß die Temperaturerhöhung meist am Grunde nicht stattfindet und daß es sich in den meisten konstatierten Fällen um Emporpressung des Quecksilberfadens im Thermometer infolge Wasserdruck handle. Er gab daher einige Winke zur Herstellung gegen Wasserdruck gesicherter Thermometer. Auch warme Quellen könnten lokale Temperaturerhöhungen bewirken. (Achensee und Königssee.) W. Halbfafß¹⁰⁶⁾ betont dem gegenüber die Zuverlässigkeit

⁹⁷⁾ P. M., 1910, Bd. 56, II., S. 139. — ⁹⁸⁾ Ebenda, 1910, S. 149. — ⁹⁹⁾ Transact. of the Wisconsin Academy of the Sciences, Arts & Lettres, 1910, vol. XVI, part. II, S. 989—1004 und 1005—1016. — ¹⁰⁰⁾ Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss., math. nat. Kl. 1908, 117, Bd. II a, S. 91—102. — ¹⁰¹⁾ Internat. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., Bd. III, 1910. — ¹⁰²⁾ Seestudien, Pencks Geogr. Abh. VI/1, S. 69. — ¹⁰³⁾ Vgl. ⁸⁴⁾. — ¹⁰⁴⁾ P. M., 1905, S. 258—259. — ¹⁰⁵⁾ Der Würmsee. Wiss. Veröffentl. d. Ver. f. Erdk., Leipzig, 1901, S. 150. — ¹⁰⁶⁾ P. M., 1906, S. 40/41.

der in Gebrauch stehenden gegen Druck genügend geschützten Umkippthermometer und erklärt die Temperaturerhöhung am Boden durch Quellen oder durch Fäulnisvorgänge im Bodenschlamm, worauf v. Aufseß¹⁰⁷⁾ replizierte. Andere Autoren wieder führten die Erhöhung am Grunde durch untertauchende, wärmere, infolge Sedimentführung schwerer gewordene Wasserschichten von Zuflüssen zurück, so insbesondere M. Groll (Öschinensee), oder durch wärmeres Quellwasser (Ule¹⁰⁸⁾ oder durch wärmeres salzhaltiges Wasser (Halbfaß¹⁰⁹⁾). Die Erhaltung warmen Wassers nahe am Grunde unter kälteren Wasserschichten kann aber auch mit Recht nach A. Hamberg (a. a. O.), der der Grollschen Auffassung entgegentritt, in geringen Dichtedifferenzen infolge verschiedener chemischen Zusammensetzung begründet sein.

Zum Schluß sei hier noch erwähnt, daß die Temperatur am Grunde von G. C. Whipple¹¹⁰⁾ verwendet wurde, um die thermische Einteilung der Seen von Forel, dem wir übrigens aus den letzten Jahren noch eine außerordentlich lehrreiche Zusammenstellung über die thermischen Veränderungen des Wassers danken¹¹¹⁾, zu erweitern: Jede der drei Typen Forels wird wieder in drei Gruppen unterschieden, je nach den Mischungsmöglichkeiten der verschiedenen Wasserschichten, also je nach der Beziehung der Oberflächentemperatur zur Grundtemperatur.

6. Dynamik.

Die **Strömungen** in den Seen sind als dynamische Erscheinungen bisher noch wenig studiert worden, geschweige denn wirklich gemessen worden. Die ersten exakten Strömungsmessungen führte wohl Wedderburn¹¹²⁾ im Loch Ness und Loch Garry in Schottland durch. Als größte Geschwindigkeiten registriert er 15 cm/sek. Über die Strömungen, wie sie durch Einfluß und Wind erzeugt werden, orientieren verschiedene der obigen Schriften, insbesondere die von Forel, Halbfaß, Wedderburn und Birge.

Von den Erscheinungen der Dynamik hat besonders in den letzten Jahren das Thema der **Seiches** interessiert.

Bekanntlich stellte F. A. Forel¹¹³⁾ 1897 die Theorie auf, daß zwischen den atmosphärischen Störungen und den Seiches deutliche Beziehungen bestehen, was allerdings auch bezweifelt wurde. Forel brachte z. B. den Nachweis, daß schon atmosphärische Störungen von ge-

¹⁰⁷⁾ P. M., 1906, S. 71. — ¹⁰⁸⁾ Forsch. zur Deutschen Landes- u. Volkskunde, Stuttgart 1899, 11, Nr. 2. — ¹⁰⁹⁾ Globus, Bd. 81/1, 1902. — ¹¹⁰⁾ Americ. Naturalist, XXXII, 1898, S. 25—33. — ¹¹¹⁾ C. Rendus hebdomadaires des séances de l'Acad. des Sciences, Paris 1901, 32. Bd., S. 1089—1091. — ¹¹²⁾ Proceed. of the Roy. Soc. Edinburgh, vol. 29, part. VII. 38, 1909; ebenda, vol. 30, part. IV, 15, 1910. — ¹¹³⁾ Arch. Sc. phys. nat. 1897, S. 39—44 und C. Rendus, XXIV, 1897, 1, S. 1074—1076. Vgl. auch Verh. d. 7. Int. Geogr. Kongresses, Berlin 1899/1901, II. Teil, S. 255—258 und Arch. Sc. phys. nat. 1904, 17. Bd., S. 545—547.

ringem Betrage (z. B. 8 *mm*, am 18. Juni 1897) genügten, um die höchsten Seiches am Genfersee überhaupt hervorzurufen. Forel verfaßte mit Ed. Sarasin außerdem eine zusammenfassende Darstellung¹¹⁴⁾; der letztere erörtert ferner die verschiedenen Theorien der Seiches kritisch.¹¹⁵⁾ Populäre Aufsätze über Seiches schrieben dann: W. H. Wheele¹¹⁶⁾, V. Volterra¹¹⁷⁾, F. Koerber¹¹⁸⁾. W. Halbfaß¹¹⁹⁾ danken wir zwei Zusammenfassungen. Eine kurze Zusammenstellung enthält die Zeitschrift „Himmel und Erde“ 1902 (Seite 378—381). E. Emden¹²⁰⁾ berechnet die Energiemenge (natürlich nur Annäherungswerte) bei Bildung einer Seiche (z. B. für den Starnbergersee im Mittel bis zu 546000 *kgm*); er kommt zu relativ sehr kleinen Werten. Natürlich variiert die Energiemenge vollkommen mit der Oberfläche des Sees und der Büschung des Seebeckens. Forel stellt vor allem eine Beziehung zwischen Seichesgröße und Länge und Tiefe fest; die von ihm zum Teil gebrauchte Meriansche Formel gilt nur für Seen von veränderlicher Tiefe; mit der Du Boysschen Formel konnte er bereits die uninodale Periodendauer, (z. B. des Bodensees) berechnen.

Ausführungen von fundamentaler Wichtigkeit über die Seiches stammen von H. T. S. Chrystal¹²¹⁾, der die Seichesbewegung auf das Prinzip einer an den beiden Enden befestigten schwingenden Saite zurückführt; er berechnet die Perioden der Grund- und Oberschwingung in verschiedenen Becken, die natürlichen Seen sehr ähneln, und es zeigte sich eine gute Übereinstimmung der tatsächlichen Beobachtungen mit den Berechnungen. Seine Formel trägt den Veränderungen der Tiefe und den Veränderungen des Querschnittes der Seen Rechnung. Durch Chrystals Deduktionen wird die bisher übliche Du Boyssche Formel, die wohl eine ungefähre Annäherung bietet, wesentlich rektifiziert; letztere Formel gibt für konkave Seen zu große, für konkav-konvexe Seen nahezu gleich große Werte der Dauer der uninodalen Seiche. P. White und W. Watson¹²²⁾ haben die Chrystalsche hydrodynamische Theorie der Seiches experimentell bestätigt. An den sieben größeren Seen des Salzkammergutes bestimmte, durch die Chrystalschen Forschungen angeregt, A. Endrös¹²³⁾ die Seiches (Altaussee, Mond-, Grundl-, Zeller-, Atter-, Wolfgang- und Hallstättersee) mit Hilfe seines leicht transportablen Limnimeters (vgl. oben). Die Berechnungen ergaben eine vollkommene Be-

¹¹⁴⁾ Rapp. prés. au Congrès Int. de physique réuni à Paris 1900, t. III, S. 394 bis 408. — ¹¹⁵⁾ C. R. des travaux Soc. helvétique des Sc. nat. Genève 1902, S. 4/5. — ¹¹⁶⁾ Nature 1898, S. 321/22. — ¹¹⁷⁾ Il nuovo Cimento, Pisa 1898, S. 270—272. — ¹¹⁸⁾ Nat. Wochenschrift, 1902, S. 127—130. — ¹¹⁹⁾ Nat. Wochenschrift, 1904, S. 881—888 und Zeitschr. d. Ges. f. Erdk., 1907. — ¹²⁰⁾ Jb. d. St. Gall. Naturwiss. Ges. f. 1905/06. — ¹²¹⁾ Transact. of the Roy. Soc. Edinburgh, XLI. Teil 3, 1905, S. 599—649 u. Proceed. of the Roy. Soc. Edinburgh, 1904/05, S. 328—337 und S. 637—647. — ¹²²⁾ Proceed. of the Roy. Soc. Edinburgh, 1907, 26. Bd., S. 142—156. — ¹²³⁾ P. M., 1906, S. 252—258.

stätigung der Chrystalschen Theorie sowohl bezüglich der Dauer der uni- wie binodalen Perioden; dagegen zeigte die Vergleichung der berechneten Werte nach der Du Boysschen Theorie wenig oder keine Übereinstimmung mit der Beobachtung. Eine sehr wichtige vergleichende Zusammenstellung der bis 1908 untersuchten Hauptschwingungsperioden rührt von demselben Verfasser¹²⁴⁾, zugleich mit einer Diskussion über die Verwertbarkeit der verschiedenen Beobachtungsformeln der Seiches her. Am Beispiel des Grundl sees wird die gute Übereinstimmung von Berechnung und Beobachtung der Schwingungsdauer nach Chrystals Formel gezeigt; sie versagt nur bei sehr komplizierten Seen mit starken Einschnürungen und starken Krümmungen der Talweglinie. Der Verfasser gibt eine dankenswerte Tabelle mit Berechnungen der Seichesperioden nach der Du Boysschen Formel und für den Fall, daß alle Seen symmetrisch parabolisch wären mit der Maximaltiefe in der Mitte; letztere Werte liefern vollkommene Übereinstimmungen mit den Beobachtungen, indem man zumindest daraus die untere Grenze der in einem See zu erwartenden Hauptschwingungsdauer rasch berechnen kann.

Nach A. Endrös¹²⁵⁾ haben selbst die kleinsten Wasserbecken, sogar die kleinsten Teiche, periodische Schwingungen, wie auch Experimente ergaben, wobei die Beziehungen zwischen Schwingungsdauer und Tiefe, Schwingungsdauer am Grunde und Oberschwingung, zwischen Schwingungsdauer und Beckenform festgestellt werden können. In einer anderen Schrift beschäftigt er sich mit den Vibrationen der Seen¹²⁶⁾, den Schwingungen von sehr kurzer Dauer, die schon Forel und Chrystal im Gegensatz zu den periodischen Schwingungen von langer Dauer unterschieden hatten; er fand sie an vielen kleinen Seen und auch an Teichen und Flußerweiterungen; sie werden durch Wind oder auch künstlich erzeugt, sind aber natürlich von den Oberflächenwellen unabhängig und durch große Länge, aber geringe Höhe ausgezeichnet.

7. Optik.

Ganz allgemein über die **Lichtverhältnisse** des Wassers orientiert uns L. Linsbauer¹²⁷⁾, der seinerzeit eine verbesserte Methode zur Bestimmung der Lichtverhältnisse im Wasser ausgearbeitet hat.¹²⁸⁾ O. v. Aufseß¹²⁹⁾ brachte an dem Wasserphotometer von Ule¹³⁰⁾ einige Verbesserungen an; für die Zwecke der Bestimmung der roten Strahlen, welche vorwiegend die Wärmestrahlen sind, wurden Farbenfilter von Zeiß benützt. Mittels Farbenfilter kann man natürlich aus einem be-

¹²⁴⁾ P. M., 1908, S. 39—47, 61—68, 86—88. — ¹²⁵⁾ P. M., 1904, H. 12, S. 294.

¹²⁶⁾ P. M., 1912, 58. Bd., I, S. 258 und Progr. kgl. humanist. Gymn. Freising, 1910/11.

— ¹²⁷⁾ Verh. d. zool. bot. Ges. Wien, 1898, S. 167—170. — ¹²⁸⁾ Ebenda, 1895, S. 383 ff.

— ¹²⁹⁾ P. M., 1906, S. 184 ff. (vgl. auch: „Die physikalischen Eigenschaften der Seen“, a. a. O., S. 46 ff.). — ¹³⁰⁾ Der Würmse, 1901, S. 176—178.

liebig gewünschten Spektralbereich Licht auf die versenkte Platte einwirken lassen. v. Aufseß erzielte recht gute Resultate und konnte z. B. sehr schön die Abnahme der Intensität der roten Strahlen mit der Tiefe nachweisen. Wasserphotometer mit einem Sektorenlichtfilter in zehn verschiedenen Tonabstufungen konstruierte vor allem auch W. Ewald¹³¹⁾, der sie mit weiteren Verbesserungen durch eine Kippvorrichtung versah¹³²⁾. Von Arbeiten über die allgemeinen optischen Eigenschaften des Wassers sind aus der neueren Zeit neben v. Aufseß' Zusammenfassung (a. a. O.) noch zu erwähnen: C. Schröter¹³³⁾, der über Farbenspektren auf Seen (Iris) schrieb und W. Schmidt¹³⁴⁾, der die Reflexion der Sonnenstrahlung an Wasserflächen eingehend würdigte.

Die Erklärung der **Wasserfarbe** der Seen war von den optischen Erscheinungen in erster Linie Gegenstand der Forschung. Zahlreiche Methoden wurden zur Bestimmung der Wasserfarbe aufgestellt. Forels bekannte Skala¹³⁵⁾ ist von Ule¹³⁶⁾ erweitert worden. J. v. Lorenz¹³⁷⁾ schlug an Stelle der mit der Zeit veränderlichen Farbenskala verschieden gefärbte Mineralien als Vergleichsfarbtöne vor, eine freilich sehr teure Methode. v. Aufseß¹³⁸⁾ griff zur spektroskopischen Methode und Issel¹³⁹⁾ wählte verschieden gefärbte Gläser zur Farbenermittlung, was natürlich auch den Vorteil der Beständigkeit gegenüber der Forel-Uleschen Skala hat. Eine Anzeige darüber brachte auch A. Frisoni¹⁴⁰⁾.

Zahlreiche grundlegende Untersuchungen über die Wasserfarbe stammen von W. Spring. Destilliertes Wasser erscheint blau infolge der selektiven Absorption des Lichtes¹⁴¹⁾. In einer anderen Arbeit¹⁴²⁾ wird besonders auf die Bedeutung der Eisensalze für die Färbung des Wassers hingewiesen, indem das kolloidal gelöste Eisenhydroxyd durch Vereinigung mit den das Wasser sonst braun färbenden Humussubstanzen demselben eine hellere Farbe verleiht. Durch Experimente wies ferner derselbe Verfasser nach¹⁴³⁾, daß die im Wasser suspendierten Teilchen Variationen des Blau verursachen. Blaue Wässer mit etwas gelbem Ferrioxydhydrat vermischt, werden grün, dagegen mit wasserfreien Ferriverbindungen farblos; es ist demnach die Beschaffenheit der Eisen-

¹³¹⁾ Ann. der Hydrogr. u. marit. Met., 1908, 36. H., III, S. 125—128. — ¹³²⁾ Ebenda, S. 501 ff. — ¹³³⁾ Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., 1908, I, S. 747—751. — ¹³⁴⁾ Sitz.-Ber. d. Akademie d. Wiss. mat. nat. Kl., 1908, CXVII, II, S. 75—89. — ¹³⁵⁾ Le Léman, 2. Bd., 1895, S. 462—487. — ¹³⁶⁾ P. M., 1892 und Der Würmsee 1901, S. 160 u. a. a. O. Anmerkung ³³⁾. — ¹³⁷⁾ Mitteil. d. geogr. Ges. Wien, 1898, Bd. XLI. — ¹³⁸⁾ Die physikalischen Eigenschaften der Seen, 1905. — ¹³⁹⁾ Atti del Congresso dei Natur. Ital., Milano 1907. — ¹⁴⁰⁾ Riv. Geogr. Ital., 1908, Bd. XV/2. — ¹⁴¹⁾ Arch. Sc. phys. nat., 1896, VII. Bd., S. 326—333 und Bull. Acad. Roy. Belgique, 1899, S. 72—80, und Neues Jahrbuch f. Min., Geol. u. Pal. 1899, II, S. 99—104. — ¹⁴²⁾ Arch. Sc. phys. nat. Genève, 1898, V, S. 5—26, und Bull. Acad. Roy. Belgique, XXXIV, 1897, S. 578—600. — ¹⁴³⁾ Bull. Acad. Roy. Belgique, XXXVI, 1898, S. 266—276, und Neues Jahrbuch f. Min. Geol. u. Pal., 1899, S. 47—54; desgleichen Arch. Sc. phys. nat., 1899, S. 5—14.

verbindungen von Einfluß auf die Farbe. Zusammenfassungen finden wir noch in zwei anderen Schriften [¹⁴⁴) und ¹⁴⁵)] und desgleichen bei A. Kemna ¹⁴⁶) und H. v. Hasenkamp ¹⁴⁷).

Neben W. Spring hat sich namentlich in mehreren Arbeiten O. v. Aufseß ¹⁴⁸) mit der Farbe der Seen befaßt. Nach ihm verursachen die suspendierten gefärbten Teilchen die Übergänge von Blau, der Eigenfarbe des Wassers, zu verschiedenen anderen Farben, während die farblosen, trübenden Teilchen von keinem Einfluß sein können. Die Farbe ist bei ihm ein wichtiger Einteilungsgrund der Seen, die in vier Gruppen unterschieden werden, je nach der verschiedenen Absorbierung des Blau.

Gegen die von Aufseß aufgestellte Theorie hat für den Öschinensee M. Groll ¹⁴⁹) Bedenken erhoben. Eine eindeutige Erklärung der Wasserfarbe nur durch einen Vorgang gibt es jedenfalls nicht. Je nach der Beschaffenheit des Seewassers, je nach der Trübung wird man aber wohl unschwer von Fall zu Fall die Entscheidung haben zwischen der Diffraktionstheorie (für die z. B. R. A begg eintrat ¹⁵⁰), welcher die Farbe des Wassers als Farbe eines trübenden Mediums auffaßt und von der Menge und Größe der trübenden Stoffe abhängig sein läßt) und der chemischen Theorie, wonach die im Wasser gelösten Bestandteile die Farbe bedingen.

Unter Hinweis auf die referierenden Arbeiten von A. Becker ¹⁵¹), R. Hennig ¹⁵²), O. Lang ¹⁵³) und C. Baumann ¹⁵⁴) sei hier noch zweier Arbeiten gedacht, welche die Wasserfarbe zum Teil durch organische Elemente verursacht sehen: Klunzinger ¹⁵⁵) und C. Klausener ¹⁵⁶), welcher speziell das Phänomen der Blutseen der Hochalpen (besonders in der Schweiz) durch massenhafte Anreicherung besonders von *Euglena sanguinea* erklärte. Die sogenannte „Seeblüte“ wird bekanntlich (besonders Forel) ¹⁵⁷) auf die starke Beimengung organischer Stoffe zurückgeführt.

¹⁴⁴) Nat. Rundschau, 1898, 13. Bd., S. 225—226. — ¹⁴⁵) Arch. Sc. phys. nat. Genève, 1908, S. 217—227, und Bull. Acad. Roy. Belgique, 1908, S. 262—272. — ¹⁴⁶) Bull. Soc. Belge de Géol. Pal. et d'Hydrologie, 1896/1898, S. 241—279. — ¹⁴⁷) Ann. d. Hydr., 1897, S. 432—442, und Gaea, 1898, 34. Bd., S. 86—98. — ¹⁴⁸) Inaug. Diss. München, 1903; Ann. d. Phys., Leipzig 1904, 13, S. 678—712, und Arch. Sc. phys. nat. Genève, 1904, 17. Bd., S. 186—200, ebenso Schr. d. Ver. f. Gesch. d. Bodensees, 1907, 36. Bd., S. 31—41. — ¹⁴⁹) a. a. O. — ¹⁵⁰) Nat. Rundschau, XIII, 1898, S. 169—173. — ¹⁵¹) Beilage zur Allgemeinen Münchener Zeitung, 1904, S. 332—333. — ¹⁵²) Die Umschau, 1904, 8. Bd., S. 491—492. — ¹⁵³) G. Anzeiger, Gotha 1904, 5. Bd., S. 220—222. — ¹⁵⁴) Gaea, 1908, 44. Bd., S. 534—544. — ¹⁵⁵) Jahrbuch d. Ver. f. vaterl. Naturkunde, Nürnberg, 1901, S. 321—346. — ¹⁵⁶) Int. Revue d. ges. Hydrobiologie und Hydrographie, 1908, H. 3. — ¹⁵⁷) Handbuch der Seenkunde, a. a. O.

8. Eisverhältnisse.

Nicht so groß ist die Zahl der Arbeiten, die sich mit den Eisverhältnissen der Seen beschäftigen. E. Richter¹⁵⁸⁾ hat schon auf die zunächst scheinbar paradoxe Erscheinung aufmerksam gemacht, daß eine Wassertemperatur von 0° bei der Vereisung bisher nicht nachgewiesen wurde; er zeigte, daß die Schicht von 0° so wenig mächtig ist, daß sie sich der Beobachtung überhaupt entzieht und schon durch das Eintauchen des Thermometers mit der darunter befindlichen warmen Schicht vermischt wird. Es gelang nun K. Schuh¹⁵⁹⁾, ein auf dem Wasser schwimmendes Thermometer (mit Minimumindex) zu konstruieren, mittels dessen wirklich die 0° Wasserschichte gemessen werden konnte. Sie hat beiläufig an der Wasseroberfläche nur 7—8 mm Dicke und befindet sich bemerkenswerter Weise nicht nur über dem indirekt geschichteten wärmeren Wasser, sondern ist auch direkt neben dem Eisrand anzutreffen. Von allgemeiner Bedeutung ist J. Müllners Arbeit¹⁶⁰⁾, welche die Vereisung der österreichischen Alpenseen 1894/95—1900/01 im speziellen behandelt. Es werden vier Phasen der Vereisung unterschieden und die Wirkungen der verschiedenen Faktoren analysiert: die Zeit vor der ersten Eisbildung, die Zeit zwischen dieser und der Schließung des Sees, die Zeit des geschlossenen Sees und die Zeit von den ersten Tauspuren bis zum Schwund des Eises. Die 0° Wasserschichte, welche die Eisbildung veranlaßt, ist stets wenig mächtig. Die Vereisung ist eine Funktion der Wasser- und Lufttemperatur. Freilich braucht der ersten Eisbildung nicht gleich (infolge Wind und Regen) die völlige Schließung zu folgen, während die Schneefälle die Vereisung beschleunigen. Die bereits geschlossene Eisdecke reagiert mehr auf Erniedrigungen als Erhöhungen der Lufttemperatur. Die niederen Temperaturen teilen sich durch Leitung auch den Wasserschichten unter dem Eis mit. Die Schneedecke dagegen wirkt dem Eiswachstum entgegen. Eine Erwärmung des Seewassers durch das Eis hindurch erfolgt nicht, vor allem wegen der Undurchdringlichkeit des Eises für die Lichtstrahlen. In der dritten Phase werden zwei Abschnitte unterschieden, deren Grenze mit der Eisdickeabnahme in der Tiefe gekennzeichnet ist. Wichtige Beobachtungen über Eisstruktur, eisfreie Stellen, Eiswachstum und verschiedene Eisdicke werden mitgeteilt, ebenso wird über die Eröffnung der Seen berichtet, Erscheinungen, über welche wir auch F. A. Forel¹⁶¹⁾ einige schöne Arbeiten danken. Die ersten Tauspuren beginnen mit der Entwicklung

¹⁵⁸⁾ Seenstudien, a. a. O., S. 53 und 71. — ¹⁵⁹⁾ P. M., 1901, S. 57. — ¹⁶⁰⁾ Pencks G. Abh., VII/3, 1903. — ¹⁶¹⁾ Arch. Sc. phys. nat., 1897, 2. Bd., S. 379—380, ferner in: Rev. Sc. Paris, 1899, 11. Bd., S. 140—142, ebenso Bull. Soc. Vaudoise Sc. Nat. Lausanne, 1898, 34. Bd., 272—278.

von Wasser zwischen dem Eis und über dem Eis; besonders fördert Wind die Auflösung des Eises in der Horizontalen; wiederholt geht die Öffnung, die vornehmlich eine Funktion der Wasser- und Lufttemperatur ist, vom warmen Ufer aus. E. M. Wedderburn¹⁶²⁾ behandelt insbesondere die Temperaturverteilung während der Vereisung und die Entwicklung der umgekehrten Temperaturschichtung, während G. Braun¹⁶³⁾ eine kurze Beschreibung von Eiswirkungen an Seeufern gibt. E. v. Cholnoky's¹⁶⁴⁾ meisterhaftes Werk über das Eis des Balatón-(Platten-)sees, auf das hier nur verwiesen werden kann, ist bisher ohne Nachahmung geblieben. Es behandelt vornehmlich die physikalischen Erscheinungen des See-Eises. Nordquist¹⁶⁵⁾ erörterte das Eindringen des Lichtes in die von Eis und Schnee bedeckten Seen. Verschiedene Abhängigkeitsverhältnisse der Vereisung, ihrer Dauer usw. von den meteorologischen Faktoren stellte ähnlich wie J. Müllner H. Herpich¹⁶⁶⁾ auf.

B. Spezielle Darstellungen von österreichischen Seen.

Gruppe I. Alpenseen.

1. Monographische Darstellungen.

Die erste Lieferung des von Penck und Richter herausgegebenen österreichischen Seenatlases (Seen im Maßstab 1 : 25000) findet in J. Müllners¹⁶⁷⁾ trefflicher Monographie „Die Seen des Salzkammergutes und die österreichische Traun“ ihre Interpretation. Sie enthält die genaue Verarbeitung der Lotungen von F. Simony (dem A. Penck¹⁶⁸⁾ eine schöne Biographie schrieb, in welcher auch dessen Verdienste um die Seenforschung gewürdigt werden) zu sehr hübschen Karten, eine Behandlung der Wasserstandsverhältnisse und überhaupt der hydrologischen Verhältnisse des Traungebietes. (Beziehungen zwischen Niederschlag, Verdunstung und Abfluß). Die Salzkammergutseen werden allgemein in drei Gruppen geteilt, in: 1. Talseen, die von Moränen umgürtet sind, 2. Sacktalseen und 3. Bergseen in den höheren Lagen des Gebietes. Auf die Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden, zumal das Werk chronologisch nicht mehr dem uns hier interessierenden Zeitraum angehört; es kann nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden, daß

¹⁶²⁾ Journ. Scott. Met. Soc., Edinburgh 1908, 14. Bd., S. 219—224. — ¹⁶³⁾ Schr. phys. ökon. Ges., Königsberg 1906, 47. Bd., S. 8—13. — ¹⁶⁴⁾ Resultate der wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees, I. Bd., 5. Teil, IV. Sekt., 1909. — ¹⁶⁵⁾ Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., Bd. III. — ¹⁶⁶⁾ Diss. Technik, München u. Münch. Geogr. Studien, 26. Bd., 1911. — ¹⁶⁷⁾ Pencks G. Abh., VI/1, 1896, S. 1—114. — ¹⁶⁸⁾ Pencks G. Abh., VI/3, 1898.

G. A. Koch¹⁶⁹⁾ kritisierende Bemerkungen machte, worauf J. Müllner¹⁷⁰⁾ erwiderte.

Die zweite Lieferung des österreichischen Seenatlasses (der Seen von Kärnten, Krain und Südtirol), deren Karten im gleichen Maßstab gehalten sind und auf den Lotungsergebnissen von Richter, zum Teil auch Simony, Seeland, Hartmann, Ludwig und Martin beruhen, begleitet E. Richter¹⁷¹⁾ selbst mit seinen grundlegenden „Seenstudien“, die bei ihrer allgemeinen Bedeutung ebenso gut im allgemeinen Teile hätten erwähnt werden können, zumal das methodische Moment stark im Vordergrund steht. So werden die verschiedenen Lotungsmethoden einer genauen Prüfung unterzogen; Richter selbst konstruierte eine leicht transportable Lotmaschine, die sich seither ausgezeichnet bewährt hat. Von außerordentlicher Wichtigkeit sind Richters Ausführungen über die Temperaturverhältnisse, besonders im Wörthersee, da die verschiedenen physikalischen Vorgänge der Ein- und Ausstrahlung, Leitung usw. und der Windwirkung genau gegeneinander abgewogen werden. Der Strahlung wird mit Recht hohe Bedeutung zugeschrieben; wir vernehmen, daß die Sonnenstrahlung an einem Tage bis 4 m Tiefe wirken und dort eine Temperaturerhöhung von 0.5° erzeugen kann. Der jahreszeitliche Gang der Tiefentemperaturen in verschiedenen Seen wird abgeleitet und der Begriff der Sprungschicht, die ihm Anlaß zu thermischen Klassifikationen gibt, präzisiert und erklärt; die Probleme, welche die Vereisung und die Öffnung der Seen bieten, werden aufgeheilt. Temperaturmessungen sind von den Drau-Saveseen und auch vom Gardasee mitgeteilt. Die Temperatur des Bodenwassers wird bei Richter durch Erdwärme erklärt, was allerdings spätere Arbeiten (die schon zum Teil oben angeführt wurden) nicht bestätigen konnten.

Das Jahr 1898 brachte die ausführliche Monographie über den Hallstättersee von J. Lorenz v. Liburnau¹⁷²⁾, mit einer Tiefenkarte 1:14000 auf Grund vom Eis aus gemachter Lotungen von J. Heidler, welche Abweichungen von Simonys Tiefenmessungen zeigten. Letztere wurden aber von Penck als richtig dargestellt (vgl. die Polemik darüber später). v. Lorenz gliedert seine Ausführungen nach folgenden Abschnitten: Limnographie, Limnophysik, Limnogenie und Limnoorganologie. Von Wichtigkeit sind insbesondere die physikalischen Untersuchungen; so unter anderen die chemischen, welche für Februar und August verschiedene Resultate ergaben; es liegen auch chemische Analysen über Schlammproben vor. Originell sind Lorenz' Studien über die Seeoptik: die Trübung beeinflußt die Farbe, zu deren Ermittlung er nicht Forels Skala benützt, da sie sich verändert und die Farben der

¹⁶⁹⁾ M. Geogr. Ges., Wien 1898, S. 631. — ¹⁷⁰⁾ M. Geogr. Ges., Wien 1899, S. 62. — ¹⁷¹⁾ Pencks G. Abb., VI/2, 1897. — ¹⁷²⁾ M. Geogr. Ges., XLI, 1898, S. 1—218.

Seen satter sind als Forels Skalentöne; er führt seine eigene, nach Mineralien zusammengestellte Farbenskala (siehe oben) ein. Temperaturuntersuchungen wurden in sehr großer, geradezu vorbildlicher Anzahl durchgeführt; wichtige Resultate ergab das Studium des Einflusses des Bergschattens auf die Temperatur der Oberflächen- und Tiefenschichten. Im limnogenetischen (morphologischen) Teil ist die Arbeit natürlich längst überholt, da der tektonische Ursprung des Sees (Einsturz oder Senkung) nicht erwiesen werden kann.

Die Seen am Reschenscheideck schilderte J. Müllner¹⁷³⁾; er erklärte sie durch Abdämmung im Bereiche des Passes, der während der Eiszeit erodiert wurde. Die frühere Wasserscheide wurde verlegt. Der Verfasser hat neue Lotungen vorgenommen, welche im Reschensee 22·5 m größte Tiefe ergaben. Eingehend sind die Wasserstandsaufzeichnungen seit 1866 verarbeitet, die Speisungs- und Abflußverhältnisse dargelegt. Die höchsten Wasserstände sind Juni bis August und stimmen vollkommen mit dem Abschmelzen der Gletscher überein, während die erhöhten Niederschläge allein sich weniger fühlbar machen. Der Niederwasserstand der Seen ist gegen das Ende des Jahres zu verzeichnen. Wichtige Beobachtungen werden über die Vereisung, über die Temperaturen, namentlich beim Gefrieren und Auftauen mitgeteilt. Für das Auftauen ist mehr der gesamte Charakter des Winters von Einfluß, während für das Gefrieren der Charakter des vorherigen Sommers und Herbstes weniger in Betracht kommt.

Von südtirolischen Seen besitzen wir eine allgemeine monographische Darstellung über den Lago di Terlago von G. B. Trenner und C. Battisti¹⁷⁴⁾, von letzterem auch über kleine Seen im Fersentale bei Trient¹⁷⁵⁾, über den Lago di Serrai, Lago delle Piazze, Pragser- und Antholzer Wildsee von J. Damian¹⁷⁶⁾, und über den gleichfalls kleinen Montigglersee von G. Huber¹⁷⁷⁾. Die beiden ersten Autoren bringen eine Morphologie und allgemeine Hydrographie (Temperatur, Farbe) des 9·3 m tiefen Karstsees, der einen unterirdischen Abfluß hat. Wir finden Notizen über das Verschwinden dieses Sees (seit 1837) und zweier anderer, im Kalk gelegener Seen. J. Damian behandelt neben der Morphologie der Seen (vgl. unten) auch deren Wasserspeisung, Farbe und Eisbildung. Die Montigglerseen sollen nach Huber Wassererfüllungen von alten Flußkolken sein, welche in der Eiszeit noch tiefer ausgefurcht wurden. Sehr bemerkenswert ist die Konstatierung der größten Durchsichtigkeit des Wassers im Sommer (!), was in vollkommenem Wider-

¹⁷³⁾ Pencks G. Abh., VII/1, 1900. — ¹⁷⁴⁾ Tridentum, I, 1898, S. 37 und 97. —
¹⁷⁵⁾ Tridentum, I, 1898, S. 185. — ¹⁷⁶⁾ Abh. d. Geogr. Ges. Wien, 1899, S. 77—89.
— ¹⁷⁷⁾ Diss., 1905, Stuttgart, Nägele; auch Arch. Sc. phys. nat. Genève, 18. Bd., S. 360
bis 361.

spruch zu den Beobachtungen an anderen Alpenseen steht. Die Arbeit berücksichtigt namentlich die biologischen Verhältnisse.

J. Müllner¹⁷⁸⁾ bearbeitete auch die kleinen Seen des unteren Inntales in der Umgebung von Rattenberg und Kufstein durch Kartierung, Untersuchung der geologischen und morphologischen Verhältnisse. Die Seen sind teils Felsbecken (vielleicht tektonisch entstanden), teils Abdämmungsbecken, teils Karstwannen. Von Interesse ist deren große Tiefe: Hechtensee 56·5 *m*, Hintersteinersee 35·6 *m*. Zwar schon in Bayern, doch nahe der Reichsgrenze liegen die von Ch. März¹⁷⁹⁾ erforschten kleinen Karseen der Soiern in der Karwendelgruppe, die aber nicht durch Gletschererosion entstanden sein sollen, sondern als Dolinenseen angesprochen werden. Verfasser hat Lotungen, Studien über Temperatur- und biologische Verhältnisse angestellt.

Bezüglich der systematischen, von allen Uferstaaten durchgeführten Aufnahme des Bodensees muß hier, da der See nur teilweise an österreichisches Gebiet grenzt, nur der Hinweis auf die zusammenfassende Abhandlung von Klunzinger¹⁸⁰⁾ genügen; wir vernehmen unter anderem über die genaue Ablotung des Rheindeltas, die Konstatierung der subaquatischen Rheinrinne, die Methode der Kartierung des Sees, über wichtige Seichesuntersuchungen, Chemismus des Wassers und Schlammes, Thermik u. dgl.

Nach verschiedenen Gesichtspunkten hin erstattete E. Brückner¹⁸¹⁾ ein Gutachten über die Folgen, welche die Ausführung einer Kraftanlage, speziell die Einleitung des Möll-Lieserkanals in den Millstättersee für den See voraussichtlich haben wird, so über die Wasserstandsverhältnisse, die beim normalen See eine mittlere Jahresschwankung von 62 *cm* (mit Tiefstand im Jänner und Februar, Höchststand im Mai) aufweisen, über die Einwirkung der projektierten Tiefersenkung des Seespiegels auf die Uferverhältnisse, die in bedeutenden Abrutschungen der Uferbank bestehen würde, über die künftige, aber nur lokale und unbedeutende Versandung und Verschlammung und über die Änderung in den Temperaturverhältnissen des Sees, die bei entsprechenden Anlagen, wie sie ausgeführt werden, nur unwesentlich wären und das Badewasser nicht gefährden würden, wenn der Wasserabzugsstollen etwa in der Tiefe der Sprungschicht und nicht in geringerer Tiefe geführt wird, so daß dem See nicht das warme Oberflächenwasser des Sommers entzogen wird. Von besonderem Interesse sind die Angaben über die Dimensionen der in 18 Profilen neugeloteten, im Durchschnitt $\frac{1}{2}$ *m* tiefen, aber verschiedenen

¹⁷⁸⁾ Zeitschr. d. Ferdinandeums, III, Folge, 49. H., 1905, S. 139 ff. — ¹⁷⁹⁾ Wiss. Veröffentl. d. Ver. f. Erdk., Leipzig 1904. — ¹⁸⁰⁾ Arch. f. Hydrobiologie und Planktonkunde, 1906/2. — ¹⁸¹⁾ Wien, Sieger, 1908.

breiten Uferbank. Im Interesse der Wissenschaft wäre zu wünschen, daß die projektierte Anlage zur Ausführung gelangt, damit sich die seltene Gelegenheit bietet, an der Hand eines großartigen Experiments in der Natur die erwachsenden Veränderungen im Wasser- und Wärmehaushalt des Sees qualitativ und quantitativ zu erkennen.

Die hochgelegenen Seen der Alpen weckten die begeisterte Tätigkeit zweier Forscher, E. Fuggers¹⁸²⁾, der seine langjährigen Aufnahmen der Salzburgerseen fortsetzte, und H. Polschers¹⁸³⁾, der in zwei Sommern die Hochseen der Kreuzeckgruppe kartierte, lotete und morphologisch untersuchte. Bei E. Fuggers Aufnahmen steht die Lotung, Kartierung und Beschreibung der Seen im Vordergrund, während Genese und Hydrographie kaum berücksichtigt werden. Die Lotungen erfolgten weniger mit dem Osgoodboot als mittels des von ihm erdachten Schwimmers, der über den See gezogen wird,¹⁸⁴⁾ wobei der Beobachter vom Ufer aus die Seetiefen in verschiedenen Punkten messen kann. Das Verfahren, das natürlich nicht sonderlich genau ist, empfiehlt sich auch nur für kleinere Seen und setzt Windstille und Ruhe voraus. Die morphologischen Darlegungen Fuggers¹⁸⁵⁾ sind keineswegs einwandfrei, indem z. B. manche Karseen als Dolinenseen angesprochen werden. Von den größeren Karseen ist besonders der Tappenkarsee durch seine Tiefe von 48 m bemerkenswert. H. Polschers geomorphologische Darlegungen der Hochseen der Kreuzeckgruppe basieren dagegen durchaus auf modernen Erkenntnissen über die Morphologie des noch während des γ - und δ -Stadiums vergletscherten Gebietes; die Kare gehören teilweise dem Gschnitz-, teilweise dem Daunstadium an; die Seen sind teils Eintiefungsbecken, teils Abdämmungsbecken. Das Hauptverdienst besteht in einer sorgfältigen und höchst beschwerlichen Lotung von 20 der größeren Karseen, die zwischen 2000—2400 m Höhe liegen (16 Seekarten 1 : 2500).

Dem im Gebiete des Dürrensteinstockes gelegenen Lunzer Mittersee widmet G. Götzing¹⁸⁶⁾ eine kleine Monographie. Der See stellt bezüglich seiner Morphologie und daher auch Thermik und Vereisung einen in den Alpen höchst seltenen Typus dar, da er durchaus von subaquatischen Quelltrichtern sein Wasser erhält und keinen Oberflächenzufluß besitzt; seine Natur als Grundwassersee verrät sich auch in den im Jahre sehr wenig schwankenden Temperaturen (zwischen 5·5° und etwas über 7°). Nur geringe Teile des Sees werden nicht von der raschen Erneuerung durch die Quellen ergriffen und zeigen dann naturgemäß eine

¹⁸²⁾ Mitteil. d. Ges. für Salzburger Landeskunde, Teile I—IV, S. 1890—1895, Teile V—IX, S. 1899—1911. — ¹⁸³⁾ Geogr. Jahresber. aus Österreich, VIII. Bd., 1910, S. 201 bis 245. — ¹⁸⁴⁾ Vgl. auch: Progr. Realschule Marburg, 1905. — ¹⁸⁵⁾ A. a. O., wie insbesondere in der älteren Schrift: M. Geogr. Ges. Wien, 1896, XXXIX, S. 638—672. — ¹⁸⁶⁾ Int. Revue d. ges. Hydrobiol. und Hydrogr., 1908, I. Bd., S. 153—176 und 324—50.

größere Jahrestemperaturschwankung. Das Temperaturminimum des Grundwassers fällt in den Mai, die Hauptschneesmelzperiode des Gebietes. Die Vereisung knüpft an den quellosen Stellen an oder an solchen, wo die Quelltrichter ihre Tätigkeit eingestellt haben; daraus resultiert ein höchst unregelmäßiges Vereisungsbild und große fortwährende Veränderungen je nach den meteorologischen Vorgängen; jedes größere Tauwetter verändert das Vereisungsbild durch erneuertes Funktionieren der Quelltrichter. Es ist das Vereisungsbild fast täglichen Schwankungen ausgesetzt. Das Eis schwindet durch höheren Wasserstand und durch warmen Regen. Die Ursache des Grundwasseraustrittes erblickt der Verfasser in dem Stau durch einen glazialen Felsriegel, der im Verein mit der Abdämmung durch einen alten Bergsturz und jetzt durch einen künstlichen Damm die Seebildung verursacht hat. Die Wasserstandsschwankungen sind rasch und stark, die Durchströmung bei Hochwasser eine fast vollständige.

Subaquatische Quelltrichter, jedoch nicht in dem großen Ausmaße wie beim Lunzer Mittersee, beschreibt H. Micoletzky¹⁸⁷⁾ in seiner Monographie des Faistenauer Hintersees bei Salzburg, die freilich mehr die faunistischen und Fischereiverhältnisse berücksichtigt. Sehr bemerkenswert sind die großen Veränderungen im Seereal im kurzen Zeitraum von vier bis sechs Jahren infolge Aufschüttung einer Schotterbank, so daß ein zweiter, kleinerer See, der Hinterpointeich, entstanden ist. Besonders bezüglich der Thermik sind ähnliche Verhältnisse angetroffen worden wie beim Lunzer Mittersee, da die Speisung durch Grundwasser erfolgt. Nur ist die Wassererneuerung im Sommer eine langsamere, so daß sich das Grundwasser von 6^o—6,6^o bis auf 14^o im Sommer erwärmen kann. Natürlich gibt es eine sommerliche Sprungschicht nur bei langsamer Wassererneuerung; ein Hochwasser zerstört sie völlig. Die Seewanne ist durch Abdämmung entstanden.

Eine größere Monographie über die Lunzer Seen, von der die obige Arbeit nur als Vorarbeit anzusehen ist, bereitet die 1905/06 gegründete biologische Station in Lunz, die erste ostalpine Süßwasserstation, vor. In dem ersten, 1912 erschienenen Band stellt G. Götzinger¹⁸⁸⁾ die Geomorphologie der drei Seen und ihres Gebietes dar (vgl. unten).

2. Einzeldarstellungen: Kartographie, Morphologie.

Wenden wir uns von den monographischen Darstellungen den Einzeldarstellungen, und zwar zunächst den **kartographischen Arbeiten** zu, am besten chronologisch vorgehend.

¹⁸⁷⁾ Int. Revue d. ges. Hydrobiol. und Hydrogr., 1910/11, Bd. III, S. 506—542.

— ¹⁸⁸⁾ Suppl. Heft d. Int. Revue d. ges. Hydrobiol. und Hydrogr., 1912.

Die größte kartographische Leistung auf dem Gebiete der Seenkunde, der Atlas der österreichischen Alpenseen, fällt in die Zeit vor 1897. R. Sieger¹⁸⁹⁾ und W. Halbfuß¹⁹⁰⁾ haben seine Bedeutung gewürdigt, während G. A. Koch¹⁹¹⁾ kritische Bemerkungen anknüpfte.

In Ergänzung zum Seeatlas gab das hydrographische Amt der italienischen Marine eine Karte des Gardasees¹⁹²⁾ im Maßstabe 1:50000 heraus, die leider nicht die Lotpunkte angibt, sondern nur Tiefenzahlen bringt. Die Maximaltiefe beträgt 346 m, auf österreichischem Gebiete 311 m; es reicht also die tiefste Stelle 280 m unter das Meer. Es sind auch Temperaturangaben, sowohl der Oberfläche wie der Tiefe, beigefügt. Sehr interessante Notizen zur Geschichte der alten Vermessungen des Bodensees findet man in einer Schrift von J. Früh¹⁹³⁾; die Uferentfernungen wurden am gefrorenen See gemessen. W. Halbfuß¹⁹⁴⁾ hat weitere Beiträge zur Kenntnis der Seen des Lechgebietes geliefert, nachdem er schon 1895¹⁹⁵⁾ einige Seen bezüglich der Tiefen und Temperaturen untersucht hatte. Die Seen sind im Maßstab 1:5000 aufgenommen (Spuller-, Zürscher- und Formarinsee); letzterer wird als Zirkussee angesprochen; seine größte Tiefe beträgt 28 m.

Bezüglich der Tiefen des Hallstättersees entspann sich eine längere Polemik zwischen J. v. Lorenz und A. Penck. Wie angedeutet, sind Heidlers Lotungen, welche Lorenz¹⁹⁶⁾ in seiner Monographie des Hallstättersees verwertete, wohl in bezug auf die Position richtig, da sie vom Eis aus vorgenommen wurden; jedoch differieren die Tiefenangaben wesentlich von denen Pencks. Heidlers Messungen gaben größere Tiefen an, weil mittels Hanfleine und nicht mit Litze gelotet wurde, während A. Penck¹⁹⁷⁾, Simonys alte Messungen bestätigend, zwar vom Boot aus lotete, jedoch mit Richters Lotmaschine, welche durchaus nur Drahtlitze verwendet. J. v. Lorenz¹⁹⁸⁾ nahm darauf 45 Neulotungen in fünf Profilen vor, welche mancherlei Ungenauigkeiten der bisherigen Aufnahmen erwiesen; der Verfasser spricht aber auch Pencks Lotungen die Genauigkeit ab, da sie bei zu ungünstigen Witterungsverhältnissen (Wind) gemacht wurden. Penck erwiderte¹⁹⁹⁾, worauf Lorenz replizierte²⁰⁰⁾.

Neulotungen in der bisher tiefsten Stelle des Mondsees nahm W. Halbfuß²⁰¹⁾ vor, die alten Messungen von Simony (68.5 m) be-

¹⁸⁹⁾ M. D. Ö. Alp. V., 1898, S. 45–56. — ¹⁹⁰⁾ Globus, 71 (1897), Nr. 6. — ¹⁹¹⁾ M. Geogr. Ges. Wien, 1898, 41. Bd., S. 631–642. — ¹⁹²⁾ Genua, 1896. — ¹⁹³⁾ P. M., 1897, S. 217. — ¹⁹⁴⁾ Globus, 1903, Bd. 83, S. 21–23. — ¹⁹⁵⁾ P. M., 1895, S. 225 ff. — ¹⁹⁶⁾ a. a. O., Nr. 172). — ¹⁹⁷⁾ M. D. Ö. Alp. V., 1898, Nr. 9 und 10, auch G. Z., 1898, S. 226. — ¹⁹⁸⁾ Abh. d. Geogr. Ges., Wien, 1899, I, Nr. 2, S. 139–179. — ¹⁹⁹⁾ Ebenda, 1900, II, Nr. 4, S. 121. — ²⁰⁰⁾ M. d. Geogr. Ges., 1903, 46. Bd., S. 316–322, Abh. d. Geogr. Ges. Wien, 1900, II, Nr. 5, S. 129. — ²⁰¹⁾ P. M., 1909, H. 12, S. 364 ff.

stätigend, während Endrös²⁰²⁾ eine größere Tiefe zur Erklärung der Seiches dieses Sees theoretisch forderte. Die Lunzerseen kartierte neu G. Göttinger²⁰³⁾, und zwar fanden die Lotungen am Untersee (Karte 1 : 3000) und am Obersee (Karte 1 : 1500) vom Eis aus, am Mittersee hingegen wegen der nur teilweisen Vereisung vom Boot aus statt (Karte 1 : 1000). Die Gesamtzahl der Lotungen beträgt bei dem Gesamtareal aller drei Seen von 0·78 km² 663. Die Umrisse wurden durch Krokis und Triangulation festgelegt.

Bezüglich der neueren **morphologischen Arbeiten** über Seen können wir zum Teil schon auf die Ausführungen im allgemeinen Teil verweisen, insbesondere auf Pencks und Brückners Monumentalwerk „Die Alpen im Eiszeitalter“. In den älteren Arbeiten werden meistens rein tektonische Kräfte zur Entstehung der Seen herangezogen, so bei G. A. Koch²⁰⁴⁾ (Gmundenersee) und A. Rothpletz²⁰⁵⁾ (Lünersee). Letzterer Forscher trat jüngst für die Entstehung des Bodensees durch Verbiegung²⁰⁶⁾ ein, was Penck²⁰⁷⁾ widerlegt, indem er die Bildung der Hauptfurche und der fingerförmigen Furchen durch glaziale Erosion während der letzten Eiszeit betont; das schließt aber nicht aus, daß C. Regelmann²⁰⁸⁾ verhältnismäßig bedeutende nacheiszeitliche tektonische Verschiebungen der Erdkruste im Bodenseegebiet kennen lehrt, die natürlich nichts mit der See-Entstehung zu tun haben. Die Wiederholung des Präzisionsnivelements 1894/95 hat nämlich klar gezeigt, daß die alten Marken von 1869 sich bedeutend gesenkt haben, im Maximum im Hafen von Bregenz (sogar um 0·3 m!), was vornehmlich mit der Erdbebenlinie Dornbirn-Ludwigshafen im Zusammenhang stehen dürfte. Über die Verschiebungen besonders durch das Erdbeben vom 16. November 1911 schreibt M. Schmiddle²⁰⁹⁾, der übrigens in mehreren Schriften²¹⁰⁾ die geologische Geschichte des Bodensees im Quartär behandelt, wobei er den Bodensee durch eine voreiszeitliche Grabensenkung in der Gegend des heutigen Untersees angelegt wissen will, ohne aber die eiszeitliche Ausräumung zu leugnen. Zu einem nur kombinierten Erklärungsversuch griff O. Cozzaglio²¹¹⁾ bezüglich der Entstehung des Garda- (und Iseo)-sees. Der Gardasee bei Riva sei tektonischen Ursprunges, und voreiszeitlich, worauf in den Eiszeiten eine sukzessive Aushöhlung eintrat. Das

²⁰²⁾ P. M., 1906, S. 252 f. — ²⁰³⁾ Mitteil. d. Geogr. Ges., Wien 1909, S. 263–67. Deutsche Rundschau f. Geogr., 1912, S. 418–428, und Nr. 188). — ²⁰⁴⁾ Gesch. d. Stadt Gmunden, I, 31–55, 1898. — ²⁰⁵⁾ Z. D. Ö. Alp. V., 1900, S. 42 f. — ²⁰⁶⁾ Schr. d. Ver. f. Gesch. d. Bodensees, 1900, 29. Bd. — ²⁰⁷⁾ Die Alpen im Eiszeitalter und Schr. d. Ver. z. Verbr. nat. Kenntn., 42. Bd., 1901/02, S. 123. — ²⁰⁸⁾ Jahresber. d. 40. Vers. d. oberrh. geol. Ver., Lindau, 1907. — ²⁰⁹⁾ Jahresbericht d. oberrh. geol. Ver., Bd. 2, Nr. 1, 1912. — ²¹⁰⁾ Schr. d. Ver. f. Gesch. d. Bodensees, H. 35, 1906, und Zeitschr. f. Min. 1911. Nr. 4–8 und 1907, Nr. 9. — ²¹¹⁾ Comm. d. Ateneo, Brescia 1899, S. 24–36.

Moränenamphitheater des Gardasees, das dessen hohen Stand bedingt, beschrieb übrigens auch Th. Fischer²¹²⁾.

Zahlreiche Seen sind durch Abdämmung entstanden. So wurde von den kleinen Seen in Südtirol der 35·7 *m* tiefe Pragser- und 36 *m* tiefe Antholzer Wildsee nach J. Damian²¹³⁾ durch Schuttkegel- und der 19·6 *m* tiefe Lago delle Piazze durch Bergsturzabdämmung gebildet, während der 15·8 *m* tiefe Lago di Serrai a eine glaziale Felswanne darstellt. Eine eigentümliche Entstehung haben die (allerdings italienischen) Seen nahe dem Paß von Mauria und des Cadoregebietes zwischen Lorenzago und Pieve, welche Trichter erfüllen, die durch Erosion von Gips entstanden sind. Verschiedenerlei Entstehung wird den größtenteils schon zu Italien gehörigen, von O. Marinelli²¹⁴⁾ studierten Seen der Südalpen zugeschrieben: Es sind Typen von Aufdämmungsseen (durch Erdrutschung und Moränen), Dolinenseen, glaziale Karseen.

Den durch Bergsturz entstandenen Allegehese in den Dolomiten hat in einer Dissertation K. Schmid²¹⁵⁾ gewürdigt, der eine genaue Geschichte dieses Sees auf Grund des Aktenmaterials entwirft.

Über die Entstehung und geologische Geschichte des Achensees, der nach A. Penck²¹⁶⁾ durch Moränen und Schotter der Bühlzeit aufgedämmt ist, schrieb O. Ampferer²¹⁷⁾ ergänzende Mitteilungen, wonach der Achensee schon vor der Bühlzeit bestand, verlandete und dann erst wieder durch Eis erodiert wurde. Derselbe Autor²¹⁸⁾ erörtert die glazialgeologischen Verhältnisse und die Entstehung des Plan-, Uri- und Frauen-sees, wobei er für den Plansee eine ähnliche Entstehung wie für den Achensee fordert. Als Beispiel einer ganz jungen Seebildung führt G. Göttinger²¹⁹⁾ den „Antonisee“ im Reifgraben bei Scheibbs in den niederösterreichischen Voralpen an, der durch Aufdämmung des Tales durch einen erst Mai 1910 abgegangenen, bis auf das Gegengehänge aufbrandenden Bergsturz entstand, so daß Niederösterreich einen siebenten See erhielt. Bei einem Ausbruch dieses Sees fürchte sich der Ausfluß in ganz kurzer Zeit 6—7 *m* tief in die Bergsturzzunge ein.

Kleine glaziale Felsbecken sind zum Teil die Hochseen der Kreuzeckgruppe (vgl. die Arbeit von H. Polscher oben) und der Schobergruppe, über die A. Wissert²²⁰⁾ schrieb (der 48 *m* tiefe, 2416 *m* hohe Wangernitz- und 13 *m* tiefe, 2418 *m* hoch gelegene Kreuzsee), der von A. v. Ober-

²¹²⁾ P. M., 1898, 44. Bd., S. 17 f. — ²¹³⁾ Abh. d. Geogr., Ges. Wien, 1899, I/1, S. 77—89. — ²¹⁴⁾ Boll. Soc. Geogr. Ital., 1900, S. 776—795, S. 805—813, S. 873—911, S. 921—928, S. 984—997, S. 998—1006 und Boll. Soc. Geogr. Ital., 1902, S. 833—843, S. 853—861. — ²¹⁵⁾ Diss. Würzburg, Kempten 1906. — ²¹⁶⁾ Alpen im Eiszeitalter, S. 322 f. ²¹⁷⁾ Jb. geol. R.-A., 1904, S. 122 und Z. d. D. Ö. Alp. V., 1905, S. 1 ff. — ²¹⁸⁾ Verh. d. geol. R.-A., 1907, S. 345 f. — ²¹⁹⁾ M. Geogr. Ges. Wien, 1910, S. 417 ff., Nachträge: M. Geogr. Ges., 1912, S. 228/29. — ²²⁰⁾ Ebenda, 1905, S. 561 f.

mayer²²¹⁾ behandelte, 2543 m hoch gelegene Pilatussee in der großen Zirknitz in der Sonnblickgruppe und die Lunzerseen mit Ausnahme des Mittersees, über welche G. Götzing er²²²⁾ eine geomorphologische Monographie verfaßte. Der Lunzer Untersee liegt im Bereiche des Zungenbeckens der letzten Vereisung und ist durchaus ein Felsbecken, während der Obersee den Boden eines Treppenkares erfüllt. Die Arbeit beschäftigt sich neben der geologisch-geomorphologischen Darstellung des Einzugsgebietes der Seen mit der Kartierung und Morphometrie und besonders mit den Verlandungs- und Sedimentierungserscheinungen der drei Seen. Diese werden durch zwei Bodenfazieskarten des Unter- und Obersees näher illustriert, die auf Grund vieler Grundproben bearbeitet worden sind. Die verschiedenen Kompetenzen der Sedimentierung werden analysiert (Einfluß, zoogene und phytogene Sedimente) und es wird auf die Unterschiede zwischen litoraler und pelagischer Fazies (auch im Chemismus) aufmerksam gemacht. In einer anderen Studie²²³⁾ hat derselbe Verfasser übrigens die Sedimentierung der Lunzerseen für sich dargelegt.

3. Wasserhaushalt, Thermik.

Über die **Wasserstandsschwankungen** der Alpenseen finden wir in verschiedenen Schriften, insbesondere von Müllner, Lorenz u. a. wertvolles Material. Eine sehr bedeutungsvolle Studie veröffentlichte das k. k. hydrographische Zentralbureau²²⁴⁾ über die Verwertung des Retentionsvermögens der Salzkammergutseen zur Minderung der Hochwassergefahren.

Spezielle auf den **Chemismus** des Wassers der Alpenseen bezügliche Forschungen sind meines Wissens noch nicht veröffentlicht.

Mehrfach wurde dagegen die **Thermik** der Alpenseen behandelt. Wir verweisen da vorzüglich auf Richters grundlegende „Seestudien“, auf J. Müllners²²⁵⁾ Untersuchungen über die Temperaturverhältnisse der Seen des Salzkammergutes, Lorenz' Messungen im Hallstättersee (a. a. O.), J. Müllners in den Reschenscheideckseen u. a. Die Thermik der Grundwasserseen wurde von Götzing er und Micoletzky behandelt. Außer diesen bereits erwähnten Arbeiten sind zu erwähnen: die Temperaturuntersuchungen von P. Buffa²²⁶⁾ in neun südtirolischen Seen (Trentinum), in welchen auch Durchsichtigkeitsmessungen vorgenommen wurden, die von K. Sch u h²²⁷⁾ im Gmundenersee, von Ed. Sch n a b e l²²⁸⁾

²²¹⁾ Jahresbericht d. Sonnblick Ver., 1907, 15. Bd., S. 41/42. — ²²²⁾ A. a. O., Nr. 189. — ²²³⁾ V. d. geol. R.-A., 1911, S. 173 ff. — ²²⁴⁾ Beiträge zur Hydrographie Österreichs, VII, 1904. — ²²⁵⁾ 23. Jahresbericht d. k. k. Staatsoberrealschule Graz, 1895 u. 1897. — ²²⁶⁾ Atti Soc. Veneto-trentina, IV., H. 2, 1902. — ²²⁷⁾ Mitteil. d. Geogr. Ges. Wien, 1899, S. 326—327 und III. Jahresber. d. Kommunalgymn., Gmunden, 1899, S. 39—53. — ²²⁸⁾ Sbornik české společnosti zeměvědné XIV, 1908, S. 97—106, 131—144, 182—191, 209—222.

in den Salzkammergutseen (in einer tschechischen Arbeit), von M. Hoffer und H. Krauß²²⁹⁾ im Kärntner Klopeinersee und in einigen Nachbarseen, von A. Merz²³⁰⁾ in einigen hochgelegenen Seen der Niederen Tauern (insbesondere Rissach- und Sonntagskarsee). Nach diesem Verfasser ist das Wassertemperaturmaximum im September, das Temperaturminimum im Frühjahr anzutreffen, und zwar um so später, je höher der See liegt, weil die Eisbedeckung und die größere Dauer derselben auf die Temperatur von großem Einfluß ist. Die Tiefentemperatur ist bedingt durch die Temperatur der im Winter und Sommer untertauchenden Zuflüsse. Nähere Ergebnisse werden über die Frage der täglichen Schwankungen mitgeteilt. Das Temperaturmaximum wird in der Tiefe früher erreicht als an der Oberfläche, weil die in die Tiefe tauchenden Zuflüsse ihr Temperaturmaximum bald nach Mittag erreichen und die Erwärmung an der Oberfläche durch örtlichen Wind zurückgehalten wird. E. Brückner²³¹⁾ konstatierte, daß die Größe des Ausflusses eines Sees für die Oberflächentemperatur maßgebend wird, da der Ausfluß das im Sommer warme Oberflächenwasser abführt. Seen mit großem Abfluß sind kühl im Sommer und warm im Winter; Seen mit kleinem Abfluß haben dagegen eine viel größere Temperaturamplitude, sie zeigen einen kontinentalen Typus im Vergleich zu jenem, der als ozeanisch angesprochen werden könnte. Von Alpenseen werden bezüglich dieser thermischen Verhältnisse die folgenden erörtert: Wörther-, Wocheiner-, Veldes-, Millstätter-, Garda-, Hallstätter-, Zeller- und Bodensee. Im Gegensatz zu E. Brückner betont W. Halbfuß²³²⁾ den überwiegenden Einfluß der Seehöhe und der morphometrischen Verhältnisse auf die Wärmeschwankung der Alpenseen, während die verschiedene Größe des Ausflusses mit dem Einfluß der verschiedenen geographischen Breite und Durchflutung erst sekundär in Betracht komme. Selbstverständlich muß die Wärmeschwankung in einem See um so geringer sein, je größer die mittlere Tiefe des Sees ist, wie Halbfuß an der Hand zahlreicher Beispiele glaubwürdig macht. Eine sorgfältige Zusammenstellung über das gesamte Thema der Thermik der Alpenseen gab unter Mitteilung von einigen Messungsergebnissen in den Kärntnerseen F. Schnabl²³³⁾.

4. Dynamik.

Von den Studien über die dynamischen Erscheinungen können hier nur die Untersuchungen über Seiches angeführt werden, da über die

²²⁹⁾ Carinthia, II, 1909, S. 63—100. — ²³⁰⁾ Mitt. d. Geogr. Ges., Wien, 1909, S. 539—557. — ²³¹⁾ G. Z., 1909, XV, S. 305—315, und Urania 1909, II/6, S. 87, desgleichen C. Rendus d. IX. Int. Geogr. Congr., Genève 1910, S. 369/370, und Mém. d. kaiserl. russ. Geogr. Ges., 1911. — ²³²⁾ Zeitschrift f. Gewässerkunde, 1909, S. 281. — ²³³⁾ Jahresber. d. städt. Unterrealgymn., Korneuburg 1910/11.

anderen dynamischen Erscheinungen, wie Strömungen und Wellen bloß gelegentliche Bemerkungen zwischen die thermischen Untersuchungen von verschiedenen Verfassern eingestreut wurden, ohne daß sie systematisch erforscht wurden. E. Richter und K. Schuh²³⁴⁾ beschrieben die Seiches im Gmundener See, die zu etwa 60% der Beobachtungsstunden besonders bei großen Luftdruckdifferenzen in Erscheinung traten. Sie haben eine Periode von 12 Minuten, was K. Schuh a. a. O.²³⁵⁾ ausführte. Es ist der Gmundenersee der erste ostalpine See, auf welchem Seiches konstatiert wurden. Am Gardasee, und zwar in Riva, begann 1902 J. Valentin²³⁶⁾ mit Seichesbeobachtungen mittels des Sarasinschen Limnimeters, die bis 1904 fortgeführt wurden. A. Defant²³⁷⁾ verarbeitete das aufgezeichnete Material und fand Schwingungen von verschiedener Periodendauer. Die Hauptschwingung beträgt 43 Minuten. Es werden ein-, zwei-, drei- und vierknotige Seiches unterschieden. Der Autor hat zum erstenmal die Chrystalische Theorie auf diesen See mit seinen sehr komplizierten Schwingungen angewendet. Bemerkenswert ist, daß die Seiches nicht in der Hauptachse des Sees schwingen. Derselbe Verfasser hat auch in seiner Studie über die Berg- und Talwinde in Südtirol²³⁸⁾ die fast regelmäßigen Denivellationen des Spiegels des Gardasees durch die Wirkungen der „Ora“ erklärt, die um Mittag entsteht und vom Gebirge gegen die Ebene weht und daher das Wasser im Süden aufstaut; später am Nachmittag erfolgt die entgegengesetzte Bewegung. Sie ist im Sommer stark und tritt früher ein als im Winter, weshalb die Denivellationen im Sommer und Winter Verschiedenheiten zeigen.

A. Endrös hatte 1906²³⁹⁾ zur Erklärung der Seichesperiode des Mondsees eine größere Tiefe dieses Sees gefordert, als durch Simonys alte Messungen bekannt war (68·5 m Tiefe); das veranlaßte W. Halbfuß²⁴⁰⁾ zu Untersuchungen der Tiefen und der einknotigen Seiches des Mondsees, deren Periode er zu 17—18 Minuten bestimmte, während A. Endrös²⁴¹⁾ bloß den Wert von 15·4 Minuten erhielt, was er in den morphometrischen Verhältnissen, besonders in der Gestaltung des schmalen, spitz auslaufenden Ostendes begründet sah.

5. Eisverhältnisse.

Die Eisverhältnisse der Alpenseen sind von E. Richter (a. a. O.) und besonders von J. Müllner²⁴²⁾ erforscht worden; letzterer verarbeitete

²³⁴⁾ P. M., 1899, S. 41, und M. Geogr. Ges., Wien 1899, S. 162/3. — ²³⁵⁾ Globus, LXXV, 1899, S. 216. — ²³⁶⁾ Wiener Anzeiger d. Akad. d. Wiss., 1903, 2. April. — ²³⁷⁾ Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss., 1908, Bd. CXVII, II a. — ²³⁸⁾ Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss., 1909, Bd. 118, II a, S. 553—604, auch Met. Z., 1910, S. 161—168. — ²³⁹⁾ P. M., 1906, S. 252 f. — ²⁴⁰⁾ P. M., 1909, H. 12, S. 364 ff. (a. a. O.). — ²⁴¹⁾ P. M., 57. Bd., II, S. 205. — ²⁴²⁾ a. a. O., Nr. 160).

die verschiedenen Aufzeichnungen über die Vereisung von 40 österreichischen Alpenseen für die Zeit 1894/95—1900/01; für 37 Seen wird Dauer und Dicke der Eisdecke für diesen Zeitraum auf einer Tabelle angegeben. Bei der Öffnung nimmt bei Seen ohne deutlichen Zufluß das Eis zunächst mehr in der Vertikalen als in der Horizontalen ab, während bei Seen mit starkem Einfluß das Umgekehrte eintritt. Der Einfluß der geographischen Lage, der Seehöhe und auch des Seevolumens auf die Dauer der Eisperiode wird klar entwickelt. Die Dauer der Eisbedeckung schwankt bei den tiefer gelegenen Seen mehr als bei den hochgelegenen und bemerkenswert ist, daß sich der Unterschied zwischen kalten und warmen Wintern in bezug auf die Vereisung nur in der ersten Hälfte der geschlossenen Periode geltend macht. Notizen über das Zufrieren des Traunsees bringt Zehden²⁴³⁾. Eine Spezialstudie über das Eis des Lunzer Unter- und Obersees schrieb G. Göttinger²⁴⁴⁾, worin unter Hinweis auf den strukturellen Unterschied zwischen Wasser-eis (Kerneis) und Schneeeis namentlich die verschiedene, fast gesetzmäßige Entwicklung des Eisprofils in den beiden Seen [die Vereisung des Mittersees in einer anderen Schrift²⁴⁵⁾] erörtert wird. Dem Dickenwachstum des Eises wird durch die Schneedecke ein Ziel gesetzt, die ihrerseits wieder ein Aufpressen des Wassers durch die Spalten des Eises zur Folge hat. Das Wasser bildet einen Schnee- und Schlammbrei, der zu Schnee-Eis gefriert. Im Laufe des Winters erfolgen immer neue Angliederungen von Schnee-Eis nach oben hin, während das Kerneis eine Unterschmelzung erfährt, bis es ganz schwindet. Im Obersee wurden bis 1·8 m mächtige, aus verschiedenen Wasser- und Schneeschichten zusammengesetzte Eisprofile beobachtet. In den Anwachs- und Schwundstreifen des Eises vertragen sich mancherlei Gesetzmäßigkeiten. Wind, Zufluß und Sonne arbeiten an der Zerstörung des Eises.

Gruppe II. Seen der böhmischen Masse.

Die wichtigste einschlagende Arbeit ist die von P. Wagner²⁴⁶⁾ über die Seen des Böhmerwaldes; sie werden nur zum Teil durch glaziale Erosion entstanden erklärt, obwohl wir es mit typischen Karseen zu tun haben und doch gerade ihre vorwiegende (und auch notierte) Exposition nach N und E und ihre große Tiefe im Vergleich zum Areal mit ein Wink für ihre glaziale Entstehung wären. Aus den thermischen Untersuchungen seien besonders die über die Entwicklung der Sprungschicht, die oft in zwei zerfällt, und über die bereits beobachtete tägliche

²⁴³⁾ Gmundener Wochenblatt, 1895. — ²⁴⁴⁾ Int. Revue d. ges. Hydrobiol. und Hydrogr., 1909, S. 386—396. Auszug: M. Geogr. Ges., Wien 1909, S. 263—267. — ²⁴⁵⁾ A. a. O., Nr. 166). — ²⁴⁶⁾ Wissenschaftliche Veröffentlichungen d. Ver. f. Erdkunde, Leipzig, 1897.

Schwankung hervorgehoben; auch Angaben über die Eisverhältnisse und über die optischen Erscheinungen enthält die Arbeit; die Durchsichtigkeit der Seen ist gering, die Farbe charakteristisch blaugrün. Zum Zwecke von biologischen Untersuchungen machten A. Frič und V. Vávra²⁴⁷⁾ im Schwarzen- und Teufelssee bei Eisenstein im Böhmerwald Temperaturmessungen, wobei sich unter anderem zeigte, daß im Schwarzen See die Juni-Tiefentemperaturen höher sind als die Juli-Temperaturen. Von Frejlach²⁴⁸⁾ rührt eine bathymetrische Karte des Plöckensteinersees (1 : 1500) her, von E. Schnabel²⁴⁹⁾ eine Schilderung der Böhmerwaldseen (beides tschechisch). Spärlich sind die Nachrichten über die Seen des nördlichen Böhmen. Wir erwähnen hier nur B. Müllers²⁵⁰⁾ Studie über die Entstehung der Seebecken im Gebiete des oberen Polzentaies, welche er als natürliche Einbruchseen deutet. Einige sind durch Vulkangänge abgedämmt worden, die wenigsten künstlich. Die Seen werden unterirdisch gespeist, weshalb sie nur langsam verlanden. Der größte ist der Hirschberger Großteich, dessen Erforschung bekanntlich eine biologische Station dient.

Gruppe III. Seen des Karstgebietes.

Von den seenkundlichen Arbeiten im Karste ist die bedeutendste die Abhandlung von A. Gavazzi²⁵¹⁾ über die teils beständigen, teils periodischen Seen des Karstes von Krain bis zur montenegrischen Grenze. Wichtig sind die Daten über die Schwankungen der periodischen Seen, welche (anders als bei A. Grund) auf das Verstopfen der Ponore zurückgeführt werden. Die Speisung erfolgt durch Speilöcher oder auch durch Estavellen, wie sie z. B. der Zirknitzersee besitzt, über dessen Schwankungen besonders reiche Daten zusammengetragen sind. Besonders häufig ist unter den Karstseen der Typus der Dolinenseen. Die zahlreichen Lotungen sind zu schönen Tiefenkarten verwertet.

Auf die Tatsache, daß der Boden verschiedener Seebecken im Karst unter dem Meeresspiegel liegt, hat schon vorher J. Cvijić²⁵²⁾ hingewiesen; er nennt solche Seebecken, deren vornehmlichstes Beispiel der Skutarisee ist, Kryptodepressionen. Freilich wird der Begriff der Kryptodepressionen weit gefaßt, indem auch der Gardasee, dessen Boden unter den Meeresspiegel hinunterreicht, zu solchen gerechnet wird. Im Karst sind die Kryptodepressionen teils Dolinen-, teils Poljenseen, beide bedingt durch die jugendliche Senkung der Adriaküste. Der größte ist

²⁴⁷⁾ Archiv d. Naturwissenschaftlichen Landesdurchforschung von Böhmen, X, Nr. 3, 1897. — ²⁴⁸⁾ Vešt. česk. akad., Prag, 1898, Nr. 7. — ²⁴⁹⁾ Časopis turistů, Prag, 1904, 16. Bd., S. 219—223, 260—270, 205—300, 329—337. — ²⁵⁰⁾ Int. Revue der ges. Hydrobiol. und Hydrogr., Hydrogr. Suppl. II. Serie, Heft 1, 1912. — ²⁵¹⁾ Abh. d. Geogr. Ges., Wien, V, 1903/4, Nr. 2. — ²⁵²⁾ La Géographie 1902, V, S. 247—254.

nach A. Gavazzi²⁵³) der 84 m tiefe Vranasee auf Cherso, der überhaupt als der tiefste Karstsee gilt. A. Gavazzi²⁵⁴) stellt als Vorarbeit zu seiner größeren späteren Arbeit Areal und Tiefen einiger Karstseen mit Angaben über die Wasserstandsschwankungen und über den Chemismus (Salzgehalt) zusammen. Der bekannte Höhlenforscher G. A. Perko²⁵⁵) beschreibt den Wildensee in Krain als Dolinensee und bringt eine kleine „speläographische Skizze“ über den Zirknitzersee²⁵⁶). Mit dem gleichen See beschäftigten sich kurz: J. Žirovnik²⁵⁷), W. Putick²⁵⁸) sowie J. Stoiser²⁵⁹), der alte Wasserstandsschwankungen des Sees notiert. Über die Wasserzirkulation im Gebiet des Zirknitzersees und des Poljes von Planina berichtet L. Eylardi²⁶⁰). Verschiedene Notizen über den in Istrien gelegenen Čepičsee finden wir in N. Krebs' schöner Monographie über Istrien²⁶¹) und in einer Studie von V. Largaiolli²⁶²). Über den Vranasee berichten L. Waagen²⁶³), der sich der Ansicht von v. Lorenz anschließt, daß das Infiltrationsgebiet im Velebit liegt, und A. Gavazzi²⁶⁴), der speziell Sprungschichtuntersuchungen anstellte (kroatisch).

²⁵³) A. a. O. — ²⁵⁴) M. Geogr. Ges. Wien, 1898, XLI, S. 315 und Riv. Geogr. Ital. 1898, S. 216. — ²⁵⁵) Spelunca, III, 1897. — ²⁵⁶) Prometheus, Berlin 1908, S. 625—630, 643—647, 664—767. — ²⁵⁷) Beilage zur „Slovenska Matica“, Laibach 1898. — ²⁵⁸) Festschrift d. Deutschen Oberrealschule, Brünn 1902. — ²⁵⁹) 32. Jahresbericht d. Staatsoberrealschule, Graz, 1904. — ²⁶⁰) „Poik, Unz, Laibach“. Progr. Gymn. Prag, Neustadt 1912. — ²⁶¹) Pencks G. Abh., IX/2, 1907. — ²⁶²) Progr. del Ginnasio Reale, Pisino, Parenzo 1904. — ²⁶³) Verh. Geol. R.-A., 1904, S. 250—252. — ²⁶⁴) Rad. d. Akad. d. Wiss. Agram 1902, 151. Bd., S. 18—27.