



WILEY

Zur Vereisung der Seen der Ostalpen

Author(s): Johann Müllner

Source: *Geografiska Annaler*, Vol. 6 (1924), pp. 131-179

Published by: Wiley on behalf of Swedish Society for Anthropology and Geography

Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/519617>

Accessed: 20-03-2017 14:19 UTC

JSTOR is a not-for-profit service that helps scholars, researchers, and students discover, use, and build upon a wide range of content in a trusted digital archive. We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms of scholarship. For more information about JSTOR, please contact support@jstor.org.

Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use, available at <http://about.jstor.org/terms>



Swedish Society for Anthropology and Geography, Wiley are collaborating with JSTOR to digitize, preserve and extend access to *Geografiska Annaler*

ZUR VEREISUNG DER SEEN DER OSTALPEN

VON DR. JOHANN MÜLLNER, INNSBRUCK.

Seit dem Erscheinen meiner Untersuchung der Vereisung der österreichischen Alpenseen in den Wintern 1894/5 bis 1900/1¹ hat sich ein nicht unbeträchtlicher Beobachtungsstoff angesammelt. Er erweitert den Zeitraum, für den entsprechende Werte vorliegen, auf rund 20 Jahre und lässt es nicht aussichtslos erscheinen, den Problemen der Seenforschung, die ich dort berührte, neuerdings näher zu treten. Die Angaben über die Vorkommnisse während der Eisperiode finden sich zum Teile im Jahrbuche des hydrographischen Zentralbüros, zum Teile in dessen „Wochenberichten über die Schneebeobachtungen im österreichischen Rhein-, Oder- und Adriagebiete“.² Die Werte des Jahrbuches standen mir nur bis zum Jahre 1915,³ die der Wochenberichte und Schneekarten bis zum Winter 1918/19 zu Gebote. In die Originalaufzeichnungen der Beobachter Einsicht zu nehmen, war ich diesmal nicht in der Lage. Im grossen und ganzen scheint deren Interesse an den Fragen der Vereisung geringer geworden zu sein.⁴ Die Angaben haben sich nicht nur quantitativ verringert, sie weisen häufig auch Lücken auf und lassen nicht selten die erforderliche Genauigkeit vermissen. Insbesondere dürfte der Ausdruck „Eisdecke“ nicht einheitlich gebraucht worden sein, da sich manchmal neben ihm auch die Bezeichnung „teilweise Eisdecke“ findet und andererseits die Bezeichnung Eisdecke ohne Beschränkung auch dort vorkommt, wo es sich offensichtlich nur um eine teilweise Schliessung des Sees handelt.

Die Forschung auf dem Gebiete der Vereisung der Seen hat sich inzwischen nach zwei Richtungen hin bewegt.⁵ Das Ziel der einen ist die Kenntnis der physikalischen Beschaffenheit und der morphologischen Wandlungen oder, wie

¹ Pencks Geogr. Abhandlungen VII, 2, Leipzig 1903.

² Vom Winter 1918/19 ab führen diese den Titel „Ergebnisse der Schneebeobachtungen“.

³ Vom Jahre 1914 an beschränken sich die Angaben des Jahrbuches auf das Gebiet der Republik Österreich, sodass Etsch- und Savegebiet aus dem Rahmen der Beobachtungen ausscheiden.

⁴ In den „Ergebnissen“ vom Winter 1918/19 erscheint die bisher übliche Tabelle über die „Seeisverhältnisse“ nicht mehr. Das Originalbeobachtungsmaterial über die an Italien abgetretenen Gebiete Tirols musste an das Governato in Trient abgegeben werden.

⁵ Vgl. auch Halbfass W., Der gegenwärtige Stand der Seenforschung. III. Die Thermik der Seen. Fortschritte der naturw. Forschung IX, 1913 S. A. S. 51 ff.

sie E. Cholnoky¹ bezeichnet, der Lebenserscheinungen des Eises, das der anderen der Nachweis des Einflusses der geographischen Lage und der meteorologischen Faktoren auf den Gang der Vereisung. In ersterem Belange hat E. Cholnoky ein Musterbeispiel gegeben, das bald darauf durch G. Götzinger² eine wertvolle Ergänzung gefunden hat. Hält zwar dieser³ Beobachtungen über die Eisstruktur in den Alpenseen, systematische Studien der Detailformen des Kerneises sowie der Veränderungen des Eisprofils für sehr wünschenswert, so hat er doch selbst durch seine mühsamen und genauen Untersuchungen auf dem in Frage stehenden Gebiete bereits soviel Grundlegendes geschaffen, dass wesentlich neue Anschauungen kaum mehr erzielt werden dürften.

Anders liegt die Sache bei der Verfolgung des zweiten Problems, das wir am besten nach den bereits hervorgehobenen zwei Gesichtspunkten betrachten, obwohl der Einfluss der geographischen Lage nur eine Anwendung der im Einzelsee festgestellten Beziehungen zwischen den klimatischen Faktoren und dem Gange der Vereisung auf räumlich entfernte Seeindividuen darstellt. Mit der Wirkung der meteorologischen Faktoren hat sich gleichfalls E. Cholnoky in eingehender Weise befasst. Er fand,⁴ dass die Stärke des Eises während des ganzen Winters in strengster Beziehung zu dem Gange der Wärme der Luft stehe, dass aber dieser Zusammenhang so verwickelt sei, dass ein einfacher Vergleich der Graphikons der Temperatur und des Eiswachstums, wie ich ihn in meiner eingangs erwähnten Arbeit anstellte, zu keinem Ergebnisse führen könne. Er erblickt vielmehr in der Figur der täglichen Mitteltemperaturen in gewissem Sinne die Differentiallinie der Eisstärke und gewinnt aus den beiden Gleichungen $y = f(x)$ für die Temperatur und $\eta = \varphi(\xi)$ für die Eisstärke, als Funktionen der Zeit ausgedrückt, die Erkenntnis, dass die Integrallinie die getreue Abbildung der Figur der Eisstärke sei, sofern diese nicht in besonderem Masse vom Winde, dem auf dem Eise lagernden Schnee und der Klarheit des Himmels beeinflusst würde. In welcher Weise die Temperatur des Seewassers an dem Aufbau und an der Zerstörung der Eisdecke beteiligt ist, wurde von Cholnoky nicht näher untersucht. E. M. Wedderburn⁵ fand, dass der Einfluss des Windes bei der Vereisung eine grosse Rolle spiele. Er stellt ihn höher als die Wirkung der

¹ Resultate der wissenschaftlichen Untersuchungen des Balaton. I. Bd., 5. Teil, 4. Sektion. Das Eis des Balatonsees. Wien 1909.

² Studien über das Eis des Lunzer Unter- und Obersees. 5. Beitrag aus der biologischen Station Lunz. Intern. Revue d. Ges. Hydrobiologie u. Hydrographie Bd. II. 1909, sowie Die Eisverhältnisse der Lunzer Seen. Ebda 1917.

³ Einige neuere Aufgaben der Alpenseeforschung. Bibl. geogr. Handbücher, Festband A. Penck. 1918, S. 272.

⁴ a. a. O. S. 31.

⁵ The freezing of freshwater lakes. Journ. of the Scottish meteor. Society Third Series. Vol. XIV. 1908, S. 219 ff.

Leitung und der Strömung. Im übrigen bestätigt er die bereits bekannte Tatsache, dass bei ruhigem windstillen Wetter die Vereisung raschere Fortschritte macht, als wenn das Wasser durch Winde erregt wird. Im besonderen weist er auf die sogenannten Ölflecke¹ hin, die der Bildung einer Eisdecke deswegen so besonders günstig seien, weil in ihnen starke Oberflächenspannung herrsche und das Wasser daher vom Winde nicht leicht gekräuselt werden könne.² Die von ihm vorgenommenen Messungen der Wasserwärme in der Nachbarschaft und unter dem Eise scheinen mir nur relativen Wert zu besitzen, da sie in einem nur teilweise vom Eise bedeckten Wasserkörper vorgenommen wurden und naturgemäß nicht jenes Bild zeigen können, das unter einem geschlossenen Eispanzer besteht. Im Hinblick auf die Schwierigkeit der Temperaturmessungen im Wasser innerhalb der Eisperiode³ wäre eine Mitteilung über die Art, in der das Thermometer für diesen Zweck vorbereitet worden war,⁴ erwünscht gewesen. A. Merz⁵ vermochte eine Beeinflussung der Wassertemperatur durch Kerneis festzustellen, das durch auflastende Schneemassen in das Seewasser hineingepresst wird. Er kam zu dem Ergebnisse, dass der jährliche Temperaturgang der oberflächlichen Schichten eine Funktion der Dauer der Eisdecke sei. Die Unzulänglichkeit der bisherigen Messungen der Oberflächentemperatur veranlassten ihn, ein neues Messungsverfahren mittels eines Präzisionsthermometers in Anwendung zu bringen.⁶ Die von ihm mitgeteilte Beobachtung im Sakrowsee⁷ betrifft aber gleichfalls eine nur teilweise vereiste Seefläche, so dass auch sie nur beschränkten Wert in Anspruch nehmen kann. Immerhin ist beachtenswert, dass er unmittelbar unter dem Eise eine Wasserwärme von 0,6° fand. Er führt sie auf Einstrahlung von Wärme durch das Eis hindurch zurück und bestätigt dadurch meine Anschauung.⁸ Zu dem, was ich seinerzeit⁹ über die Fehlerquellen, welche Messungen der Oberflächentemperatur in sich schliessen, bemerkte, möchte ich ergänzend hinzufügen,

¹ Vgl. Forel, F. A., Handbuch der Seenkunde S. 72.

² Vgl. die übereinstimmende Beobachtung G. Goetzingers (Die Eisverhältnisse der Lunzer Seen. A. a. O. S. 17. Anm. 1.). — W. Halbfass (Der gegenwärtige Stand der Seenforschung a. a. O. S. 54) findet in diesen Beobachtungen Wedderburns eine Bestätigung seiner Ansicht über die Ölflecke, die er in der Arbeit über die Pommerschen Seen (Beiträge zur Kenntnis der Pommerschen Seen. Petermanns Ergänzungshefte. No. 136. S. 82) aussprach.

³ W. Halbfass, Beiträge (wie vorher) S. 63 hält „das interessante Problem“ der Messung der Vereisungswärme des Wassers durch K. Schuh „endgültig gelöst“. Ich glaube (Die Vereisung d. österr. Alpenseen, a. a. O. S. 12) gezeigt zu haben, dass dies nicht der Fall ist.

⁴ a. a. O. S. 222.

⁵ Seestudien in den niederen Tauern. Mitt. d. geogr. Ges. Wien 1909, S. 545.

⁶ Die Oberflächentemperatur der Gewässer. Veröffentlichungen d. Inst. f. Meereskunde Berlin, Neue Folge. Geogr. naturw. Reihe H. 5. S. 22 ff.

⁷ Ebenda S. 39.

⁸ Die Vereisung d. österr. Alpenseen. a. a. O. S. 16.

⁹ Ebenda S. 4.

8 a *Geografiska Annaler* 1924.

dass Versuche, die ich im Gegenstande anstellte, meiner Auffassung eine Stütze zu bieten scheinen.

Ich benützte ein ungefähr zehn Zentimeter weites zylindrisches Gefäß, füllte es mit Wasser und untersuchte mit Hilfe eines Fünftelgradthermometers von H. Kapeller in Wien das Verhältnis zwischen Luft- und Wasserwärme im Bereiche des Grenzgebietes beider. Das Quecksilbergefäß hatte eine Länge von 24 mm und einen Durchmesser von 5 mm.

Zunächst wurde die Temperatur der Luft in ungefähr 1 m Entfernung von der Wasseroberfläche bestimmt, sodann die untere Kappe des Quecksilbergefäßes dieser bis auf 1 cm genähert und in diesem Abstände die Luftwärme neuerdings gemessen. Die dritte Temperaturablesung erfolgte in dem Zeitpunkte, in dem das Gefäß gerade das Wasserhäutchen berührte, die vierte nach dessen Durchstossung, sobald das Quecksilbergefäß zur Hälfte in das Wasser eingetaucht war, die fünfte, wann das obere Ende dieses Gefäßes mit der Wasseroberfläche zusammenfiel. In nachstehender Tabelle sind die Ergebnisse einiger dieser Messungen zusammengestellt.

Messung.....	I	II	III	IV	V	VI	VII
1. Allgemeine Luftwärme	− 2.6°	+ 11.2°	− 1.8°	+ 12.0°	+ 14.0°	+ 14.6°	+ 13.4°
2. Luftwärme 1 cm über der Wasseroberfläche	− 2.0°	+ 8.0°	+ 2.0°	+ 9.6°	+ 12.2°	+ 13.4°	+ 13.3°
3. Luftwärme bei Berührung des Wasserhäutchens	0°	+ 2.2°	+ 4.0°	+ 8.0°	+ 10.2°	+ 11.4°	+ 12.2°
4. Wasserwärme bei zur Hälfte eingetauchtem Gefäße	+ 0°	—	+ 4.6°	+ 6.6°	+ 8.4°	+ 9.0°	+ 9.8°
5. Wasserwärme bei gänzlich eingetauchtem Gefäße	0°	+ 0.2°	+ 5.0°	+ 6.0°	+ 7.6°	+ 8.2°	+ 9.2°
6. Wasserwärme bei Abstand der unteren Gefäß-Kappe vom Wasserhäutchen 5 cm						+ 7.8°	+ 8.5°
7. Wasserwärme bei Abstand der unteren Gefäß-Kappe vom Wasserhäutchen 7 cm						+ 7.6°	+ 8.3°
8. Wasserwärme bei Abstand der unteren Gefäß-Kappe vom Wasserhäutchen 10 cm						+ 7.6°	+ 8.1°
Unterschied zwischen 1 und 2 ...	− 0.6°	+ 3.2°	− 3.8°	+ 2.4°	+ 1.8°	+ 1.2°	+ 0.1°
„ „ 2 „ 3 ...	− 2.0°	+ 5.8°	− 2.0°	+ 1.6°	+ 2.0°	+ 2.0°	+ 1.1°
„ „ 3 „ 4 ...	0°	—	− 0.6°	+ 1.4°	+ 1.8°	+ 2.4°	+ 2.4°
„ „ 4 „ 5 ...	0°	—	− 0.4°	+ 0.6°	+ 0.8°	+ 0.8°	+ 0.6°

Aus ihnen geht vor allem die Tatsache hervor, dass die Wärme der Luftschichte, welche mit der Oberfläche des Wassers in unmittelbarer Berührung steht, von dieser sehr stark beeinflusst wird und niedriger ist als die allgemeine

Luftwärme, wenn die Wasserwärme kleiner ist als diese, dagegen höher, wenn letztere grösser ist als jene. Sehr deutlich tritt ferner die Bedeutung des Wasserhäutchens und der Länge des Quecksilbergefässes zutage. Das Häutchen ist eine förmliche Scheidewand zwischen dem Wärmezustande der Luft und des Wassers. Die Unterschiede zwischen 3 und 4 lassen aber auch erkennen, wie ungemein schwierig es ist, die Temperatur der mathematischen Oberfläche des Wassers zu bestimmen. Besonders lehrreich dürfte in dieser Hinsicht Messung II sein. Auf dem Wasser hatte sich eine 0.5 cm dicke Eisplatte gebildet. Das Gefäss wurde in eine Zimmertemperatur von 11.2° gebracht. 1 cm über dem Eise konnten nur mehr 8° festgestellt werden. Bald bildete sich auf der Eisdecke eine dünne Schichte Schmelzwassers. Als ich das Thermometer derart stellte, dass die untere Kappe des Quecksilberbehälters die Eisplatte berührte, zeigte es $+2.2^{\circ}$ C. Ich durchstiess dann diese und fand bei ganz eingetauchtem Behälter $+0.2^{\circ}$ C, aber nicht, wie ich erwarte hatte: 0° .¹ Diese Temperatur konnte ich lediglich bei der Messung I beobachten, die in einem durchwegs von Eiskristallen erfüllten Wasser angestellt wurde. Diese Messung erscheint übrigens auch aus dem Grunde beachtenswert, weil sie den Einfluss der Eisdecke auf die unmittelbar mit ihr in Berührung stehende Luftschichte klar erkennen lässt. Während 1 cm über dem Eise noch -2.0° C abgelesen wurden, sank das Quecksilber in dem Augenblicke auf 0° , in dem es die Eisplatte berührte.

Ich bin mir dessen vollkommen bewusst, dass auch meinen Messungen Fehler anhaften, und möchte daher aus ihnen nicht mehr ableiten, als was sich ihnen mit einer gewissen Sicherheit entnehmen lässt. Sie scheinen mir Hinweise darauf zu geben, dass der Schlüssel für die Beantwortung der Frage, wann ein See gefriert, in erster Linie in dem Wasserhäutchen gesucht werden muss, und dass der Einfluss aller über ihm liegenden Gefrierfaktoren auf die Wassermenge unter ihm davon abhängt, ob und in welchem Masse die in ihm herrschende Oberflächenspannung die Wechselbeziehungen zwischen Luft und Wasser begünstigt. Im übrigen verweise ich auf den schon hervorgehobenen² Umstand, dass das Wasserhäutchen im Zustande einer Temperatur von 0° unter der Voraussetzung, dass auch die unmittelbar anlagernde Luftschichte diese Temperatur zeigt, noch längere Zeit verharren kann, ohne zu gefrieren, da es noch 80 Kalorien abzugeben imstande ist. Mein Versuch hat bestätigt, dass die unmittelbar unter dem Eise befindliche Wasserschichte eine Wärme von etwas über 0° besitzt, weil sie sozusagen durch Leitung von der freiwerdenden Wärme der Nullgradschichte zehrt. Daraus erklärt sich: 1. die Beförderung der Eisbildung durch Ölflecken und

¹ Vgl. hiezu auch, was G. Göttinger über die Temperatur des Wassers unter einer 1 cm dicken Eiskruste bemerkt. (Studien über das Eis des Lunzer Unter- u. Obersees. A. a. O. S. 388, Anm. 1.

² Die Vereisung a. a. O. S. 12.

absolute Ruhe des Seespiegels überhaupt, 2. die Raschheit, mit der sich die Spannung der Eisdecke mitunter vollzieht. Beides steht in einem ursächlichen Zusammenhange: 1 ist eine unumgänglich notwendige Voraussetzung für 2. Herrscht keine derartige Oberflächenspannung, dass sich eine kontinuierliche Isolierschichte über die ganze Wasserfläche breitet, dann kann sich auch die allmähliche Abgabe der 80 Kalorien nicht in ruhiger und vor allem ununterbrochener Weise vollziehen. Flächen ungestörter Oberflächenspannung vereisen daher; neben ihnen bleibt das Wasser offen, weil es durch Mischung mit Wasser aus grösserer Tiefe stets über 0° erwärmt wird.

Wedderburns Messungen bezeugen dies. Im eisfreien Wasser fand er $+ 1,1^{\circ} \text{C}$: dieselbe Temperatur, die unter dem Eise in 15 cm Tiefe herrschte. Das plötzliche Gefrieren, namentlich während vollkommen windstiller Nächte erscheint nach dem Gesagten als etwas durchaus Natürliches. Es ist eben nichts Primäres, sondern bereits eine sekundäre Erscheinung. Mag auch die Luftwärme lange schon auf einen Grad gesunken sein, der das Offenbleiben des Sees als etwas Absonderliches erscheinen lässt, fehlen aber die Voraussetzungen für die Funktion des Wasserhäutchens, so gefriert das Wasser nicht, weil der Wärmeverrat, den es unter allen Umständen besitzt, den Verlust an Kalorien in der Oberflächenschichte fortwährend wettmacht.

Was Wedderburn hinsichtlich der Wirkung des Windes auf eine bis zum Dichtemaximum abgekühlte Wassermasse sagt,¹ macht diese Erscheinung erklärlich. Andererseits ist aber auch bei der erforderlichen Oberflächenspannung noch eine gewisse Zeit nötig, bis die 80 Kalorien im Wasserhäutchen verbraucht sind. An ihrer Aufzehrung ist die Luft um so stärker beteiligt, je rascher ihre eigene Temperatur sich erniedrigt. Gerade heitere ruhige Winternächte, in denen die Abnahme der Luftwärme infolge Wärmeausstrahlung eine bedeutende ist, begünstigen diese Konsumption. Die Vereisung tritt in dem Augenblicke automatisch ein,² in dem diese vollzogen ist.

Hinsichtlich der Oberflächentemperaturen während der Eisperiode liefern unsere Quellen kein brauchbares Material. Versuchen wir beispielsweise für den Winter 1912/13 den Gang dieser Temperaturen auf Grund der Angaben des hydrographischen Jahrbuches graphisch darzustellen, so erhalten wir ein buntes, keinerlei gemeinsame Züge verratendes Bild. Dies dürfte ein Beweis dafür sein, dass den Beobachtungen Fehler anhaften, die bis zu einem gewissen Grade in gleichen Ursachen gesucht werden müssen, die zum Teile gewiss aber auch individueller

¹ a. a. O. S. 219. Vgl. auch F. M. Exner, Über eigentümliche Temperaturschwankungen von eintägiger Periode im Wolfgangsee. Sitzungsber. d. Ak. W. Wien, math. naturw. Kl. CXVII, Abs. II a, 1908, S. 17 ff.

² Vgl. auch E. Richter, Die Temperaturverhältnisse der Alpenseen. Vhdlgn. d. IX. deutsch. Geogr. Tages 1891, S. 196.

Art sind. Phasen des Vereisungsvorganges erscheinen im Achensee von einer Wasserwärme von 4° , im St. Wolfgangsee von 3.6° , im Millstättersee von 3.2° , im Hallstättersee von 2.5° , im Veldesensee von 2.3° , im Fuchlsee von 0.8° , im Weissensee von 0.2° und im Ossiachersee von 0° begleitet. Dass es sich hierbei um Wasser neben dem Eise handelt, das von unten her Wärme empfangt, und um Wasser, das durch die bei der Messung verursachte Störung der isothermen Gleichgewichtslagerung mit dem tieferen Schichten gemischt wurde, liegt auf der Hand. Hiezu kommt, dass die Oberflächenwärme eines Sees nicht an allen Stellen die gleiche ist und im Vereisungsstadium die Wasserwärme bald von den gefrorenen Ufern nach der pelagischen Zone hin,¹ bald von dieser gegen jene hin zunimmt, sobald etwa Ölflecken eine Vereisung von der Mitte des Sees aus begünstigen.² Wärmemessungen an einer Stelle besitzen infolgedessen in diesem Stadium der Eisperiode nur einen relativen Wert.

Mit dem Einflusse der geographischen Lage auf die Vereisung im allgemeinen und die Vereisungsdauer im besonderen befasste sich H. Herpich in seiner Arbeit über die Eisverhältnisse in den südbayerischen Seen.³ Er bringt Kurven gleichen Vereisungsbeginnes, gleicher Tauzeiten und gleicher Vereisungsdauer. Seine Vorbilder sind Hildebrandsson,⁴ Cronvall,⁵ Rundlund,⁶ Rijkatschew⁷ und Holmsen,⁸ von denen Rijkatschew diesen Kurven die Namen Isopektiken, Isotaken und Isopagen gab. Die Untersuchungen der drei erstgenannten Forscher über die Vereisung der schwedischen Seen fanden vor kurzem eine Fortsetzung durch J. V. Eriksson,⁹ so dass dank dieser und A. Holmsens Arbeit die skandinavische Halbinsel in Bezug auf die Eisverhältnisse der Seen wohl als das am besten erörterte Gebiet gelten kann. Wie Holmsen für Norwegen eine Karte entwarf, in der die Orte gleicher Tauzeit durch Kurven verbunden sind, bringt

¹ W. Halbfass, Beiträge zur Kenntnis usw., a. a. O. S. 62, fand z. B. bei einer Lufttemperatur von -12° eine Oberflächenwärme von $+0.8^{\circ}$ am eisbedeckten Ufer; sie zeigte gegen die tiefe Mitte des Sees hin alle Zwischenstufen bis $+3.8^{\circ}$.

² Vgl. W. Halbfass, Der gegenwärtige Stand usw. A. a. O. S. 54. Vgl. auch A. Merz, Die Oberflächentemperatur, a. a. O. S. 39.

³ Münchener Geogr. Studien, hrg. von S. Günther, 26. St. München 1911.

⁴ Isförhållandena i Sverige vintern 1870—71. Upsala Univ. Årsskrift 1872.

⁵ Isförhållandena i Sverige vintrarna 1871/2 och 1872/3. Ak. Avh. Upsala 1875.

⁶ H. Hildebrandsson u. C. A. Rundlund, Prise et débâcle des lacs en Suède automne 1871—printemps 1877. Nova Acta Reg. Soc. Sc. Upsala, Ser. III. 1879.

⁷ Über den Auf- u. Zugang der Gewässer des russischen Reiches. St. Petersburg 1887. Vgl. auch Cartes de la congélation et de la débâcle des fleuves et de la durée de la couche de glace. Petersburg 1900. Atlas climat, de l'Empire de Russie.

⁸ Isforholdene ved de norske indsjøer. Christiania 1902.

⁹ Isläggning och islossning i Sveriges insjöar. Forhandlingar ved de Skandinaviske Naturforskernes 16. Møte i Kristiania 1916. Krist. 1918 und Isläggning och islossning i Sveriges insjöar. Meddelanden från statens meteorologisk hydrogr. Anst. Bd. 1, No. 2. Upsala 1920.

Eriksson Karten mit Isochronen der vorerwähnten drei Phasen der Eisperiode. Während diese weiträumigen Arbeiten zum Teile die Abhängigkeit der Vereisungserscheinungen von der geographischen Breitenlage der Gewässer, zum Teil von der Höhenlage und dem klimatischen Einflusse des Meeres nachzuweisen vermochten, konnte Herpich nur zwei Tatsachen als Ergebnis seiner Untersuchung hinstellen: die Verzögerung des Eisbeginnes mit zunehmender Entfernung vom Gebirge und eine grosse Ähnlichkeit der Kurven gleichen Vereisungsbeginnes und gleicher Vereisungsdauer mit den Linien gleicher Schneehöhen. Je kleiner das untersuchte Gebiet ist, desto mehr tritt eben, wie Herpich am Schlusse seiner Arbeit mit Recht hervorhebt, jeder See als „Individuum eigener Art“ auf, dessen Besonderheiten klar zutage liegen müssen, will man die Wechselwirkung der die Eisperiode bedingenden Faktoren innerhalb des Sees selbst und weiterhin deren Abhängigkeit von allgemeingeographischen Momenten richtig würdigen. Hiezu ist vor allem ein quantitativ und qualitativ einwandfreies Beobachtungsmaterial notwendig. Den Mangel eines solchen hat Herpich¹ lebhaft empfunden.

Was ich im folgenden biete, kann nur als ein Beitrag zur Frage des Einflusses der geographischen Lage auf den Vereisungsprozess gelten, der durch den Beobachtungsstoff und die Eigenart der Seengebiete begrenzt ist. Zunächst gebe ich in Fortsetzung der bis zum Winter 1900/01 bereits dargestellten Geschichte der Eisperioden in den österreichischen Alpenseen eine tabellarische Übersicht über die Vereisungsphasen in den Wintern bis 1914/15, einigemal auch etwas darüber hinaus. Da ich dem Gange der Vereisung schon seinerzeit eine ausführliche Erörterung gewidmet habe, gruppriere ich die Seen diesmal nach dem Gesichtspunkte der geographischen Verbreitung. Anmerkungsweise sind die wichtigsten Erläuterungen beigelegt.

¹ a. a. O. S. 4, 5 u. 89.

Tabelle 1. Die Hauptphasen der Eisperiode.¹

Name des Sees	Winter	Beginn der Vereisung	Völlige Schliessung des Sees	Teilweises Schwinden der Eisdecke	Gänzlich Schwinden der Eisdecke	Maximum der Eisdicke in cm	Dauer der Eisperiode in Tagen	Dauer der völligen Schliessung in Tagen
I. Die Seen der niederöstr. steir. Alpen.								
1. Erlautsee.	1900/1	23. XII.	2. I.	24. III.	10. IV.	40	108	81
	1902/3	7. XII.	17. I.	—	—	20 [?] 26. II.	—	—
	1903/4	17. XII.	21. XII.	—	—	—	—	—
2. Lunzer Untersee. ²	1900/1	—	—	—	—	17	—	—
	1902/3	—	7. XII.	—	—	—	—	—
	1905/6	Anfg. XII.	15. XII.	10. III.	9. IV.	19 22. I.	(130) ³	85
	1906/7	16. XII.	22. XII.	2. III.	14. IV.	18 29. XII.	119 ⁴	70
	1907/8	Anfg. XII.	4. I.	21. III.	13. IV.	27 15. II.	(135) ⁵	77
	1908/9	6. XII.	20. XII.	31. III.	14. IV.	35 30. I.	129 ⁶	101
	1909/10	Anfg. XII.	9. I.	26. II.	19. IV.	(24) 29. I.	(140) ⁷	48
	1910/11	22. XII.	4. I.	22. II.	28. III.	28 25. I.	96 ⁸	49
	1911/12	? XII.	12. I.	26. II.	6. III.	24 3. II.	90 ⁹	45
	1912/13	5. XII.	16. I.	14. III.	25. III.	18 8. II.	110 ¹⁰	57
	1913/14	Anfg. XII	12. I.	—	17. III. [?]	48 Mitte II.	107 [?]	—
	1914/15	—	20. I.	22. I.	—	—	—	2
1915/16	20. XII. [?]	—	—	—	—	—	—	
3. Lunzer Mittersee. ²	1905/6	—	—	21. II.	1. III.	—	—	—
	1906/7	16. XI.	3 Maxima der Eisbildung Ende XII. Ende I. Ende III.	—	18. III.	—	122	—
	1907/8	15. XI.	5—6 Maxima der Eisbildung	—	4. III.	—	110	—
	1908/9	21. X	5 Maxima der Eisbildung	—	27. III.	—	157	—
4. Lunzer Obersee. ²	1905/6	—	—	—	15. V.	120 25. III.	—	—
	1906/7	6. XI.	5. XII.	—	Ende V.	180 6. III.	206 ¹¹	—
	1907/8	Anfg. XI.	16. XI.	—	16. V.	63 1. II.	(198) ¹²	—
	1908/9	24. X.	8. XI.	—	25. V.	135 7. IV.	213 ¹³	—
	1909/10	10. XI.	17. XI.	—	—	—	—	—
5. Leopoldsteinersee.	1900/1	—	3. I.	28. II.	31. III.	30	87 [?]	56
	1911/12	—	30. I.	—	—	20 27. I.	—	—
	1912/13	—	12. I.	—	—	—	—	—
	1913/14	—	6. I.	—	6. III.	13 [?]	—	—
	1914/15	29. I.	5. II.	—	16. III.	3 [?]	46	—
	1915/16	angeblich keine Schliessung		—	—	—	—	—

Name des Sees	Winter	Beginn der Vereisung	Völlige Schliessung des Sees	Teilweises Schwinden der Eisdecke	Gänzlich Schwinden der Eisdecke	Maximum der Eisdicke in cm	Dauer der Eisperiode in Tagen	Dauer der völligen Schliessung in Tagen
II. Die Seen des Salzkammergutes und ihre westlichen Nachbarn.								
1. Toplitzsee.	1907/8	—	24. XII.	—	—	—	—	—
2. Grundlsee.	1901/2	21. II ?	—	—	—	—	—	—
	1903/4	5. I. ?	—	—	27. III. ?	—	82 ?	—
	1905/6	—	24. I.	9. IV.	—	—	100 ?	75
	1906/7	25. XII.	22. I.	14. IV.	22. IV. ¹⁶	—	118	82
	1907/8	1. I.	1. II.	8. II.	14. IV.	—	103	36
	1908/9	31. XII.	10. I.	26. III.	13. IV.	—	103	75
	1909/10	1. I. ¹⁶	13. II.	18. III.	19. III. ?	—	77 ?	33
	1910/11	6. I.	10. I.	27. III.	28. III.	—	81	76
	1911/12	16. I.	23. I.	2. III.	6. III.	—	50	39
	1912/13	—	8. I.	24. III.	—	—	100 ?	75
	1913/14	12. I.	16. I.	29. III.	6. IV.	—	82	72
	1914/15	—	19. I.	25. III.	—	—	—	65
3. Altausseersee.	1900/1 ¹⁷	11. I.	16. I.	28. III.	5. IV.	—	84	71
	1901/2	28. I.	—	—	—	—	—	—
	1902/3	XII. ?	9. I.	25. III.	—	32 31. I.	—	75
	1904/5	—	15. I.	4. III. ?	—	—	—	48 ?
	1905/6	9. I.	—	4. III.	—	—	—	—
	1906/7	30. XII.	—	—	26. IV. ¹⁸	—	117	—
	1908/9	—	4. I. ¹⁹	17. IV.	20. IV.	35 30. I.	110 ?	103
	1909/10	13. I.	24. I.	—	22. III.	—	68	—
	1910/11	3. I.	8. I.	—	31. III.	13 ? 14. I.	87	—
	1911/12 ²⁰	—	(20. I.) 29. I.	—	—	—	—	—
	1912/13	—	3. I.	—	27. III.	—	—	—
	1913/14	12. I.	15. I.	30. III. ?	31. III.	—	78	74 ?
	1914/15	—	29. I.	31. I.	26. III.	—	70 ?	2
	1916/17	—	29. I.	—	15. IV.	—	90 ?	—
4. Hallstättersee.	1910/11	18. I.	—	—	10. II. ?	—	?	—
	1912/13	20. II.	—	—	12. III.	—	20	—
	1913/14	26. I.	—	—	15. II. ?	—	?	—
5. Hinterer Gosausee.	1903/4	—	22. XII.	—	—	—	—	—
6. Vorderer Gosausee.	1902/3	—	—	—	—	72 31. I.	—	—
	1903/4	—	22. XII.	—	—	33 17.-23. I.	—	—
	1904/5	—	—	—	—	56 16.-17. I.	—	—
	1905/6	—	—	—	—	72 18.-24. II.	—	—
	1906/7	—	—	—	—	64 19. I.	—	—
	1917/18	—	3. II. ?	—	—	35 3.-8. II.	—	—

ZUR VEREISUNG DER SEEN DER OSTALPEN 141

Name des Sees	Winter	Beginn der Vereisung	Völlige Schliessung des Sees	Teilweises Schwinden der Eisdecke	Gänzlich Schwinden der Eisdecke	Maximum der Eisdicke in cm	Dauer der Eisperiode in Tagen	Dauer der völligen Schliessung in Tagen
7. St. Wolfgangsee. ²¹	1900/1	14. I.	19. I. (16. II.)	6. III.	15. III.	18 16. II.	60	46 (19)
	1902/3	3. I.	—	—	7. III.	25 31. I.	63	—
	1903/4	9. I. ²²	—	—	—	—	—	—
	1905/6	25. I.	5. II. ²³	21. II.?	—	—	—	16?
	1906/7	22. XII. ²⁴	16. II.	2. III.	20. IV.	15 16. II.	119	14
	1907/8 ²⁵	7. I.	15. II.	29. II.	11. IV.	10 11. I.	94	14
	1908/9 ²⁶	4. I.	30. I.	4. II.	31. III.	20 6. II.?	86	5
	1909/10 ²⁷	1. XII.	—	—	12. III.	10 29. I.-5. II.	101	—
	1910/11	11. I.	13. I.	27. I.	18. III.?	—	66	14
	1911/12	17. I.	29. I.?	—	24. II.	—	38	—
	1912/13	30. XI.	1. III.	—	8. III.	10 14. XII.	98	—
	1913/14	3. I.?	—	21. II.?	19. III.	15 31. I.	75	—
	1914/15	30. I.	3. II.?	9. II.?	3. IV.	—	63	6?
	1915/16	—	—	4. III.	11. III.	—	—	—
	1916/17	23. XII.	—	31. III.	21. IV.	15 10. II.	119	—
	1917/18	1. XII.	5. I.	13. I.?	16. III.	15 12. I.	105	8?
	8. Schwarzensee.	1907/8	—	11. IV.	—	—	—	—
9. Offensee.	1900/1	—	5. I.	—	20. III.	—	—	—
	1902/3	—	—	—	—	18 30. I.	—	—
	1903/4	2. I.?	—	—	—	—	—	—
	1906/7	24. XII.	—	—	19. IV.	20 9. II.	116	—
	1907/8	3. I.	10. I.	—	8. IV.	22 22. I.	95	—
	1908/9	—	24. XII.	—	—	18? 11. I.	—	—
	1909/10	—	7. I.?	—	22. III.	27 11. III.	—	—
	1910/11	22. XII.	29. XII.	—	—	21 13. I.	—	—
	1911/12	—	12. I.	—	—	16? 7. II.	—	—
	1912/13	—	9. I.	—	—	28 19. II.	—	—
	1913/14	—	2. I.	—	—	34 9. II.	—	—
10. Traunsee. ²⁸	1902/3	18. XI.	—	—	—	40? 7.-13. XII.	—	—
	1908/9	26. I.	—	—	25. II.	—	30	—
	1913/14	11. I.	—	—	—	—	—	—
11. Vorderer Langbathsee.	1902/3	7. I.? ²⁹	(1. I.) 14. I.	20. III.	—	24?	72?	65
	1903/4	19. XII.	(28. XII.) 11. I. ³⁰	25. III.	—	29	96?	(88) 74
	1904/5	21. XII.	(28. XII.) 2. I.	28. III.	—	28	97?	(90) 85
	1905/6	12. XII.	26. XII.	—	—	35 15. II.	—	—
	1906/7	—	22. XII.	—	16. IV.	38 21. II.	115?	—
	1907/8	—	3. I.	—	13. IV.	—	101?	—
	1908/9	20. XII.	12. I.	?	11. IV.	45 18. III.	112	—
	1909/10	16. XII.	—	23. III.	—	—	97?	—
	1910/11	24. XII.	3. I.	25. III.	—	—	91?	81
	1911/12	—	15. I.	27. II.	28. II.	—	44?	43
	1912/13	7. XII.	3. I.	23. III.	—	34	106?	79
	1913/14	—	3. I.	13. III.	—	—	—	69
	1914/15 ³¹	—	3. I. (19. I.)	11. I. (25. III.)	—	—	—	—

9. Geografiska Annaler 1924.

Name des Sees	Winter	Beginn der Vereisung	Völlige Schliessung des Sees	Teilweises Schwinden der Eisdecke	Gänzlich Schwinden der Eisdecke	Maximum der Eisdicke in cm	Dauer der Eisperiode in Tagen	Dauer der völligen Schliessung in Tagen	
12. Fuschlsee.	1900/1	18. I.	25. II. [?]	—	—	20	28. I.	—	
	1902/3	—	19. I.	28. II.	1. III.	24	—	40	
	1903/4	—	27. I.	31. I. [?]	—	—	—	4 [?]	
	1904/5	—	13. II. [?]	9. III. [?]	—	—	—	24 [?]	
	1905/6	—	24. I.	19. III.	20. III.	21	55 [?]	54	
	1906/7 ⁸²	2. I.	3. II.	4. III.	10. IV.	20	98	29	
	1907/8 ⁸³	13. I.	31. I.	10. II.	24. III.	18	71	10	
	1908/9	1. I. [?]	—	30. III.	9. IV.	24	98	—	
	1909/10 ⁸⁴	—	—	—	4. II.	—	—	—	
	1910/11	—	16. I.	26. II.	23. III.	19	64 [?]	41	
	1911/12	—	(30. I.) 7. II. ⁸⁵	9. II.	—	—	10 [?]	2 (10 [?])	
	1912/13	—	22. II.	15. III.	—	10	—	21	
	1913/14	—	21. I.	—	9. III.	27	Mitte II	47 [?]	
	1914/15	28. I. ⁸⁶	31. I.	10. II.	11. II.	—	—	14	
	1916/17	—	—	16. IV.	18. IV.	—	—	—	
	1917/18	27. XII.	2. I.	—	—	—	—	—	
	13. Zellersee.	1904/5	—	Ende I.	—	—	—	—	—
		1905/6	—	19. I.	23. II.	—	—	—	37
		1906/7	18. XII.	—	15. III.	16. III.	—	88	—
1907/8		—	1. I.	28. II.	—	50	—	58	
1910/11		21. XII.	6. I.	28. II.	—	—	—	53	
1912/13		10. I.	1. II.	1. III.	—	—	—	28	
14. Mondsee.	1902/3	15. I.	—	22. II. [?]	—	20	22.-28. II.	—	
	1908/9 ⁸⁷	27. I. (14. II.)	30. I. (15. II.)	27. III.	29. III.	—	—	61	
	1913/14	24. I.	—	—	—	—	—	—	
15. Attersee.	1900/1	20. II.	22. II.	28. II. [?]	8. III.	—	16	6 [?]	
	1907/8 ⁸⁸	3. I.	—	—	—	—	—	—	
16. Hintersee.	1902/3	—	17. I. ⁸⁹	28. II.	8. III. [?]	34	18.-24. I.	42	
	1903/4	14. XII.	—	—	—	—	24	17.-23. I.	
	1906/7	—	21. XII.	—	15. IV.	—	—	—	
17. Ober Trummersee.	1903/4 ⁴⁰	—	9. I.	31. I.	28. II.	—	50 [?]	22 [?]	
	1904/5	30. XII.	1. I.	—	18. III.	—	78	—	
	1905/6	—	31. XII.	—	—	—	—	—	
	1908/9	—	1. I.	—	16. III.	—	74 [?]	—	
	1909/10	—	1. II.	16. II.	—	—	—	15	
	1910/11	—	10. I.	23. II.	28. II.	—	49 [?]	44 [?]	
	1911/12	—	28. I.	16. II.	24. II.	—	27 [?]	19	
	1912/13	—	15. I. ⁴¹ (26. II.)	28. I.	—	—	—	13 [?]	
	1913/14	—	15. I.	10. III.	—	—	—	54	

ZUR VEREISUNG DER SEEN DER OSTALPEN 143

Name des Sees	Winter	Beginn der Vereisung	Völlige Schliessung des Sees	Teilweises Schwinden der Eisdicke	Gänzlich Schwinden der Eisdicke	Maximum der Eisdicke in cm	Dauer der Eisperiode in Tagen	Dauer der völligen Schliessung in Tagen	
18. Nieder Trummersee.	1903/4	—	1. I.?	15. III.	—	20	—	74?	
	1904/5	—	1. I.?	11. III.	17. III.	—	70?	69?	
	1905/6	—	1. I.?	1. III.	13. III.	30	71?	58?	
	1906/7	25. XII.?	22. I.	26. III.	30. III.	—	95?	63	
	1907/8	—	5. I.	9. III.?	—	25	—	64?	
	1908/9	30. XII.	1. I.	—	30. III.	30	90	—	
	1909/10	—	26. I. (12. II.) ⁴²	8. II. (19. II.)	—	—	—	(20)	
	1910/11	—	9. I.	23. II.	—	—	—	45	
	1911/12	—	18. I.	21. II.	—	20	—	34	
	1912/13	—	15. I.	11. II.	—	—	—	27	
	1913/14	—	15. I.	6. III.	—	—	—	50	
	1914/15	—	31. I.	6. III.	9. III.?	—	—	34	
	19. Wallersee.	1903/4 ⁴³	—	1. I.?	12. II.	6. III.	—	—	42?
		1904/5	24. XII.	1. I.?	13. III.	21. III.	—	87	71
1905/6		26. XII.	1. I.?	20. III.	—	—	84?	78	
1906/7		25. XII.?	1. I.?	16. III.	5. IV.	—	101?	74?	
1907/8		—	1. I.?	27. III.	—	—	86?	86?	
1908/9		30. XII.	—	—	1. IV.	—	92	—	
1909/10		17. XII.	27. I.	17. III.	18. III.	15	91	49	
1910/11		22. XII.	7. I.	3. III.	—	—	71?	55	
1911/12		—	21. I.	1. III.	—	—	40?	40	
1912/13		8. XII.	1. I.	10. III.	—	—	92?	68	
1913/14		—	13. I.	18. III.	—	—	—	64	
1914/15		—	22. I.	13. III.	17. III.	—	—	50	
III. Die Seen Salzburgs und Nordtirols.									
1. Zellersee im Pinzgau.		1900/1	—	11. I.	19. III.	11. IV.?	60	90?	67
	1901/2	11. I.?	21. II.	19. III.	—	—	90?	(26)	
	1902/3	12. XII.	6. I.	—	5. IV.	43	114	—	
	1903/4	1. I.?	3. I.	31. III.	6. IV.	42	97?	88	
	1904/5	24. XII.	—	—	30. III.	46	96	—	
	1905/6	28. XII.	16. I.	31. III.	13. IV.	28	106	74	
	1906/7	30. XII.	1. I.	(28. II.)	—	35	91?	(58)?	
	1907/8	5. I.?	8. I.	12. III.?	15. IV.	40	101	64?	
	1908/9	31. XII.	1. I.	—	14. IV.?	50	104	—	
	1909/10	1. I.	24. I.	30. III.	4. IV.	34	93	65	
	1910/11	4. I.	7. I.	—	12. IV.?	45	98	—	
	1911/12	30. I.	31. I.	—	—	—	—	—	
	1912/13	11. XII.	3. I.	—	—	—	—	—	
	1913/14	2. I.	7. I.	3. III.	—	—	—	55	
2. Schwarzsee bei Kitzbühel.	1902/3	—	—	—	—	54	25. I.	—	
3. Walchsee.	1911/12	—	—	—	—	17?	3. II.	—	
	1912/13	—	30. XI.?	—	—	28?	11.-18. I.	—	
	1913/14	—	21. XII.	—	—	—	9?	—	
	1916/17	—	12. I.	—	—	—	40	—	

Name des Sees	Winter	Beginn der Vereisung	Völlige Schliessung des Sees	Teilweises Schwinden der Eisdecke	Gänzlich Schwinden der Eisdecke	Maximum der Eisdicke in cm	Dauer der Eisperiode in Tagen	Dauer der völligen Schliessung in Tagen
4. Achensee. ⁴⁴	1900/1	—	—	—	20. III.	—	—	—
	1901/2	9. XI.	—	—	11. IV.	—	153	—
	1902/3	—	—	—	—	30 20.-25. II.	—	—
	1904/5	—	—	—	1. IV.?	—	—	—
	1905/6	—	17. II.?	—	15. III.	—	—	—
	1906/7	24. XII.	4. II.	—	—	28 16. II.	—	—
	1907/8	—	—	—	15. IV.	—	—	—
	1908/9	1. XII.	1. I.?	31. III.	13. IV.	—	133	89?
	1909/10	30. XI.	—	—	18. III.	—	108	—
	1910/11	—	—	—	28. II.?	—	—	—
	1912/13	—	10. I.	26. III.	—	—	—	75
	1913/14	23. I.	26. I.	1. III.	4. IV.	24 14. II.	71	33?
	1914/15	29. XII.	—	—	—	—	—	—
	1916/17	—	1. II.	—	4. V.	27 25. III.	—	—
5. Plansee.	1903/4	—	1. II.	9. IV.	15. IV.	—	—	68
	1904/5	18. XII.	24. XII.	—	—	—	—	—
	1905/6	17. XII.	1. I.?	17. IV.	—	—	—	106?
	1906/7	24. XII.	26. XII.	6. IV.	—	80 mit Schneeis	—	101
	1907/8	28. XII.	1. I.?	24. III.	28. IV.	40	122	83?
	1908/9	23. XII.	25. XII.	12. III.	19. IV.	34	117	77
	1909/10	16. XII.	1. I.?	31. III.	13. IV.	40	118	89?
	1910/11	31. XII.	9. I.	12. IV.	18. IV.	—	108	93
	1911/12	—	13. I.	17. III.	—	—	100?	64
	1912/13	12. XII.	—	30. III.	10. IV.	42	119	—
	IV. Die Seen Südtirols.							
1. Kalterersee.	1912/13	—	2. XII.	—	—	—	—	—
	1913/14	—	21. XII.	—	—	—	—	—
	1914/15	27. XII.	5. I.	16. III.	—	—	—	70
	1916/17	—	7. I.	25. III.	—	—	—	77
	1917/18	9. XII.	—	—	27. II.	—	80	—
2. Caldonazsee.	1908/9	—	10. II.	7. IV.	—	—	—	56
3. Levicosee.	1900/1	8. I.	15. I.	17. III.	19. III.	—	70	61
	1902/3	16. I.	18. I.	21. II.	26. II.	—	41	34
	1903/4	—	25. I.	2. II.	—	—	—	8
	1904/5	5. I.	7. I.	26. III.	30. III.	—	84	78
	1905/6	8. I.	—	—	17. III.	—	—	68
	1906/7	1. I.	10. I.	12. III.	24. III.	—	82	61
	1907/8	11. I.	—	1. II.	—	—	—	—
	1908/9	10. I.?	—	—	7. IV.	20	87	—
	1909/10	23. I.	—	—	18. II.	—	(26)	—
	1910/11	13. I.	—	—	2. III.	—	48	—
	1912/13	9. I.	14. I.	9. III.	—	—	54	—
4. Die Reschenscheideckseen vgl. Tabelle 2.								

ZUR VEREISUNG DER SEEN DER OSTALPEN 145

Name des Sees	Winter	Beginn der Vereisung	Völlige Schliessung des Sees	Teilweises Schwinden der Eisdecke	Gänzlich Schwinden der Eisdecke	Maximum der Eisdicke in cm	Dauer der Eisperiode in Tagen	Dauer der völligen Schliessung in Tagen
V. Die Seen des Draugebietes.								
1. Millstättersee.	1900/1	—	19. I.	—	—	—	—	—
	1902/3	—	—	—	—	50	31. I.	—
	1906/7	15. I.	—	—	12. III.	—	56	—
	1907/8	13. II.?	—	—	(18. II.?)	—	(5?)	—
	1908/9	21. I.	24. I.	—	—	20	30. I.	—
	1909/10	—	6. II.?	—	—	—	—	—
	1912/13	17. I.	—	—	—	—	—	—
	1913/14	29. I.	2. II.	7. III.	—	—	29	—
	—	—	—	—	—	—	—	33
2. Weissensee.	1900/1	—	—	12. IV.	21. IV.	—	110?	—
	1902/3	23. XI.	—	27. III.	16. IV.	18?	144	—
	1903/4	9. XII.	17. I.	—	16. IV.	—	129	—
	1904/5	—	4. I.?	25. III.?	—	—	90?	80
	1905/6	—	1. I.?	—	14. IV.?	—	105?	—
	1906/7	29. XII.	30. XII.	31. III.	13. IV.	—	105	91
	1907/8	21. XII.	5. I.	—	14. IV.	—	115	—
	1908/9	—	31. XII.	12. III.	27. IV.	32 (52) ⁴⁶	117?	46
	1909/10	6. I.	15. I.	18. III.	—	48	27. III. ⁴⁶	100?
	1910/11	20. XI.	4. I.	—	21. IV.	—	152	—
	1911/12	—	21. I.	30. III.?	8. IV.	39	29. II. ⁴⁷	100?
	1912/13	29. XI.	15. I.	—	12. IV. ⁴⁸	—	134	—
	1913/14	6. XII.	12. XII. ⁴⁹	—	3. IV.	—	118	—
	1914/15	21. XI.	—	—	27. IV.	—	126	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
3. Eichwaldsee bei Latschach.	1906/7	—	16. XII.	19. I.?	—	30	—	34?
	—	—	—	—	—	—	—	—
4. Ossiachersee.	1900/1	(1. I.?)	1. I.	—	5. IV.	—	(94?)	—
	1901/2	(11. I.?)	11. I.	—	21. III.	—	(69?)	—
	1902/3	(25. XII.?)	25. XII.	—	24. V.	28	(150?)	—
	1903/4	—	18. I.	27. III.	—	—	—	69
	1904/5	—	3. I.?	24. III.?	—	—	—	80
	1905/6	—	1. I.?	20. III.	—	28	—	78
	1906/7	—	28. XII.	6. IV.	—	—	—	99
	1907/8	—	1. I.?	21. III.	—	—	—	79
	1908/9	—	1. I.?	10. IV.	19. IV.	—	108?	99
	1909/10	—	1. I.?	19. III.	—	—	—	77
	1910/11	1. I.?	28. I.	25. II.	—	—	—	28
	1911/12	—	—	24. II.?	2. III.	—	—	—
	1912/13	7. XII.	26. I.	—	—	—	—	—
	1914/15	—	—	—	—	19. I.?	—	—
	1915/16	16. XI.	—	—	—	—	—	—

Name des Sees	Winter	Beginn der Vereisung	Völlige Schliessung des Sees	Teilweises Schwinden der Eisdecke	Gänzlich Schwinden der Eisdecke	Maximum der Eisdicke in cm	Dauer der Eisperiode in Tagen	Dauer der völligen Schliessung in Tagen
5. Wörthersee.	1902/3	—	11. I.?	—	—	32	26. II.	—
	1903/4	—	20. II.	19. III.	—	—	—	28
	1904/5	—	17. I.	28. II.	—	—	—	42
	1905/6	16. I.	23. I.	27. III.	28. III.	—	71	63
	1906/7	—	12. I.?	16. I.	—	16	31. I.	(4)
	1907/8	12. I.	11. II.	22. III.	—	19	31. I.	40
	1908/9	9. I.?	14. I.	31. I.	—	40	31. I.	17
	1910/11	—	—	—	15. III.	—	—	—
	1912/13	—	1. II.	—	21. III.	—	—	—
	1913/14	—	23. I.	25. III.	—	—	—	61
	1914/15	29. I.	—	—	28. III.	—	58	—
	6. Klopeinensee.	1902/3	—	—	—	—	27	18.-24. I.
1906/7		1. I.	3. I.	—	—	11?	12. I.	—
1907/8		5. I.	6. I.	24. III.	28. III.?	21	18. I.	83?
1908/9		—	—	—	—	46	19. II.	—
1909/10		—	—	—	—	13	14. II.	—
1910/11		—	12. I.	8. III.?	14. III.	34	4. II.	55?
1911/12		—	1. II.?	—	—	9	3. II.	—
1913/14		—	4. I.	—	—	46	31. I.	—
1914/15		14. I.	29. I.	—	—	20?	4. II.	—
1915/16		4. I.	—	—	—	15?	27. I.	—
VI. Die Seen Krains.								
1. Wocheinensee.	1903/4	10. I. ⁶⁰	—	—	—	—	—	—
	1905/6	—	14. I.	10. IV.	—	30	12. II.	86
	1906/7	—	5. I.	8. IV.	—	42	—	93
	1907/8	—	13. I.	31. III.	—	—	—	78
	1908/9	—	3. I.	11. III.	—	—	—	67
	1910/11	26. I.	29. I.	24. II.	13. III.	—	46	26
	1912/13 ⁶¹	—	21. I.	19. III.	—	25	—	57
2. Veldesensee.	1900/1	11. I.	16. I.	—	4. IV.	33	23., 24. II. ⁶²	83
	1902/3	14. XII.	24. XII.	8. III.	—	22	—	84?
	1903/4	25. I.?	29. I.	3. II.	5. III.	5	—	37?
	1904/5	—	3. I.	28. III.	—	22	—	84
	1905/6	2. I.	31. I.	5. II.	12. III.	16	—	69
	1906/7	28. XII.	1. I.	25. III.	—	24	—	87?
	1907/8	—	12. I.	2. III.	—	14	—	50
	1908/9	28. XII.	3. I.	11. III.	—	—	73?	67
	1909/10	17. I.	18. I. (27. I.)	21. I. (6. II.)	—	13	—	(3) (10)
	1910/11	19. I.	25. I.	4. III.	—	18	—	44?
	1911/12	14. I.	23. I. (30. I., 15. II.)	26. I. (3. II., 18. II.)	—	—	—	(4)
	1912/13	—	12. I.	14. III.	—	15	—	61
3. Zirknitzsee.	1904/5	28. XII.	—	22. I.	—	6	25?	—
	1905/6	27. X. (15. XII.)	—	—	—	30	—	—
	1906/7	13. XII.	—	—	—	19	—	—
	1908/9	23. XI.	20. I.	28. I.	—	—	66?	8
	1909/10	23. XI.	—	—	—	—	—	—
	1910/11	—	—	27. I.?	—	25	—	—

Anmerkungen.

¹ Nach den Angaben des Jahrbuches des Hydrographischen Zentralbüros und den Wochenberichten über die Schneebeobachtungen. — ² Vorwiegend nach G. Götzing, Die Eisverhältnisse der Lunzer Seen a. a. O. — ³ Nach Götzing, S. 155 ungefähr 116. — ⁴ ebenda 115. — ⁵ ebenda 106. — ⁶ ebenda 116. — ⁷ ebenda 101. — ⁸ ebenda 84. — ⁹ ebenda 54. — ¹⁰ ebenda ungef. 70. — Götzing rechnet vom Tage der endgültigen Schliessung an. — ¹¹ ebenda c:a 175. — ¹² ebenda 182. — ¹³ ebenda 199. — ¹⁴ Von anderen Seen dieser Gruppe liegen nur vereinzelt Beobachtungen vor. Der Turrachsee fror im Winter 1909/10 am 27. Nov., 1910/11 am 22. Nov. und 1911/12 am 26. Nov. zu. In letzterem trug er eine 10 cm dicke Eisdecke. Im Winter 1913/14 wurde er erst am 19. Mai gänzlich eisfrei. Die Eisperiode scheint demnach ungefähr 170 Tage zu dauern. Sie dürfte etwas länger sein als die der Reschenscheideckseen. Dies erklärt sich vielleicht daraus, dass der See in einer Meereshöhe von 1763 m gelegen ist. Welch mächtige Eisdecke sich auf ihm zu bilden vermag, zeigte der Winter 1895/96. Damals soll sie 70 cm stark gewesen sein. In den Karseen der Niederen Tauern wurden zu Anfang Januar 1909 Eisdicken bis zu 52 cm gemessen. Dass dies wahrscheinlich Kerneis war, lässt sich daraus schliessen, dass A. Merz z. B. im Unteren Sonntags Karsee (Seestudien, a. a. O. S. 545) solches in über 50 cm Dicke feststellte und im Oberen Sonntags Karsee noch anfangs Juli eine 50—60 cm dicke Eisschicht antraf. Der kleine Stixensteinsee im Sierningtale war im Winter 1914/15 vom 22. Nov. bis zum 6. März, demnach 104 Tage hindurch gefroren. — ¹⁵ Am 15. April wurden die Ufer eisfrei. Vier Tage später war die Eisdecke vollkommen verschwunden, aber am 22. April trug der See zum Teile doch wieder eine dünne Eiskruste. Wir haben hier ein typisches Beispiel für die „congélation printanière“ Forels (vgl. La congélation des lacs Suisses et Savoyards dans l'hiver 1891. Arch. des scienc. phys. et nat. 3. per. tom. XXVII. Genf 1892, S. 54). — ¹⁶ Bis zum 16. Jan. trug der See eine teilweise Decke. Am 17. kam Bewegung in sie. Dieses „Eisrinnen“ fand am 26. Jan. ein Ende, aber erst am 13. Febr. war der See vollkommen geschlossen. — ¹⁷ Nach einer zweiten Meldung trug der See vom 11. Jan. bis 4. März eine teilweise Decke. — ¹⁸ Am 23. April wurde der See erst zu einem Drittel eisfrei; am 24. war die Decke schon zur Hälfte geschwunden. — ¹⁹ Am 7. betrug die Eismächtigkeit bereits 18 cm; am 12. mass sie 23 und am 23. 30 cm. — ²⁰ Am 17. Jan. war der See fast ganz geschlossen. Am 23. Jan. mass die Eisdicke schon 8 cm. Dieser ersten gänzlichen Vereisung scheint recht bald eine Öffnung des Sees gefolgt zu sein. Wenigstens weiss unsere Quelle am 29. Jan. von einer abermaligen völligen Vereisung zu melden. — ²¹ Über den See berichten die Stationen St. Gilgen und St. Wolfgang. Sie geben mitunter ein recht anschauliches Bild des verschiedenen Vereisungsstandes in den verschiedenen Teilen des Sees. In St. Wolfgang war am 3. Jan. 1903 der See noch teilweise offen. Am 11. schloss sich hier die Decke, wuchs zu einer Mächtigkeit von 25 cm an und löste sich am 31. Jan. auf. Bei St. Gilgen währte die Periode der völligen Schliessung vom 22. Jan. bis 14. Febr. Am 28. Febr. war der obere Teil des Sees bereits eisfrei; ansonst wurde noch eine Eisstärke von 20 cm gemessen. Am 7. März war die Eisbedeckung schon auf ein Fünftel der Seefläche zusammengeschrumpft. Am nächsten Tage dürfte bereits Eisfreiheit gewesen sein. — ²² In der Woche vom 3. bis 9. Vereisung der Buchten. — ²³ Nach Station St. Wolfgang. In den Schneekarten wird dagegen berichtet, dass die völlige Schliessung des ganzen Sees schon zwischen dem 21. und 27. Jan. stattgefunden habe. — ²⁴ Buchteneis; am 29. Dez. schon 5 cm dick. Am 19. Jan. war der See eisfrei. Am 26. begann in den Buchten neuerdings Eisbildung. Am 2. Febr. erschien die Hälfte des Sees mit einer 5 cm dicken Eisschicht bedeckt. Am 9. Febr. besass diese eine Stärke von 12 cm. Damals lagen zwei Drittel der Seefläche unter Eis. Am 2. März wurde der obere Teil des Sees eisfrei. Am 9. März reichte die Eisdecke nur mehr von Strobl bis zum Leuchtturm. Am 6. April trieben auf dem See nur mehr einzelne Schollen umher. Am 13. überzog ihn jedoch wieder eine dünne Eisdecke. — ²⁵ Zwischen dem 7. und 11. Jan. Buchteneis von 10 cm Stärke. In der pelagischen Region noch am

18. Jan. nur 6 cm. Am 25. Jan. wurde allgemein eine 10 cm starke Decke festgestellt. Im unteren Teile des Sees scheint bald eine Minderung der Eismächtigkeit eingetreten zu sein, da dort am 1. Febr. nur mehr 7 cm gemessen wurden. Durch Stürme wurde der See am 8. Febr. grösstenteils wieder eisfrei. Am 15. Febr. hob eine zweite Eisperiode an. Sie endigte am 29. Febr. Von da an blieb der See bis zum 27. März offen. Am 28. früh trug er wieder eine 2 cm dicke Eisschichte. — ²⁶ Am 7. Jan. schloss sich die Decke zum erstenmal, zerbrach aber bald wieder, so dass der See schon am 16. vom Eise frei wurde. Am 21. Jan. setzte bei St. Wolfgang, am 27. bei St. Gilgen mit einer teilweisen Vereisung eine zweite Periode ein. Am 4. Febr. zeigte das Eis infolge Tauwetters eine löcherige Struktur. Strobl meldet am 4. und 5. Febr. Eistreiben und am 6. wahrscheinlich beim Seeausflusse einen Eisstoss. Auffällig ist, dass die Eisdicke, die am 30. Jan. 10 bis 15 cm betragen hatte, an diesem Tage bis zu 20 cm gemessen habe. Möglicherweise erzeugte der Eisstau durch Aufeinanderschieben der Platten diese Mächtigkeit. In der Zeit vom 8. bis 13. Febr. verschwand die Eisdecke auf rund der Hälfte des Sees, schloss sich dann aber am 22. Febr. wieder vollständig. Die an diesem Tage beobachtete Eisstärke von 15 cm hielt bis zum 6. März an. Am 15. betrug sie nur mehr 5 cm. Die Zerstörung dürfte am 25. März eingesetzt haben. Am 27. war schon ein Drittel des Sees offen. Bei St. Wolfgang endigte die Eisperiode schon am 28. März. — ²⁷ Am 8. Januar noch dünne, nicht zusammenhängende Eisdecke. Am 15. Jan. war sie verschwunden. Eine Woche später zeigten sich die Buchten neuerdings vereist. Sie blieben es bis 10. Febr. Zwischen 29. Jan. und 5. Febr. war dort das Eis 10 cm dick. Am 11. gab es keines mehr, am 12. hatte sich aber wieder eine neue Kruste von 2 cm Dicke gebildet. Am 19. war auch sie der Auflösung wieder anheimgefallen. Von einer Erörterung der Vorgänge in den folgenden Wintern nehme ich Abstand, da sie den geschilderten mehr oder weniger gleichen. Störungen des normalen Verlaufes der Eisperioden und das lokale Gefrieren durch Schollenbildung, der zweite Gefriertypus F. A. Forels (Handbuch der Seenkunde S. 126) scheinen im St. Wolfgangsee zur Regel zu gehören. — ²⁸ Die Stärke von 40 cm besass das Randeis in der zweiten Dezemberwoche. Im Winter 1908/9 gab es zu Ort zweimal eine teilweise Vereisung: die erste vom 26. bis 29. Jan., die zweite vom 23. bis 25. Febr. — ²⁹ Der See scheint bereits bis 1. Jan. geschlossen gewesen zu sein. — ³⁰ Auch in diesem Winter dürfte eine Unterbrechung der Eisperiode eingetreten sein, da gemäss dem Jahrbuche erst am 11. Jan. wieder eine geschlossene Decke vorhanden war. Gleiches gilt vom folgenden Winter. Die geschlossene Decke währte nur bis zum 29. Dez. Am 30. und 31. sowie am 1. Jan. war der See wieder teilweise offen. — ³¹ Die gänzliche Vereisung erfuhr eine Unterbrechung, die vom 12. bis 18. Jan. währte. — ³² Während nach dem Jahrbuche die Eisdecke bis zum 4. März geschlossen blieb und am 5. ein „Eisstossabgang“ stattfand, brach nach den Wochenberichten die Eisdecke erst am 8. April und erst am 10. April wurde der See eisfrei. Es muss sich demnach noch eine teilweise Decke erhalten haben. — ³³ Am 13. Jan. waren die Buchten vereist. Am 14. bedeckte eine dünne Eisschichte schon den ganzen See. Am 18. besass diese schon eine Stärke von 5 cm. Am 28. Jan. brach „bei heftigem Weststurm die Eisdecke der Osthälfte des Sees“ und es begann „ein starkes Eisgeschiebe gegen Osten“. Drei Tage später schloss sich die Decke wieder. — ³⁴ Am 1. Febr. war die Westhälfte des Sees gefroren; am 4. verlor sie bereits die Eisdecke. — ³⁵ Wahrscheinlich erfolgte eine wiederholte Schliessung. — ³⁶ Ein heftiger Westwind scheint die teilweise Decke am 30. Jan. zerstört und die Eistrümmer gegen das Ostende des Sees getrieben zu haben. Dem Winde kommt bei der Auflösung der Decke überhaupt auf diesem See ein bedeutender Einfluss zu. — ³⁷ Die Eisbildung fand vom 27. bis 29. Jan. statt. Am 30. und 31. war der See angeblich zugefroren. Die Eisdecke muss hierauf gänzlich geschwunden sein, weil das Jahrbuch am 14. Febr. zum zweitenmal von einer „Eisbildung“ spricht, der am 15. die Schliessung des Sees folgte. Diesmal scheint die Decke standgehalten zu haben. Vom 27. März wird „Eisgang“ gemeldet. Vermutlich zerstörte der Wind die Decke und schob deren Trümmer vor sich her über den See. — ³⁸ Ufereisbildung; sie wiederholte sich am 1., 11. und 20. Febr. — ³⁹ War bereits zweite Vereisung. — ⁴⁰ Die Schliessung am 9. Jan.

scheint nur diesen einen Tag gedauert zu haben, weil das Jahrbuch in der Zeit vom 28. bis 31. Jan. von einer neuerlichen völligen Schliessung zu berichten weiss. Auch diese Decke zerbrach wieder. Am 28. Febr. war der See zum drittenmal geschlossen. — ⁴¹ Die erste geschlossene Zeit erstreckte sich vom 15. bis 27. Jan., die zweite beschränkte sich wahrscheinlich bloss auf den 26. Febr. — ⁴² Die eine geschlossene Periode reichte vom 26. Jan. bis zum 8. Febr., die zweite vom 12. bis 19. Febr. — ⁴³ Am 26. Febr. war der See zur Gänze wieder zugefroren. Die Schliessung scheint diesen Tag nicht überdauert zu haben. Zum 4. März wird abermals eine völlige Vereisung gemeldet. Am 5. März schwamm aber bereits wieder „Treibeis“ auf dem See. — ⁴⁴ Die Vereisung im Winter 1901/2 beschreibt V. Brehm (Die Zusammensetzung, Verteilung und Periodizität des Zooplanktons im Achensee. — Ztschr. d. Ferdinandeums, 3. Folge, 46. H. S. 47 ff. Innsbruck 1902). — ⁴⁵ Das Eis besass am 23. Jan. schon eine Mächtigkeit von 40 cm. Am 13. März bestand die Eisplatte noch immer aus 32 cm dickem klaren Eise. Auf ihr lagerte in 6 cm Mächtigkeit Schneeeis, darauf „6 cm Wasser, gedeckt von 8 cm Schneeeis“, so dass die gesamte Dicke der Eisschicht 52 cm betrug. Diese Schichtung ist insofern beachtenswert, als sie zeigt, wie der Zerstörungsprozess des Kerneises von oben her gegen dieses vorschreitet. Die zwei als „Schneeeis“ bezeichneten Schichten dürften nicht gleichen Ursprungs gewesen sein. Die oberste war wahrscheinlich der Rest einer Schneedecke, die auf dem Eise gelagert hatte, die untere dagegen in Auflösung begriffenes Kerneis. Die trennende Wasserschicht kann, wie G. Götzing (Die Eisverhältnisse der Lunzer Seen a. a. O. S. 25) annimmt, durch Aufpresung wärmeren Seewassers aus der Tiefe über das Kerneis gekommen sein. Bei der immerhin namhaften Dicke, die dieses aber noch besass, halte ich dies für wenig wahrscheinlich. Ich glaube vielmehr, dass sie auf die erwärmende Einwirkung der obersten Schneeeisschicht zurückzuführen ist, welche vermöge ihrer Porosität den Sonnenstrahlen oder vielleicht nur der warmen Luft den Weg zur Oberfläche des Kerneises erleichterte. Die Wasserschicht setzte sich demnach aus der geschmolzenen Unterseite der ursprünglichen Schneedecke und dem Schmelzwasser zusammen, das sich aus der Auflösung des unteren Schneeeises ergab, welches der Oberseite des Kerneises entstammte. Selbst wärmer als das Schneeeis, arbeitet es an dessen Zerstörung und damit auch mittelbar an der des Kerneises. Unserm Auge durch die obenauf ruhende Schneeeisschicht verhüllt, bewerkstelligt diese Schmelzwasserschicht, in die Tiefe vordringend, die Vernichtung des Kerneises. So kann es kommen, dass in dem Augenblicke, in dem sie bis zu dessen Unterseite vorgedrungen ist, die scheinbar noch vorhandene Eisdecke wie mit einem Schlage verschwindet. Dass namentlich bei einer so starken Kerneisschicht Stillstände in dem Auflösungsverlaufe des eigentlichen Eises eintreten und bei Erniedrigungen der Luftwärme auch Rückbildungen von Wasser in Eis oder eine Verfestigung des Schneeeises eintreten können, liegt nahe. Was G. Götzing (ebenda) als Angliederung von Schneeeis bezeichnet, vermag sich auch am Ende der Eisperiode einzustellen. Im vorliegenden Falle behauptete sich in der Tat die „Eisdecke“ bis tief in den April hinein. — ⁴⁶ Diese Eisdecke setzte sich zusammen: zu unterst 5 cm „festes Kerneis“, darüber 32 cm „wasserreicher Eisbrei“ und über diesem 11 cm „tragfähiges Schneeeis“. Ich erblicke darin eine Stütze für meine Ansicht über den Auflösungsprozess von oben her. — ⁴⁷ Sichtlich wieder Schneeeis inbegriffen. — ⁴⁸ Nach den Messungen der Wasserwärme vollzog sich die Schliessung bei + 0.2°, die Öffnung bei + 6.1°. In diesem Belange bleibt auffallend, dass sich der See bis zum 14. Jan. nicht schloss, obwohl sich schon am 6. Jan. die Wasserwärme auf + 0.2° erniedrigt hatte und seit 9. Jan. dauernd auf dieser Höhe verblieb, während andererseits schon am 15. März mit + 1.3° ein Grad und am 27. März mit + 2.4° zwei Grade überschritten wurden, ohne dass die Decke Zeichen der Auflösung zeigte. Besonders beachtenswert ist jedoch, dass im April bis zum angeblichen Ende der Eisdecke Temperaturen bis zu fast 7° (am 10. April) festgestellt wurden. Vorausgesetzt, dass der See tatsächlich bis zum 11. April geschlossen blieb, würde auch dies meine vorher dargelegte Auffassung bestätigen. — ⁴⁹ Die gänzliche Vereisung endigte schon am 19. Dez. Welche Ursache hierfür vorhanden war, lässt sich nicht ermitteln. Die mitgeteilten Wassertemperaturen bieten keinen Schlüssel für das Verständnis dieser Unterbrechung der Eisperiode. Als die teilweise Vereisung am 6. Dez.

einsetzte, war die Wasserwärme der Oberfläche unter die des Dichtemaximums gesunken. Am 9. Dez. wurden nur mehr 0.5° beobachtet. Dies dürfte die Einleitung der gänzlichen Schliessung gewesen sein. Am Tage vor deren tatsächlichem Eintritte hatte das Wasser eine Temperatur von 2.8° ; es kühlte sich jedoch bis zum 14. wieder auf 1.5° ab. Die Erhöhung der Wärme am 15. auf 4.2° und am 16. auf 3.1° , die auf eine Erwärmung des Wassers durch das Eis hindurch schliessen lässt, kann zwar allein für die Auflösung ins Treffen geführt werden, aber es bleibt unerklärlich, dass das Ende der geschlossenen Decke auf einen Tag fällt, der mit einer Wasserwärme von bloss 1.3° einer mit dem 16. beginnenden Reihe von Tagen angehört, in der sich die Wasserwärme ununterbrochen erniedrigte. Es kann nur eine mechanische Kraft, am ehesten wohl der Wind als Veranlassung der Auflösung und als Hindernis einer neuerlichen Schliessung angenommen werden. Für eine solche wäre, die Richtigkeit der Messungen vorausgesetzt, die Vorbedingung gegeben gewesen, da am 23. und 24. Dez. die Wasserwärme nur mehr 0.9° betrug. Es kam nicht nur zu keiner Schliessung, sondern wahrscheinlich zur völligen Enteisung, weil nach dem Berichte des Jahrbuches am 2. Jan. eine neue Periode teilweiser Bedeckung begann. Diese erstreckte sich bis zum 27. Febr. Eine Schliessung des Sees erfolgte nicht. Er wurde vielmehr neuerdings eisfrei, da am 8. März wieder von einer teilweisen Bedeckung die Rede ist. Die Vereisungsvorgänge des Sees sind eigenartig; sie zu erklären, reichen die vorliegenden Beobachtungen nicht hin. — ⁵⁰ Der See war zwischen dem 10. und 14. sowie zwischen dem 19. und 24. Jan. teilweise mit Eis bedeckt. Da sich am 25. beim Seeausflusse Treibeis einstellte, dürfte eine Auflösung der Decke erfolgt sein. — ⁵¹ 1911/12 blieb der See den ganzen Winter über eisfrei, ein Fall, der nach den Wochenberichten sehr selten eintritt. — ⁵² Während der geschlossenen Periode taute die Eisdecke laut Jahrbuches „je nach den wechselnden Temperaturen wiederholt mehr oder weniger auf und war hie und da von Wasser überronnen“. Die oberste Schichte bestand demnach aus Schneeeis.

* * *

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Geschichte der Vereisung der Reschenscheideckseen seit dem Winter 1895/6, für den zum erstenmal getrennte Angaben über die drei Seen vorliegen. Als Ergänzung hiezu vergegenwärtigt Abbildung 1 das Wachstum der Eisdecke im Winter 1902/3. In Tabelle 3 sind die Eisstärken um die Jahreswende zusammengestellt. Die Zerstörung der Eisdecke lässt sich besonders gut im Frühjahr 1903 verfolgen. Am 16. April war im Reschensee schon ein Zehntel der Fläche eisfrei. Eine Woche später zeigte sich der See nur mehr zur Hälfte gefroren. Am 30. April betrug die eisfreie Fläche über drei Viertel des Sees. Der Graunersee war schon am 21. März zu einem Zehntel offen, aber erst am 10. April, demnach fast 3 Wochen später, umfasste die eisfreie Fläche die Hälfte des Sees. Es währte bis zum 21. April, dass das Eis vollkommen verschwand. Die Periode der Auflösung, die im Reschensee sich auf 14 Tage erstreckte, beanspruchte im Graunersee einen Zeitraum von 4 Wochen. Im Haidersee spielte sie sich zwischen dem 12. und 23. April ab.

Zwecks Nachweises des Einflusses der geographischen Lage auf die Eisperiode bildete H. Herpich¹ aus den fünfjährigen Beobachtungen, die ihm für die süd-

¹ Die Eisverhältnisse in den südbayerischen Seen. A. a. O. S. 15. — Auf Mittelwerten fussen auch die Karten Hildebrandssons und Rundlunds (Prise et débâcle des lacs en Suède). A. a. O. S. 3.

bayerischen Seen vorlagen, Mittelwerte der ersten, der völligen und der letzten Vereisung sowie der Dauer der Eisperiode. Er gewann dadurch scheinbar eine Grundlage für eine gewisse Gruppierung der Seen, die ihn weiterhin¹ zu dem bereits erwähnten Ergebnisse führte, dass ein See umso eher zu vereisen und auch um so später aufzutauen pflege, je weiter er von der freien Hochebene gegen das Gebirge zu abliege. Gleichzeitig sieht er sich aber veranlasst, festzustellen, dass Ausnahmen von dieser Regel in grosser Zahl bestünden. Er sucht in dem rein physikalischen Vorgange des Vereisens und Auftauens Anhaltspunkte für die Erklärung des Abweichens von ihr. Nichtsdestoweniger baut er seine Untersuchung der Äquiglacialen und den Entwurf seiner Vereisungskurven auf den Mittelwerten auf.

Dieses Verfahren vermag zu einem brauchbaren Ergebnisse nicht zu führen, weil es auf Werten fusst, die aus einer rein äusserlichen und daher zwangsweisen Bindung von Elementen hervorgegangen sind, deren jedes das Endglied einer Reihe funktioneller Bedingtheiten darstellt, die nicht ohneweiters in eine feste mathematische Relation gebracht werden können. So erfreut E. Chohnoky ist, feststellen zu können, dass die Integrallinie der Temperaturen die getreue Abbildung der Figur der Eisstärke ist,² muss er doch gleichzeitig zugeben, dass auch Unterschiede zwischen diesen beiden Gebilden auftreten und demnach der Verlauf der Eisbildung auch noch von anderen Faktoren als den Temperaturschwankungen abhängt. Diese in eine mathematische Formel zu kleiden, hat er mit Recht nicht versucht.

Bei der Würdigung des Vereisungsprozesses können wir eben nur von einer Konstanten sprechen, der Hohlform, in welche der See gebettet ist. Ihre morphometrischen Werte erhalten aber erst in dem Augenblicke Bedeutung, in dem die Seewanne mit Wasser gefüllt ist. Damit beginnt jedoch bereits die Reihe der variablen Grössen. Sie lassen sich in zwei Gruppen gliedern. Die eine verleitet bei roher Totalauffassung vermöge einer gewissen Gesetzmässigkeit, die ihr innewohnt, leicht dazu, ihr Konstantheit zuzuschreiben, während die zweite schon von vorneherein das Gepräge der Variabilität zeigt. Hiezu kommt, dass der Grad des Einflusses, den die einzelnen Faktoren auf den Vereisungsvorgang ausüben, nicht durchwegs der gleiche ist und Kräfte, die beispielsweise beim Gefrieren eine grosse Rolle spielen, während des Tauprozesses nur in untergeordneter Weise in Betracht kommen oder umgekehrt.

Ein kurzer Überblick über die für die Eisperiode belangvollen Kräfte dürfte die Richtigkeit des Gesagten bestätigen.

Die eine Gruppe von Faktoren ist an den See gebunden, die andere wirkt von aussen her auf ihn ein. Zu ersterer zählt die geographische Breiten- und

¹ Herpich, a. a. O. S. 38.

² Das Eis des Balatonsees. A. a. O. S. 32.

Tabelle 2. Die Eisverhältnisse

(Nach den Angaben des

Winter	Beginn der Vereisung			Völlige Schliessung des Sees			Teilweises Schwinden der Eisdecke		
	R.	G.	H.	R.	G.	H.	R.	G.	H.
1895/6	—	—	—	12. XII.	12. XII.	12. XII.	—	—	—
1896/7	—	—	—	25. XI.	1. XII.	1. XII.	—	—	—
1897/8	28. XI.	27. XI.?	27. XI.?	1. XII.	1. XII.?	1. XII.?	—	—	—
1898/9	—	7. XII.	7. XII.	2. XII.	24. XII.	24. XII.	14. IV.	6. IV.	5. IV.
1899/0	19. XI. (25. XI.)	18. XI.	24. XI.	28. XI.	10. XII.	5. XII.	30. IV.	16. IV.	24. IV.
1900/1	28. XI. (12. XII.)	26. XI.	29. XI. (10. XII.)	13. XII.	12. XII.	19. XII.	3. V.	19. IV.	25. IV.
1901/2	26. XI.	25. XI.	24. XI.	26. XI.	30. XI.	27. XI.	—	7. IV.	16. IV.
1902/3	23. XI.	20. XI.	21. XI.	—	—	23. XI.	16. IV.	20. III.	11. IV.
1903/4	28. XI.	27. XI.	26. XI.	29. XI.	1. XII.	29. XI.	20. IV.	7. IV.	9. IV.
1904/5	22. XI.	21. XI.	20. XI.	—	28. XI.	23. XI.	—	—	26. IV.
1905/6	—	13. XI.?	23. XI.	—	13. XI.	23. XI. (23. XII.)	19. IV.	15. IV.	23. IV.?
1906/7	—	—	—	7. XII.	4. XII.?	8. XII.	5. V.	13. IV.	30. IV.
1907/8	25. XI.?	24. XI.	26. XI.	—	10. XII.	15. XII.	2. V.	16. IV.	25. IV.
1908/9	20. XI. ¹	18. XI. ²	30. XI.	29. XI.	1. XII.	7. XII.	26. IV.	18. IV.	15. IV.
1909/10	27. XI.	24. XI.	22. XI.	—	27. XI.	25. XI.	22. IV.	9. IV.	16. IV.
1910/11	20. XI.?	18. XI.	16. XI.	14. XII.	18. XI.	21. XI.	14. IV.	6. IV.	9. IV.
1911/12	24. XI.	15. XI.	25. XI.	1. XII.	18. XI.	4. XII.	—	—	—
1912/13	12. XI.	10. XI.	10. XI.	—	—	—	5. IV.	3. IV.	26. III.
1913/14	4. XII.	4. XII.	4. XII.	17. XII.	6. XII.	19. XII.	—	—	—

R. = Reschensee. G. = Graunersee. H. = Haidersee.

absolute Höhenlage, die Himmelsrichtung der Hauptachse des Beckens, die Weltgegend, nach der sich dieses hauptsächlich öffnet, die Höhe und Gestalt der Umrahmung der Seegestade, die Richtung und Breite der in das Seebecken einmündenden Täler, die Ausdehnung und Gestalt der Seeoberfläche, die Konfiguration der subaquatischen Wanne,³ die Breite der Uferbank, die Insulosität, der Anteil der pelagischen Zone an der Seeoberfläche, die absolute und mittlere Tiefe des Sees, seine Speisung und seine Entwässerung. A. Holmsen⁴ misst unter diesen „lokalen Faktoren“ der Tiefe die grösste Bedeutung bei und findet sie ausschlaggebend für eine Gliederung der Seen. Er stellt sie der Lufttemperatur ebenbürtig zur Seite. Den Zuflüssen, den Strömungen, der Gestalt und

¹ Am. 21. u. 22. dürfte der See eisfrei gewesen sein, da erst am 23. wieder von einer teilweisen Decke berichtet wird.

² Am 19. u. 20. wahrscheinlich wieder eisfrei, da erst am 21. neuerdings von einer teilweisen Decke gesprochen wird.

³ Der Gestalt des Seebeckens misst W. Halbfass, Zur Thermik der Alpenseen und einiger Seen Nordeuropas (Ztschr. f. Gewässerkunde IX. Bd. S. 287 u. 291) ausschlaggebende Bedeutung in thermischen Fragen bei.

⁴ Isforholdene ved de norske indsjøer. Christiania 1902, S. 266.

der Reschenscheideckseen.

hydrograph. Zentralbüros).

Gänzlich Schwinden der Eisdecke			Maximum der Eisdicke in cm			Dauer der Eisperiode in Tagen			Dauer der völligen Schliessung in Tagen		
R.	G.	H.	R.	G.	H.	R.	G.	H.	R.	G.	H.
29. IV.	19. IV.	19. IV.	50	51	52	139	129	129	—	—	—
23. IV.	20. IV.	20. IV.	49	48	50	149	140	140	—	—	—
28. IV.	21. IV.	21. IV.	54	42	43	151	145	145	—	—	—
24. IV.	16. IV.	24. IV.	63	45	45	138 [?]	130	138	133	103	102
4. V.	2. V.	6. V.	60	49	52	166	165 [?]	163	153	127	140
7. V.	1. V.	1. V.	74	52	64	160	156	153	141	128	127
26. IV.	21. IV.	19. IV.	65	42	55	151	147	146	—	128	140
2. V.	20. IV.	22. IV.	58	48	60	160	151	148	—	—	150
—	23. IV.	25. IV.	57	42	46	—	148	151	143	128	132
—	27. IV.	—	—	46	50	—	157	—	—	—	154
—	—	—	43	43	45	—	—	—	—	153	151
—	3. V.	8. V.	53	48	48	—	—	—	149	130	143
—	6. V.	3. V.	55	55	47	—	164	159	—	128	132
—	27. IV.	28. IV.	62	63	60	—	160	149	148	138	129
29. IV.	28. IV.	4. V.	50	51	52	153	155	163	—	133	142
22. IV.	22. IV.	27. IV.	58	50	57	153	155	162	121	139	139
18. IV.	21. IV.	23. IV.	30 [?]	40 [?]	40 [?]	146	158	150	—	—	—
23. IV.	18. IV.	26. IV.	49	55	49	162	159	167	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

R. = Reschensee. G. = Graunersee. H. = Haidersee.

Ausdehnung der Seen sowie ihrer Umgebung schreibt er nur sekundären Einfluss zu. Er ist der Ansicht, dass einige dieser Faktoren zwar eine Verzögerung oder Beschleunigung der Vereisung zu bewirken vermögen, dass es sich dabei aber höchstens um einige Tage handle. Grössere Bedeutung kommt ihnen seiner Meinung nach lediglich in kleinen Seen zu. G. Götzing¹ erblickt in der Höhenlage und insbesondere in den „lokalklimatischen Verhältnissen“ die Hauptfaktoren, welche die Dauer der Eisdecke beeinflussen, gesteht aber auch der Flächenausdehnung Bedeutung zu, da „kleinere Seen eine längere Eisdauer haben als grosse (wegen geringerer Wellentätigkeit)“ und meint, dass bei gleicher Flächenausdehnung die mittlere Tiefe entscheide. Nach H. Herpich² sind es vor allem drei Faktoren, deren Wirkung „unter allen Umständen die gleiche bleibt“: die Tiefe des Seebeckens, der Gang der Lufttemperatur und der Föhn. Die Tiefe verzögert den Vereisungsbeginn um so mehr, je grösser sie ist. Der Bewölkung, den Niederschlägen und der horizontalen Gestaltung des Seebeckens schreibt er

¹ Neuere Ergebnisse österreichischer Alpenseeforschung. Schriften d. Ver. z Verbreitung naturw Kenntnisse in Wien 1916, S. A. S. 16.

² a. a. O. S. 75 ff.

nur bedingungsweise einen nennenswerten Einfluss zu; die Umgebung und die Zuflüsse stellen dagegen „vor allem bei kleineren Seen“ nicht zu unterschätzende Faktoren dar. I. V. Eriksson¹ trennt die Faktoren, welche auf den Zeitpunkt des Vereisungsbeginnes einwirken, in meteorologische und geographische. Er gliedert sie wieder in regionale und lokale. Zu jenen zählt er Luftwärme, Windstärke, Windrichtung, Niederschlagsmenge und Bewölkung, zu diesen Seeoberfläche, Meereshöhe, Längserstreckung in einer bestimmten Richtung und Tiefe der Wanne. Die Faktoren des regionalen Einflusses bestimmen seiner Ansicht nach den Beginn der Eisperiode für ein ganzes Land oder wenigstens für einen grossen Teil desselben, während die lokalen sich in der Art geltend machen, dass Seen derselben Gegend zu verschiedenen Zeiten gefrieren. Er bezeichnet die Tiefe als den vielleicht wichtigsten Faktor für den Beginn der Eisperiode. Sie und die Ausdehnung der Oberfläche hemmen die Vereisung um so mehr, je grösser sie sind. Der relativen Küstenentwicklung und Insulosität misst er hinsichtlich des Anfanges der Vereisung einen Einfluss nicht zu. Die Behauptung, die Meereshöhe eines Sees äussere sich nur darin, dass er um so rascher gefriere, je grösser diese sei, schränkt er dadurch ein, dass er den frühesten Beginn der Eisperiode nicht in den höchsten Teilen des Landes, sondern, unabhängig von der Meereshöhe, in dessen Innern fand. Beachtenswert ist sein Ergebnis, dass der Wachstumsunterschied des Eises in mehr oder weniger tiefen Seen wenig beträchtlich sei. Scheint in diesem Belange die Seetiefe nur eine untergeordnete Rolle zu spielen, so misst Eriksson andererseits der Oberfläche insofern einen nennenswerten Einfluss auf Zu- und Abnahme der Eismächtigkeit bei, als auf grossflächigen Seen der Wind eine Anhäufung des Schnees verhindere und dadurch das Eiswachstum fördere.² Je dicker aber das Eis sei, desto länger brauche es wieder zum Schmelzen. Weil aber nach Eriksson jede Schneeanhäufung auf der Eisdecke auch eine Verzögerung des Tauprozesses bedingt, gleicht sich für das Ende der Eisperiode der Unterschied zwischen Gross- und Kleinflächigkeit der Seen eigentlich aus. Eriksson erblickt auch in einer schwachen Umwölkung während des Herbstes ein förderndes Moment der Vereisung, in einer solchen während des Frühlings, namentlich bei Tage, eine Unterstützung des Schmelzens. Dass klaren Nächten hinsichtlich der Eisbildung eine besondere Wirksamkeit zukommt, bestätigt auch er. Im übrigen findet er, dass die Flächenausdehnung eines Sees auf den Zeitpunkt des Tauens zwar einen erkennbaren Einfluss ausübt, dass dieser jedoch nicht immer so hervortrete wie zur Zeit der Vereisung. Für das Stadium der Auflösung der Decke ist nach ihm die Meereshöhe ein Faktor von sehr grosser Bedeutung. Am deutlichsten erhellt dies aus der Tatsache, dass das Tauen in den höchstgelegenen Teilen des Landes zuletzt einsetzt.

¹ a. a. O. S. 91 ff.

² Vgl. hiemit Seite 16 meiner „Vereisung der österr. Alpenseen“.

Während die Isochronen des Tauens einen anderen Verlauf haben als die des Vereisungsbeginnes, stimmen die Kurven gleicher Vereisungsdauer mit letzteren überein. Eriksson macht auch den Versuch,¹ aus den Kurven des Vereisungsbeginnes, des Endes der Eisperiode und der Vereisungsdauer während der Zeit von 1812 bis 1917 Klimaperioden abzuleiten, muss aber zugestehen, dass seine Werte für eine exakte Bestimmung klimatischer Periodizitäten nicht ausreichen.

Überblicken wir diese Ergebnisse, so fällt uns die Mannigfaltigkeit der Faktoren auf, denen mehr oder minder allgemeine Giltigkeit und Konstanz der Wirkung zukommen soll. Dies erklärt sich daraus, dass sich lokale und regionale Bedingungen nicht mit der erwünschten Schärfe voneinander trennen lassen und scheinbar unveränderliche Faktoren unter der Einwirkung lokaler Einflüsse sich nur zu leicht in variable Grössen verwandeln. Auch meteorologische und geographische Momente lassen sich nicht voneinander scheiden, weil jene bis zu einem gewissen Grade nur Funktionen dieser sind. Abgesehen davon, begeht Eriksson den gleichen Fehler wie Herpich, wenn er aus der Zahl der Tage vor Neujahr Mittelwerte für den Vereisungsbeginn, aus der Zahl der Tage nach der Jahreswende Mittelwerte für den Schluss der Eisperiode ableitet. Auch er glaubt, das ungemein verwickelte und äusserst veränderliche Wechselspiel zwischen allen in Betracht kommenden Faktoren durch eine rein äusserliche Mittelbildung derart erfassen zu können, dass die Gesetzmässigkeit des Vorganges nicht nur im Seeindividuum, sondern auch im Seekomplexe eines ausgedehnten Landesteiles in voller Klarheit zutage tritt. Es ist klar, dass die Folgerungen aus einer derartigen Betrachtung auf ebenso schwachen Füßen stehen wie diese selbst.

Einer Lösung der Aufgabe könnten wir nur dann näher kommen, wenn es uns gelänge, aus unserer Betrachtung tunlichst viele variable Grössen auszuscheiden, um so die Konstanten eines lokal beschränkten Gebietes in grösstmöglicher Reinheit zu erhalten. Der Vergleich derartiger örtlicher Konstanten innerhalb eines weiträumigen Gebietes vermöchte uns aber wieder nur eine Vorstellung vom Einflusse der geographischen Lage auf den Ablauf der Eisperiode zu geben, ihn mathematisch festzulegen, gestattete auch er nicht, weil die absolute Reinheit aller Konstanten, die hiefür unbedingte Voraussetzung ist, niemals erreicht werden kann. Wie bescheiden das ist, was uns in diesem Belange das für die Ostalpen vorhandene Beobachtungsmaterial zu erzielen gestattet, sei im folgenden gezeigt.

Im Bereiche der Ostalpen finden wir besonders an zwei Stellen eine kleine Gruppe von Seen, die räumlich wenig von einander abstehen und vermöge der annähernd gleichen Meereshöhe ihrer Spiegel den für unsere Untersuchung wertvollen Vorzug der jeweils gleichen geographischen Lage besitzen. Die eine

¹ a. a. O. S. 66 u. 94.

Gruppe umfasst die Seen südlich vom Reschenscheideck, die zweite die Trummerseen bei Mattsee in Salzburg mit dem Waller- oder Seekirchnersee.

Wären die morphologischen Verhältnisse ihrer Wannen sowie deren Speisung und Entleerung durchwegs gleich, so müsste sich innerhalb einer jeden Gruppe der Vereisungsvorgang in derselben Weise abspielen, weil die klimatischen

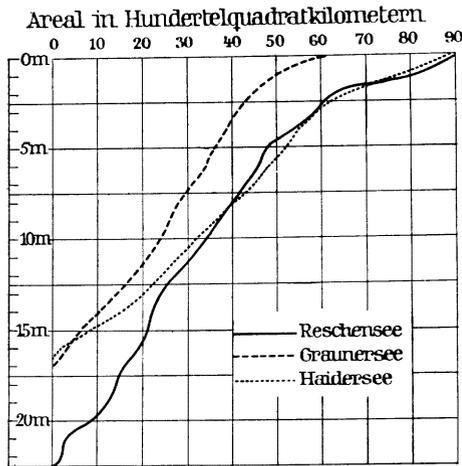


Abb. 1. Die hypsographischen Kurven der Seen des Reschenpasses.

Einfluss überall in gleichem Masse auszuüben vermöchten. Die Bildung und Auflösung der Eisdecke wäre demnach eine einfache Funktion der durch die geographische Lage bedingten klimatischen Verhältnisse.

Die Wirklichkeit nähert sich diesem idealen Zustande nur bis zu einem gewissen Grade. Fassen wir zunächst die morphologischen Werte¹ der Reschenscheideckseen ins Auge, so erhellt aus Tabelle 3 und den hypsographischen Kurven (Abb. 1) vor allem die Sonderstellung, welche der Graunersee in dieser Gruppe einnimmt.

Während Reschen- und Haidensee nahezu die gleiche Oberfläche aufweisen, misst das Areal des Graunersees nur etwa zwei Drittel von dem des Reschensees. Die Areale der drei Seen verhalten sich zu einander wie 100 : 62 : 98, die Volumina dagegen wie 100 : 61 : 87. Die mittleren Tiefen unterscheiden sich nur wenig voneinander. Die Wannenform des Graunersees wiederholt, soweit die Areale der Tiefenschichten in Betracht kommen, in etwas verkleinertem Masse die Gestalt der Wanne des Reschensees. Das Becken des Haidersees deckt sich bis zu einer Tiefe von

Tabelle 3. Die wichtigsten morphologischen Werte der Reschenscheideckseen.

	Meereshöhe des Seespiegels in m	Areal in km ²	Grösste Tiefe in m	Mittlere Tiefe in m	Volumen in Millionen m ³
1. Reschensee	1478	0,91	22,5	8	7,46
2. Graunersee	1474	0,61	17,0	7	4,52
3. Haidensee	1450	0,89	16,5	7	6,51

¹ Vgl. meine Arbeit über die „Seen am Reschenscheideck“ in A. Pencks geogr. Abhandlungen VII, Bd. 1. H., Wien 1900, S. 20.

8 m mit dieser fast völlig, weicht aber in der Sohlenregion stark von deren Form ab. Das gleiche Bild gewährt die Volumkurve nach W. Schmidt.¹

Zu diesen morphologischen Unterschieden gesellen sich solche der Speisung. Der Reschensee ist trotz seinem Einzugsgebiete von 42 km² als Quellsee anzusprechen. Die Wasserführung seiner Zubringer ist nicht derart, dass sie eine nennenswerte Bewegung des Seewassers hervorzubringen vermöchte. Anders liegen die Dinge beim Graunersee, der sowohl von dem Ausflusse des Reschensees als auch von dem Karlinbache gespeist wird und demgemäss den Charakter eines Flusseees besitzt. Namentlich der Karlinbach, der seine Fluten mit ziemlicher Gewalt in den See hineinwirft, versetzt dessen Wasser nicht nur an der Oberfläche, sondern auch in der Tiefe in lebhaftere Bewegung. Auch der Haidersee ist ein Flussee. Aus meiner Messung² der Wasserführung der drei Seeabflüsse geht hervor, dass sich deren mittlere Geschwindigkeiten im August, zur Zeit der grössten Wasserfülle des Karlinbaches zu einander verhielten wie 1 : 1.6 : 2, wenn man die des Reschenseeabflusses zu 1 annimmt. Für die Eisperiode dürfte die Aufwühlung der Wasser des Grauner- und Haidersees nur mittelbar, und zwar dadurch von Bedeutung sein, dass die Schmelzwasserfluten, die der Karlinbach aus der Firnregion herbeiführt, vermöge ihrer niedrigen Temperatur und des hiedurch verursachten grösseren spezifischen Gewichtes wenigstens im Graunersee eine Durchkältung der gesamten Wassermasse und dadurch eine Förderung der Vereisung bedingen. Für die Zeit der Eisperiode selbst kommen die Speisungsunterschiede wahrscheinlich zur Gänze nicht in Frage, weil der Niederschlag im Einzugsgebiete der Seen mindestens fünf Monate hindurch in fester Form fällt und während dieser Zeit auch der Karlinbach nur unbedeutende Wassermengen herbeiführt. Immerhin „atmen“ Grauner- und Haidersee auch während der Eisperiode, wie aus Abbildung 2 hervorgeht, indessen der Reschensee ununterbrochen in gleicher Spiegelhöhe verbleibt. Die Schwankungen des Wasserstandes sind aber auch in den beiden erstgenannten Seen so geringfügig, dass sie den Vereisungsvorgang nicht zu beeinflussen vermögen. Die Wassermenge der drei Seen kann demnach für die Eisperiode als konstant gelten.

Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, schwankt der Beginn der Vereisung in den einzelnen Jahren ziemlich regelmässig, aber nicht durchwegs gleichförmig. 1897/8 setzt die Vereisung im Grauner- und Haidersee gleichzeitig ein; nur einen Tag später erfasst sie auch den Reschensee. 1899/1900 vereist der Graunersee zuerst; gleich darauf folgt der Reschensee, aber erst fünf Tage nachher der Haidersee. 1901/2 geht der Haidersee voran; einen Tag später beginnt die Eisperiode auf dem Graunersee und wieder einen Tag darauf auf dem Reschensee. Es sind

¹ Über den Energiegehalt der Seen. Intern. Revue der ges. Hydrobiologie und Hydrographie. Leipzig. 1915, S. A. S. 16.

² Vgl. Die Seen am Reschenscheideck, a. a. O. S. 35 u. 37.

10. *Geografiska Annaler* 1924.

dies aber nur unbedeutende Variationen, die lediglich in den Wintern 1905/6 und 1908/9 auf zehn Tage zwischen Reschen- und Haidersee anschwellen. Diese beiden Winter stellen auch insofern eine Unregelmässigkeit dar, als der Haidersee nicht wie die beiden anderen Seen früher als im Vorjahre vereist. Der Anfang der völligen Schliessung wiederholt, wenn auch mit weit grösseren Ampli-

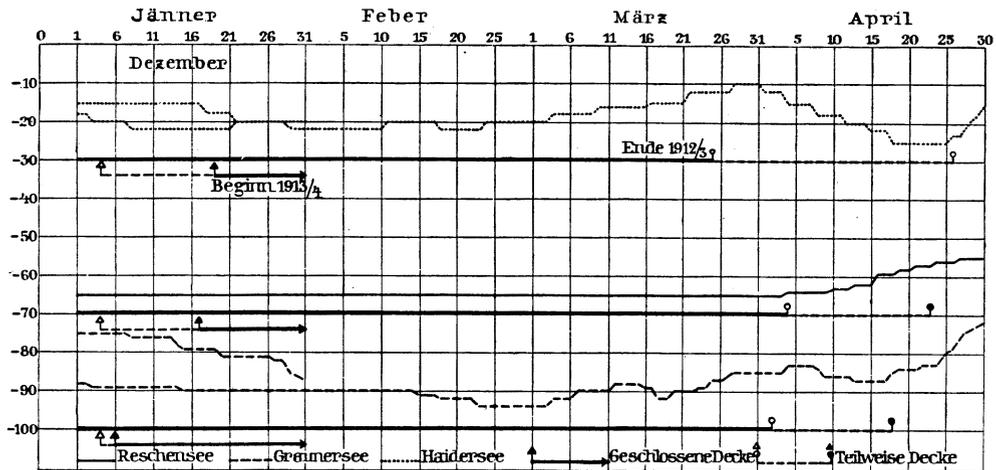


Abb. 2. Die Schwankungen des Wasserstandes der Reschenscheideckseen am Ende der Eisperiode 1912/13 und zu Beginn der Eisperiode 1913/14.

tuden der Schwankungen, im grossen ganzen das Bild des Vereisungsbeginnes. Im einzelnen bestehen aber namentlich hinsichtlich der Reihenfolge der drei Seen mannigfache Unterschiede. Während beispielsweise im Jahre 1899/1900 die Eisperiode in der Aufeinanderfolge Grauner- Reschen- Haidersee einsetzte, fand die völlige Schliessung in der Reihenfolge: Reschen- Haider- Graunersee statt. Im Winter 1908/9 stimmte die Reihung bezüglich des Beginnes der Vereisung mit der des Wintees 1899/1900 überein, die Aufeinanderfolge bei Schliessung der Decke war aber diesmal Reschen- Grauner- Haidersee. Dieser Winter ist auch deswegen beachtenswert, weil im Haidersee der Vereisungsbeginn einen Tag später erfolgte als die Schliessung der Decke im Reschensee. Im Winter 1910/11 vollzieht sich sowohl der Beginn der Vereisung als auch die Schliessung der Seen in der Reihenfolge: Grauner- Haider- Reschensee. Während aber im ersten Falle der Unterschied zwischen dem Grauner- und Reschensee 5 Tage beträgt, beziffert er sich in letzterem auf 26 Tage. Der Reschensee fällt dadurch aus der allgemeinen Schwankung des Beginnes der Eisperiode vollkommen heraus.

Es machen sich demnach lokale Einflüsse bemerkbar, die aus den Wannenkonzstanten ebensowenig erklärt werden können wie aus den Speisungs- und Entleerungsverhältnissen.

Tabelle 4. Frost- und Eistage in Marienberg (Seehöhe 1335 m).¹

Winter	Erster		Differenz zwischen beiden in Tagen	Letzter		Differenz zwischen beiden in Tagen
	Frosttag	Eistag		Eistag	Frosttag	
1895/6	17. X.	23. XI.	37	4. III.	21. V.	78
1896/7	21. X.	22. XI.	32	13. III.	14. V.	62
1897/8	7. X.	11. XI.	35	28. III.	15. IV.	18
1898/9	19. XI.	11. XII.	12	14. IV.	24. IV.	10
1899/0	16. XI.	4. XII.	18	4. IV.	20. IV.	16
1900/1	16. X.	29. XI.	44	31. III.	20. IV.	20
1901/2	8. X.	24. XI.	47	15. III.	15. V.	61
1902/3	24. X.	17. XI.	24	19. IV.	27. V.	38
1903/4	25. X.	19. XI.	25	31. III.	3. IV.	3
1904/5	29. X.	23. XI.	24	10. III.	25. IV.	46
1905/6	7. X.	13. XI.	37	31. III.	2. V.	32
1906/7	11. XI.	6. XII.	25	24. III.	19. V.	56
1907/8	8. XI.	22. XI.	14	6. IV.	27. IV.	21
1908/9	22. X.	8. XI.	17	2. V.	4. V.	2
1909/10	26. X.	22. XI.	27	31. III.	13. V.	43
1910/11	2. XI.	11. XI.	9	16. III.	15. IV.	30
1911/12	3. X.	3. XII.	61	10. IV.	24. IV.	14
1912/13	22. IX.	5. XI.	44	14. IV.	19. IV.	5
1913/14	15. X.	5. XII.	51			

Um zu ersehen, in welcher Beziehung der Gang der Lufttemperatur einerseits zu den allgemeinen Schwankungen des Anfanges der Eisperiode, andererseits zu den lokalen Abweichungen der einzelnen Seen von einer konstanten Aufeinanderfolge steht, sei die Aufmerksamkeit auf den ersten Eistag zu Reschen und zu Marienberg sowie auf die Zahl der Tage gelenkt, welche zwischen dem ersten Frost- und dem ersten Eistage in beiden Stationen verstrichen. Die betreffenden Zahlenwerte enthält Tabelle 4 und 5.² Während die Schwankungen des Eistages zu Marienberg mit dem Gange des Vereisungsbeginnes bis zum Winter 1907/8 sich in wenig erfreulicher Übereinstimmung befinden, nehmen sie von da ab einen so gleichartigen Verlauf, dass der alle anderen Faktoren überragende Einfluss der Lufttemperatur auf den Beginn der Vereisung wohl nicht klarer bewiesen werden könnte.

¹ Nach den Angaben des hydrographischen Zentralbüros.

² Die Bezeichnung Frost- und Eistag ist im Sinne des hydrogr. Jahrbuches gebraucht.

Tabelle 5. Frost- und Eistage in Reschen. (Seehöhe 1494 m).¹

Winter	Erster		Differenz zwischen beiden in Tagen	Letzter		Differenz zwischen beiden in Tagen
	Frosttag	Eistag		Eistag	Frosttag	
1897/8	—	—	—	4. IV.	4. VI.	61
1898/9	14. X.	1. XII.	48	26. III.	25. V.	60
1899/0	27. X.	17. XI.	21	—	—	—
1902/3	—	—	—	24. IV.	20. V.	26
1903/4	17. X.	12. XI.	26	8. IV.	13. V.	35
1904/5	18. IX.	22. XI.	65	8. IV.	23. V.	45
1905/6	3. X.	11. X.	8	4. IV.	4. V.	30
1906/7	13. IX.	13. XI.	61	1. V.	21. V.	20
1907/8	1. XI	14. XI.	13	21. IV.	1. V.	10
1908/9	13. IX.	9. XI.	57			

Da die Abweichung des Haidersees im Winter 1908/9 und des Reschensees im Winter 1910/11 durch die Temperaturverhältnisse der Luft allein sich nicht erklären lassen, muss ihnen eine lokale Ursache zugrundeliegen, die wir bisher noch nicht gewürdigt haben. Für den Winter 1908/9 reichen unsere Quellenangaben nur teilweise für eine Erklärung aus. Sie berichten, dass sich im Reschensee schon am 20. November eine teilweise Vereisung vorgefunden habe. Weil sie erst vom 23. wieder eine solche melden, müssen wir schliessen, dass der See in der Zwischenzeit eisfrei war. Auffallenderweise wird die erste Eisbildung im Graunersee schon am 18. November festgestellt. Aber auch hier scheinen zwei Tage, der 19. und 20. eisfrei gewesen zu sein. Für den Haidersee findet sich eine entsprechende Angabe nicht. Wir müssen demnach eine auf das Gebiet der beiden nördlichen Seen beschränkte Ursache für die Zerstörung der bereits in Bildung begriffenen Decke annehmen. Wahrscheinlich war es ein Südwind, der das Wasser in Bewegung brachte.

Warum er aber im Reschensee zwei Tage später als im Graunersee seine Wirkung ausgeübt haben soll, ist nicht recht erfindlich. Durch das Hinausschieben des endgültigen Vereisungsbeginnes um drei Tage vermindert sich zwar der Unterschied gegenüber dem Anfange der Eisperiode im Haidersee, aber dessen Verspätung bleibt unerklärt. Im Winter 1910/11 scheinen ähnliche Verhältnisse gewesen zu sein. Der Reschensee trug schon in der Zeit vom 20. November bis 9. Dezember eine geschlossene Decke. Die Eisperiode setzte demnach schon zeitlich und mit ziemlicher Stärke ein. Vom 10. bis 13. Dezember war der See aber nur mehr teilweise bedeckt. Am 14. begann eine neue geschlossene Periode.

¹ Nach den Angaben des hydrographischen Zentralbüros.

Tabelle 6. Frost- und Eistage in Strasswalchen (Seehöhe 541 m).¹

Winter	Erster		Differenz zwischen beiden in Tagen	Letzter		Differenz zwischen beiden in Tagen
	Frosttag	Eistag		Eistag	Frosttag	
1903/4	21. X.	2. XII.	42	1. III.	3. IV.	33
1904/5	14. XI.	25. XI.	11	8. IV.	9. IV.	1
1905/6	11. XI.	18. XI.	7	31. III.	4. IV.	4
1906/7	11. XI.	8. XII.	27	23. III.	21. IV.	29
1907/8	5. XI.	20. XI.	15	10. II.	10. IV.	60
1908/9	19. X.	8. XI.	20	7. III.	7. IV.	31
1909/10	27. X.	19. XI.	23	31. III.	12. IV.	12
1910/11	7. XI.	19. XI.	12	10. II.	11. IV.	60
1911/12	3. XI.	3. XII.	30	12. IV.	16. IV.	4
1912/13	5. X.	7. XI.	33	13. IV.	16. IV.	3
1913/14	15. X.	7. XII.	53	11. II.	30. III.	47

Im Grauner- und Haidersee trat eine solche Unterbrechung nicht ein. In letzterem währte die teilweise Bedeckung vom 16. bis 20. November. Die Schliessung des Sees erfolgte am 21. November. Im Graunersee soll diese schon am 18. November eingetreten sein. Eine Zeit teilweiser Vereisung scheint ihr den Meldungen nach nicht vorangegangen zu sein.

Dass dem Winde zu Beginn der Eisperiode in unseren Seen eine gewisse Bedeutung zukommt, wurde bereits in den Wintern 1899/1900 und 1900/1 gezeigt.² Er ist aber ein lokaler Faktor, der trotz der gleichen geographischen Lage der drei Seen nicht in allen dieselben Wirkungen auslöst. Gerade dieses spezifisch örtliche Auftreten macht es unmöglich, den Wind als Vereisungsfaktor allgemein zu erfassen. In diesem Belange sei nur darauf hingewiesen, dass beispielsweise am 13. November 1900 am Reschensee Nordwind und heiteres Wetter herrschte, am 17. der Wind nach Süden umsprang und Regen und Schnee brachte. In diesem See bewirkte am 20. November 1899 der Nordwind im Vereine mit Aufhellung ein Schwinden der Decke, die bereits neun Zehntel der Seefläche überspannt hatte. Der Graunersee schloss sich bei Nordwind und heiterem Himmel in der Zeit zwischen 18. und 20. November, er verlor aber seine Decke nicht. Ihre Ausdehnung minderte sich bis zum 24. bloss um die Hälfte und nahm vom 25. an wieder zu. Im Winter 1900/1 brachte im Reschensee ein am 29. November

¹ Nach den Angaben des hydrographischen Zentralbüros.

² Die Vereisung der österr. Alpenseen. A. a. O. S. 6 und 14. — Die Seen am Reschenscheideck a. a. O. S. 16.

einsetzender Südwind die Eisdecke zum Schmelzen; im Haidersee bewirkten Regen und Südwind erst am 5. Dezember ein Tauen des Eises. Der Graunersee verlor in dieser Zeit der atmosphärischen Unruhe, obwohl mitten zwischen den beiden anderen Seen gelegen und den Winden gewiss ebenso ausgesetzt wie sie, in diesem Winter seine Eisdecke nie zur Gänze. Es liegt auf der Hand, dass es für den Vereisungsvorgang nicht gleichgiltig ist, zu welcher Tageszeit ein Wind einsetzt und mit welcher Stärke er auftritt. Ich habe schon seinerzeit¹ auf die Unregelmässigkeiten im Wechsel der Tag- und Nachtwinde aufmerksam gemacht und die Vermutung ausgesprochen, dass ähnlich wie am Malojapasse Luftdruckdifferenzen die Ursache für die auffallenden Erscheinungen sein könnten. Bestehen lokale Hemmungs- und Förderungsmomente im Bereiche der Luftbewegung, dann müssen diese auch in den Seen als lokale Faktoren ihre Wirkung äussern. Beobachtungen, die, sie scharf zu umgrenzen, gestatten würden, fehlen. Dass die Luftbewegung des Langtauferertales in dieser Frage eine grosse Rolle spielt, dürfte wohl nicht zweifelhaft sein. Wir brauchen nur die zwei Extreme: Windstille und Wind in der Reschenscheideckfurche herauszugreifen. Im ersten Falle kann der aus dem Langtauferertale ausströmende Wind in dieser entweder verflauen oder nach Norden und nach Süden auseinanderfliessen. Das Südende des Reschensees wird er in jedem Falle mindestens streifen. Vermöge dessen Seichtigkeit vermag er auf den Vereisungsvorgang in diesem Seeabschnitte sicherlich zu wirken. Verwickelter wird die Sachlage, sofern in der Reschenscheideckfurche schon eine Luftbewegung besteht und der dem Langtauferertale entstammende Wind entweder aufgesogen wird oder vermöge seiner grösseren Kraft umgestaltend auf die gesamte Luftzirkulation einzuwirken vermag.

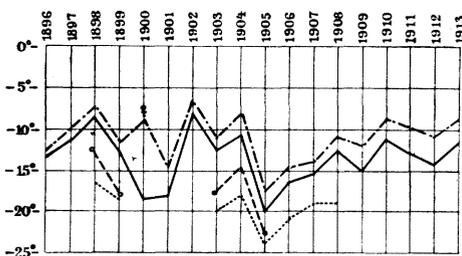


Abb. 3. Temperaturschwankungen
1896—1913.

- Absolutes Minimum der Lufttemperatur zu Marienberg.
- Absolutes Minimum der Lufttemperatur zu Reschen.
- - - - - Tiefstes Tagesmittel zu Marienberg.
- . - . - Tiefstes Tagesmittel zu Reschen.

¹ ebenda.

Wie Tabelle 5 zeigt, liegen über das Datum des ersten Eistages zu Reschen Angaben nur in geringem Umfange vor. Das Verhältnis des Ganges der Lufttemperatur zu Marienberg und Reschen lässt Abbildung 3 deutlich erkennen, in der die absoluten Minima und die tiefsten Tagesmittel zusammengestellt wurden. Reschen ist im allgemeinen während der Winterszeit, soweit das Tagesmittel in Betracht kommt, um 5° kälter als Marienberg. Die Schwankungen der Temperatur vollziehen sich durchwegs im gleichen Sinne. Es liegt auf der Hand, dass der erste Eistag zu Reschen den Einfluss der Luftwärme deutlicher spiegelt als der von Marienberg.

Insbesondere tritt dies in den Wintern 1898/9 und 1899/1900 zutage. Auffallend ist, dass sich die Schwankung vom Winter-1903/4 zum Winter 1904/5 übereinstimmend mit Marienberg im entgegengesetzten Sinne bewegt wie die Schwankung des Vereisungsbeginner. Dieser war demnach im Winter 1903/4 in erster Linie keine Funktion der Lufttemperatur. Es gewannen vielmehr örtliche Einflüsse über sie die Oberhand. Dass die Lufttemperatur trotzdem, wenn auch in stark gedämpftem Grade, zur Wirkung gelangt sein muss, dürfte aus der Schwankung der Zahl der Tage erhellen, welche zwischen dem ersten Frost- und dem ersten Eistage zu Marienberg verstrichen.

Inwieweit die Mangelhaftigkeit der vorliegenden Vereisungsmeldungen zur Verschleierung der tatsächlichen Verhältnisse beiträgt, zeigt sich deutlich zu Beginn des Winters 1905/6. Das Jahrbuch berichtet für den Graunersee: „Eisdecke 13. November bis 31. Dezember“ und für den Haidersee: „Eisdecke 23. November bis 31. Dezember, teilweise Eisdecke 13. bis 22. Dezember“. Hiernach wäre für jenen schon am 13. November der Beginn der geschlossenen Periode anzusetzen, für diesen aber erst 10 Tage später. Ob vorher eine teilweise Vereisung bestand und wie lange sie währte, wird uns nicht gesagt. In Marienberg war damals der erste Eistag am 13. November, in Reschen schon am 11. Oktober. Die Unstetigkeit der Eisdecke geht daraus hervor, dass vom 13. bis 22. Dezember der Haidersee zum Teile eisfrei wurde. Halten wir am ersten angeblichen Schliessungsdatum fest, so bewegt sich die Schwankung des Beginnes der völligen Vereisung vom Winter 1904/5 her gar nicht, während sie unter der Annahme, diese habe erst am 23. Dezember endgültig eingesetzt, einen gewaltigen Ausschlag zeigt, der um so beachtenswerter ist, als er im entgegengesetzten Sinne zum Gange der Lufttemperatur erfolgt. Augenscheinlich liegen hier wieder lokale Störungen vor, die aber zum Teil in der Luftwärme begründet sein müssen, soferne wir dem um rund einen Monat verspäteten Eintreten des ersten Eistages in Marienberg ausschlaggebende Bedeutung beimessen.

Um die Erscheinungen zu Beginn der Eisperiode mit denen an den Trummerseen vergleichen zu können, sei zunächst eine Übersicht über deren Wannenform gegeben. Aus Tabelle 7 geht hervor, dass die vier Seen in annähernd gleicher Meereshöhe gelegen sind. Ihre Oberflächen verhalten sich zu einander wie 100:62:74:22, ihre absoluten Tiefen wie 100:171:150:56, die mittleren wie 100:105:150:74, die Volumina wie 100:66:110:16.

Die Wannenformen weichen demnach stärker voneinander ab als die der Reschenscheideckseen. Der Wallersee ist kein eigentlicher Flussee, er empfängt aber eine Reihe wasserreicher Zuflüsse, von denen der Wallerbach so mächtig ist, dass er sein Delta in den See vorzubauen vermochte, nachdem er einen lappenförmigen Ausläufer der Seewanne nach Norden hin zugeschüttet hatte.¹

¹ E. Fugger a. a. O. S. 8.

Tabelle 7. Die wichtigsten morphologischen Werte der Trummerseen.¹

Name des Sees	Meereshöhe des Seespiegels in m	Areal in km ²	Grösste Tiefe in m	Mittlere Tiefe in m	Volumen in Millionen m ³
1. Wallersee	504	6.62	23.4	10.0	66.7
2. Niedertrummeersee	500	4.16	40.0	10.5	43.8
3. Obertrummeersee	500	4.91	35.0	15.0	73.5
4. Grabensee	498	1.44	13.0	7.4	10.7

In der Gruppe der Trummerseen im engeren Sinne stellt der Niedertrummeersee einen Quellsee dar, da in ihn nur unbedeutende Gerinne münden. In den Obertrummeersee ergiessen sich einige namhaftere Wasseradern. Der Grabensee ist ein echter Flussee, insoferne er von dem Abflusse der beiden Trummerseen durchmessen wird.

Da die Angaben über den Zeitpunkt der ersten Eisbildung auf den Seen sehr spärlich sind, müssen wir es uns versagen, sie in Beziehung zum ersten Eistage in Strasswalchen zu setzen. Der Anfang der völligen Schliessung schwankt in den drei Seen, über die Beobachtungen vorliegen, in gleichem Sinne. Aber auch in dieser Gruppe wechseln die Seen in der Reihenfolge, in der sie sich schliessen. 1909/10 war diese: Niedertrummeer-, Waller-, Obertrummeersee, 1910/11: Waller-, Niedertrummeer-, Obertrummeersee. Immerhin beträgt auch hier der Unterschied nur einen oder wenige Tage. Beachtenswert ist die schöne Übereinstimmung zwischen der Schwankung des Schliessungsbeginnes und des ersten Eistages zu Strasswalchen.

Versuchen wir die gemeinsamen Züge im Beginne der Eisperiode für beide Seengruppen zusammenzufassen, so empfiehlt es sich, die Schwankungen des Haidersees denen des Niedertrummeersees gegenüberzustellen, weil beide als Typen ihrer Gruppe angesehen werden können. Vervollständigt wird das Bild durch die Schwankungen des ersten Eistages zu Marienberg und Strasswalchen, die, von geringfügigen Abweichungen abgesehen, mit einander übereinstimmen, obwohl jene Station in 1335 m Meereshöhe und in einer geographischen Breite von 46° 42', diese in 541 m Meereshöhe und unter 47° 59' gelegen ist. Dies erklärt sich daraus, dass in den für den Vereisungsbeginn belangvollen Monaten Strasswalchen ungefähr ebenso warm ist als Marienberg. Der Gang der Lufttemperatur zu Reschen vollzieht sich in demselben Sinne wie zu Marienberg, Reschen hat

¹ Nach Eberhard Fugger, Salzburger Seen. Mitt. der Gesellsch. f. Salzburger Landeskunde XXX. Bd. S. A. S. 7 ff. und Wilhelm Halbfass, Morphometrie der europäischen Seen. Ztschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde, Berlin 1903 u. 1904. S. 718 ff.

aber zu Beginn der Eisperiode um rund 4° niedrigere Temperaturen als dieses. Um so viel ist es demnach auch kälter als Strasswalchen. Demgemäss wäre zu erwarten, dass sich die Wirkungen der geographischen Lage in dem Sinne äusseren, dass sich die Schwankungen des Vereisungsbeginnes in beiden Seen nur als ein zeitlich verschobenes, sonst aber namentlich bezüglich des Sinnes der Bewegung völlig identisches Gebilde darstellen. Eine zeitliche Verschiebung lässt sich zwar mit aller Deutlichkeit verfolgen, die vermutete Identität besteht jedoch nur zum Teile.

Selbst wenn wir im Winter 1905/6 den 23. November als Zeitpunkt der völligen Schliessung des Haidersees annehmen, stimmen die beiderseitigen Schwankungen nur bis zum Winter 1906/7 überein. Während der Niedertrummersee auch in den folgenden Wintern mit den Bewegungen des ersten Eistages in befriedigendem Einklange steht, verschiebt sich die Schliessung des Haidersees in den Wintern 1907/8 und 1909/10 im entgegengesetzten Sinne. Da wir es in beiden Fällen mit einwandfreien Meldungen zu tun haben und sich die gleiche Abweichung auch im Reschen- und Graunersee wiederholt, müssen ihr Ursachen zugrundeliegen, die in der geographischen Lage an sich nicht gesucht werden können.

Die Gegenüberstellung der Reschenscheideck- und der Trummerseen führt uns somit zu dem Ergebnisse, dass sich der Einfluss der geographischen Lage zu Beginn der Eisperiode zwar in einer zeitlichen Verschiebung der Schliessung der Decke geltend macht, dass aber der Grad dieser Verschiebung von den mannigfachen Vereisungsfaktoren bedingt ist, welche dem See selbst innewohnen. Da der erste Eistag eine Funktion der geographischen Lage ist und selbst wieder in erster Linie den Vereisungsbeginn beeinflusst, vermag uns daher eine Karte, welche das Auftreten dieses Tages graphisch festhält, auch den theoretischen Beginn der Eisperiode zu versinnlichen. Die tatsächlichen Abweichungen des Vereisungsbeginnes sind variable Grössen, welche sich nicht einmal für denselben Winter und die Glieder einer und derselben Seengruppe in ihrem wirklichen Werte erfassen lassen. Wenn J. V. Eriksson¹ Beziehungen zwischen dem Passieren der Nullgradisotherme und dem Vereisungsbeginne in den Seen der betreffenden Gegend feststellen konnte, so ist dies eine in der Weiträumigkeit des gewürdigten Gebietes begründete Bestätigung der Richtigkeit unseres Ergebnisses.

Eine solche finden wir auch in Abbildung 4, welche die Beziehungen zwischen dem ersten Eistage und dem Beginne der Vereisung der Seen im Winter 1908/9 zu veranschaulichen sucht. Dieser empfiehlt sich deswegen, weil er der letzte ist, den H. Herpich² in Betracht zog. Unser Kärtchen³ vermag daher einen Überblick über den Vereisungseintritt in sämtlichen Seen der Ostalpen zu gewähren. Die

¹ a. a. O. S. 15.

² Die Eisverhältnisse in den südbayerischen Seen a. a. O. S. 6 ff.

³ Gezeichnet auf Grund der Angaben des Jahrbuches des hydrogr. Zentralbüros.

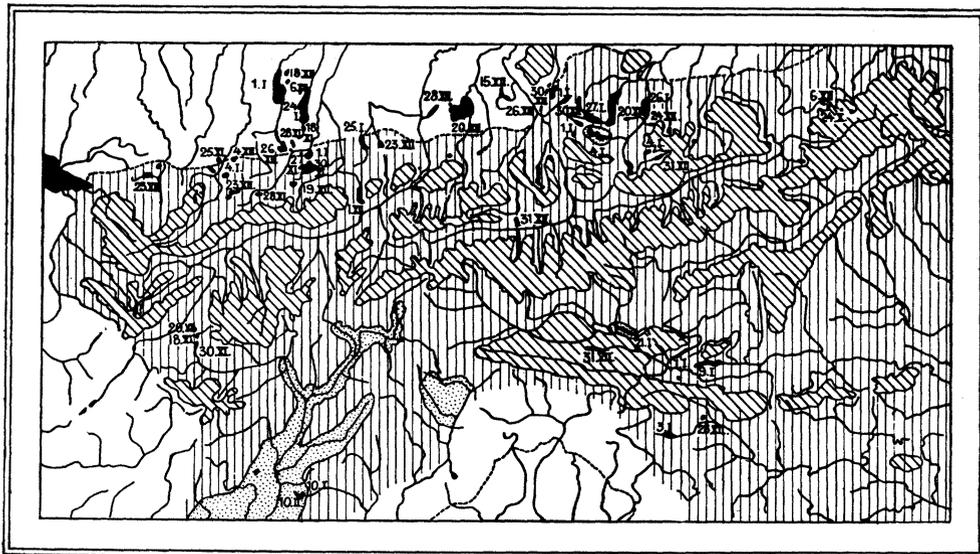


Abb. 4. Der Einzug des Winters 1908/09 in die Ostalpen.

18. XI. Beginn der Vereisung der Seen.

	Erster Eistag der Luft im Oktober oder früher.
	„ „ „ „ „ November.
	„ „ „ „ „ Dezember.
	Ungefäher Verlauf des Gebirgsfusses.

Grenzen der drei ausgeschiedenen Phasen können den tatsächlichen Zustand der Luftwärme nur annähernd wiedergeben, weil die Zahl der Beobachtungsstationen viel zu gering ist und daher Willkürlichkeiten ein weiter Spielraum gegeben erscheint. Immerhin geht aus dem Kärtchen hervor, dass sich der Beginn des Winters in funktioneller Abhängigkeit von der vertikalen Erhebung befindet. Ein Einfluss der geographischen Breite macht sich nur insofern geltend, als das Etsch- und Eisacktal sich durch besondere klimatische Begünstigung abheben und hier das Gebiet des spätesten Wintereinzuges nahe an das des frühesten heranreicht.

Der Beginn der Eisperiode steht zu dem ersten Eistage in einem recht wechselvollen Verhältnisse. Linien gleichen Vereisungsbeginnes zu ziehen, ist ausgeschlossen. Einige Beispiele mögen zeigen, wie verschiedenartig und daher graphisch nicht erfassbar die Faktoren sind, welchen der Haupteinfluss auf den Vereisungsbeginn zukommt.

Die Seen des Salzkammergutes liegen in einem Gebiete, in dem sich der erste Eistag der Luft in der ersten Novemberdekade einstellte. Der Wolfgangsee allein bildet eine Oase, da der erste Frosttag in Übereinstimmung mit der allgemeinen

Wärmelage der Gegend auf den 20. Oktober fiel, der erste Eistag aber erst auf den 26. Dezember. Die Verspätung des Vereisungsbeginnes gegenüber dem ersten Eistage der Luft betrug im

Grundlsee.....	55 Tage	Traunsee	79 Tage	Mondsee	80 Tage
Altausseersee ..	59 „	Vord.Langbath-		Ober Trummersee	54 „
St. Wolfgangsee	9 „	see	42 „	Nieder „	52 „
Offensee.....	46 „	Fuschlsee	54 „	Wallersee	52 „

Hienach zerfallen die Seen in zwei Gruppen. Zur ersten gehören Traun- und Mondsee mit einer Verschiebung von rund 80 Tagen, zur zweiten alle übrigen Seen mit einer durchschnittlichen Spannung von 50 Tagen. Der St. Wolfgangsee zählt wahrscheinlich zur zweiten Gruppe, da seine Sonderstellung wohl nur auf einen eigenartigen Zufall zurückzuführen sein dürfte. Da im Gebiete der Talseen des Salzkammergutes die Luftwärme, wie früher erwähnt wurde, durchwegs den gleichen Charakter zeigte, scheint die auffallend gleichmässige Verspätung in einer Reihe von Seen darauf hinzudeuten, dass bei ihnen die Lufttemperatur der ausschlaggebende Faktor für den Vereisungsbeginn war. Halten wir uns vor Augen dass es sich um Seen handelt, deren mittlere Tiefe zwischen 10 m (Wallersee) und 37.4 (Fuschlsee) schwankt, so wäre dies ein Ergebnis von besonderer Bedeutung, weil es dartun würde, dass Oberfläche, Volumen und Tiefe hinter der Einwirkung der Luftwärme vollkommen zurücktreten. Ein Blick auf den Traun- und Mondsee erschüttert aber die Berechtigung dieser Behauptung. Dass beide im Ausmasse der Verspätung übereinstimmen, obwohl jener eine mittlere Tiefe von 90 m, dieser von nur 36 m besitzt, spräche zwar, absolut genommen, für sie, ist aber relativ der stärkste Einwand gegen sie. Dazu kommt, dass der Fuschlsee bei annähernd gleicher mittlerer Tiefe um ungefähr einen Monat früher vereiste als der Mondsee und dieser wieder gegenüber dem St. Wolfgangsee um fast dieselbe Zeit zurückblieb, obwohl an diesem der erste Eistag der Luft dem Vereisungsbeginn nur um 9 Tage voranging.

Im Gebiete der oberbayerischen Seen ist das Bild des Vereisungsbeginnes noch bunter als im östlichen Teile der Nordalpen, obwohl sich der Einzug des Winters auch dort in ähnlicher Gleichmässigkeit vollzogen haben dürfte. Im Salzkammergute erscheinen als Extreme bei den in Betracht gezogenen Seen der 20. Dezember und der 27. Januar, in Oberbayern mit Ausschluss der Hochseen der 20. Oktober (Kastenseeonersee),¹ beziehungsweise der 21. Oktober (Tauben-

¹ Vgl. Herpich, H., a. a. O. S. 6 ff.

Widrig-, Frechensee) und der 25. Januar (Tegern-, Würmsee). Im besonderen sei auf den Vereisungsbeginn der Seen in der Umgebung des Würmsees hingewiesen. Im Ostersee nahm die Eisperiode am 18. November, im Staltacher- und Deichselfurtersee am 28. November, im Maisingersee am 6. Dezember und im Fohnsee am 20. Dezember ihren Anfang, während im Würmsee, der unter den gleichen klimatischen Bedingungen stand, die Eisbildung erst in der Nacht zum 25. Januar¹ anhub. Lässt sich zwischen diesem und dem Tegernsee einer-, dem Mond- und Traunsee andererseits eine gewisse Verwandtschaft hinsichtlich des Vereisungsbeginnes erkennen, so besteht diese auffallenderweise zwischen den erstgenannten beiden Seen und dem Kochel- und Walchensee nicht. In diesem nahm die Vereisung bereits am 30. November, in jenem dagegen erst am 1. Januar ihren Anfang. Die Tiefe der Seen vermag dies nicht zu erklären, da sie sich gemäss dieser in folgender Art reihen: Kochelsee (66 m), Tegernsee (71 m), Würmsee (123 m) und Walchensee (196 m).

Die Gruppe der Kärntnerseen breitet sich gleich den Salzkammergutseen in einer Gegend aus, in welche der Winter mit dem ersten Eistage der Luft in der ersten Novemberdekade einbrach. Eine Ausnahme macht nur der Weissensee, an dessen Ufern laut Meldung der Station Techendorf schon der 22. Oktober erster Eistag war. Andererseits bildet der Millstättersee ein Seitenstück zum St. Wolfgangsee, da auch er mit dem 9. Dezember als erstem Eistage der Luft sich ziemlich scharf von seiner Umgebung abhebt. Die Vereisung der Seen vollzog sich in der Zeit zwischen dem 31. Dezember (Weissensee) und dem 21. Januar (Millstättersee). Der Einfluss der Luftwärme ist demnach ziemlich klar ersichtlich.

Die beiden Krainerseen: Wocheiner- und Veldesensee, fügen sich gut in diesen Rahmen ein. Der Vereisungsbeginn unterscheidet sich aber um eine Woche, indem der tiefere und etwas höhergelegene Wocheinersee erst am 3. Januar, der Veldesensee aber schon am 28. Dezember sich zu schliessen begann.

Ob die Angaben über den Anfang der Eisperiode im Caldonazzo- und Levicosee einwandfrei sind, erscheint zweifelhaft. Der grössere und tiefere Caldonazzo-see soll erst einen Monat nach dem Levicosee das erste Eis gezeigt haben.

Unsere bisherige Betrachtung war nicht imstande, die funktionelle Bedingtheit des Vereisungsbeginnes klar nachzuweisen. Gewiss vermöchte eine Würdigung des besonderen Einflusses, den die Eigenart der Wannengrösse und Wannenform neben dem Wasserhaushalt des Sees auf den Anfang der Eisperiode ausüben,² manche Unstimmigkeit zu beseitigen, ganz gelöst könnten aber alle Fragen nur durch den Nachweis der Wärmeenergie werden, die der See in diesem Zeitpunkt besitzt.

¹ ebenda S. 25.

² Vgl. auch E. Richter, Seestudien. Penck, Geogr. Abhdlg. Bd. VI, H. 2, Wien 1897, S. 51.

Ich habe bereits seinerzeit¹ betont, dass die Zahl der Tage, die zwischen dem ersten Eistage der Luft und dem Gefrieren eines Sees verstreichen, abhängig ist von dem Wärmezustande des Wassers an jenem und von der Kältemenge, die von ihm an dem See durch die Luft zugeführt wurde. Auch E. Richter² hat schon darauf aufmerksam gemacht, dass der „Termin des Zufrierens der Seen noch von anderen Dingen abhängt als von der Temperatur der oberen Schichten, sei es dass man diesen Begriff weit oder eng fasst und darunter die obersten 10, 20 oder 50 m versteht“. Er hat ferner erkannt,³ dass der „Charakter des Jahres“ die Dicke der warmen Schicht und die Lage der Sprungschichte derart beeinflusse, dass beide von Jahr zu Jahr wechseln, weswegen es nicht angehe, „Temperaturserien aus verschiedenen Jahren zur Bildung von Mitteln zusammenzustellen“. Wie der Vorstoss oder das Zurückweichen des Gletscherendes, soferne diese Bewegungen nicht in den Bereich der jahreszeitlichen Schwankungen fallen, nichts anderes sind als Reaktionen auf klimatische Veränderungen, die zeitlich mehr oder weniger weit hinter ihnen liegen, so ist auch der Vereisungsbeginn die Reaktion des Seewassers auf die klimatischen Zustände, die ihre Wirkung auf den Wärmegehalt seiner ganzen Masse äusserten. Es liegt nahe, hiebei an die unmittelbar vorausgehende Zeit zu denken, also die Periode im Auge zu haben, die sich zwischen dem Ende der verflossenen und dem Beginne der neuen Vereisung erstreckt. Auf Richters zuvor erwähntes Ergebnis hinsichtlich der Lage der Sprungschichte gestützt, glaube ich jedoch annehmen zu können, dass sich die Vorbedingungen für den Wärmezustand des Sees am Anfange der neuen Eisperiode über diese Phase hinweg mehr oder weniger weit nach rückwärts ausdehnen, da die Dicke der warmen Schichte und damit auch die höhere oder tiefere Lage der Sprungschichte selbst wieder Funktionen des vorausgegangenen Wärmezustandes des Sees und der Einwirkungen sind, die nachher aus der Luft auf ihn erfolgten. W. Schmidts Untersuchungen über den Energiegehalt der Seen scheinen hienach grundlegende Bedeutung für die Lösung unseres Problems zu besitzen. Er berührt schon die Schrägstellung der Sprungschichte⁴ und führt sie zum Teil auf Sonnenstrahlung, zum Teil auf Windwirkungen zurück. Sie in einer für unsere Zwecke geeigneten Weise zu erfassen, wird erst dann möglich sein, wenn das Volumen und die mittlere Wärme der Wasserschichte genau bekannt sind, die den thermischen Einwirkungen der Luft und der Sonnenstrahlung⁵ ausgesetzt war. Dass hiezu gleichzeitige Messungen an tunlichst vielen Stellen

¹ Die Vereisung der österr. Alpenseen a. a. O. S. 11.

² Seestudien, a. a. O. S. 53.

³ ebenda S. 63.

⁴ a. a. O. S. 11. — Vgl. auch W. Halbfass, Temperaturmessungen in tiefen Seen in ihrer Beziehung zur Klimatologie. Naturw. Wochenschr. 1909. S. 388 ff.

⁵ Vgl. hiezu auch Schmidt, W., Absorption der Sonnenstrahlung im Wasser. S. B. A. W. Wien, math. nat. Kl. Bd. CXVII, Abt. IIa, S. 249.

mit dem von Schmidt konstruierten Temperaturlote erforderlich sind, legen die Ergebnisse nahe, die F. M. Exner¹ hinsichtlich des täglichen Temperaturganges im St. Wolfgangsee erzielte.

Auf Grund des uns zu Gebote stehenden Beobachtungsmaterials lässt sich nur sagen, dass überall dort, wo die Ganglinien des ersten Luftestages und des Beginnes der Vereisung weit voneinander abstehen, der See noch über einen namhaften Wärmeverrat verfügt haben muss. Im Winter 1905/6 war in Reschen der erste Eistag schon am 11. Oktober; erst vier Wochen später, am 13. November, vereiste der See. Unter Bedachtnahme auf die Wärmeenergie des Sees verstehen wir auch, wieso es möglich ist, dass sich beide Ganglinien im entgegengesetzten Sinne bewegen. Wenn beispielsweise im Winter 1903/4 der erste Eistag zu Reschen am 12. November und der Vereisungsbeginn im Reschensee am 28. November war, dagegen im folgenden Winter beide Phasen auf denselben Tag, den 22. November, fielen, so besagt das nichts anderes, als dass in dem ersten Winter im See ein weit grösserer Wärmeverrat aufgespeichert war als im zweiten, in dem übrigens der frühzeitige Eintritt des ersten Frosttages, am 18. September, tüchtig an der Aufzehrung dieses Vorrates mitgearbeitet haben dürfte. Ein derart promptes Zusammentreffen des Luftestages und des Anfanges der Eisperiode ist nur dann möglich, wenn das Seewasser auf den letzten Anstoss zum Gefrieren förmlich wartet. Die Wärmeenergie macht auch begreiflich, warum Anfang der Vereisung und völlige Schliessung der Decke einmal unmittelbar, ein anderes Mal erst nach einiger Zeit aufeinanderfolgen. Treten in der Wirkung der Luftwärme keine Unterbrechungen ein und unterliegt auch das zum Gefrieren schon bereite Wasser keinen Veränderungen, welche erwärmend einwirken, so muss dieses kontinuierliche Zusammenspiel beider Kräfte zur Beschleunigung des Vereisungsvorganges führen, während alles, was die Vereisungsfähigkeit des Wassers mindert, ihn verzögert. Auch die eigenartige Stellung des St. Wolfgang- und Millstättersees im Winter 1908/9 wird weniger auffallend, wenn wir uns vergegenwärtigen, dass beide infolge grossen Wärmeverrates imstande waren, an die Luft so viele Wärme abzugeben, dass sie selbst den Einzug des Winters zu hemmen vermochten.²

Reicht unser Beobachtungsmaterial auch nicht hin, den Einfluss der Wärmeenergie im einzelnen nachzuweisen, so bekräftigt uns doch schon das Wenige, das es uns verständlich macht, in der Ansicht, dass durch Mittelwerte aus den Zeitpunkten des Vereisungsbeginnes der tatsächliche Zustand eher verschleiert als geklärt wird.

¹ Über eigentümliche Temperaturschwankungen von eintägiger Periode im Wolfgangsee, ebenda S. 14.

² Vgl. hiezu auch W. Halbfass: Die Seen im Haushalt der Natur und des Menschen. Gaea 1909, S. 324.

Die Sachlage gestaltet sich nicht günstiger, wenn wir die Dauer der Eisperiode ins Auge fassen. Das Wechselspiel zwischen Wasserwärme und Luftwärme endet eben in dem Augenblicke, in dem sich die Eisdecke über dem See schliesst, nur scheinbar.¹ Die Dauer der Eisbedeckung und die Mächtigkeit des Eises sind demnach Funktionen beider Kräfte und um so schwerer als Wirkungen dieser zu erkennen, je weniger Einblick in die Zeit des anfänglichen Kampfes und des späteren Zusammenarbeitens beider wir besitzen. Eine graphische Darstellung der Dauer der Eisperiode vermöchte daher kein neues Bild zu gewähren. Der Gang der Linien vollzieht sich eben im allgemeinen in gleichem Sinne. Der Haidersee nimmt aber wieder eine Sonderstellung ein. Aus einem Vergleiche der Maxima der Eismächtigkeit geht hervor, dass der längsten Vereisungsdauer nicht immer die grösste Eisdicke entspricht. Diesem Ergebnisse dürfte aber besondere Bedeutung nicht beizumessen sein, weil nicht feststeht, ob sich die gemeldeten Eisstärken nur auf Kerneis beziehen oder ob sie auch Schneeis umfassen.

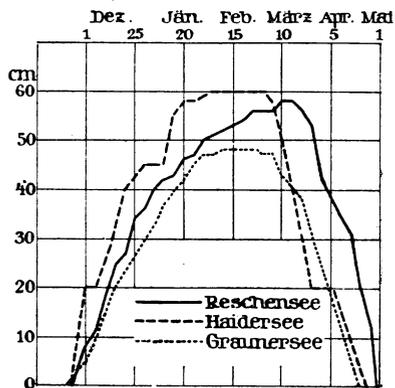


Abb. 5. Das Wachstum der Eisdicke in den Seen des Reschenscheideck im Winter 1902/3.

Wie verwickelt im einzelnen das Eiswachstum sich gestaltet, sei an dem Beispiele der 3 Reschenscheideckseen noch besonders gezeigt. Auf die Verschiedenheit des zeitlichen und quantitativen Fortschreitens der Eisdicke habe ich schon seinerzeit hingewiesen.² Abbildung 5 lässt die Sonderstellung erkennen, welche im Winter 1902/3 der Reschensee einnahm. Haider- und Graunersee stimmten im zeitlichen Wachstum nahezu überein.

Dass diese Gruppierung keineswegs eine feste Regel ist, geht aus der Tabelle 8 hervor, in welcher die Eismächtigkeit an einem Stichtage herausgehoben erscheint.

Tabelle 8. Die Eismächtigkeit der Reschenseen am 31. Dezember.

Winter	Reschensee cm	Graunersee cm	Haidersee cm	Graunersee	Haidersee
				in Prozenten des Reschensees	
1901/2	28	22	50	78.6	178.6
1902/3	36	30	45	83.3	150.0
1903/4	27	25	44	92.6	162.9
1904/5	25	30	30	120.0	120.0
1905/6	—	30	20	—	—
1906/7	34	35	40	102.9	117.6
1907/8	26	20	24	76.9	92.3

¹ Vgl. hiezu: Die Vereisung der österr. Alpenseen a. a. O. S. 19 u. 40.

² Die Vereisung a. a. O. S. 26 ff.

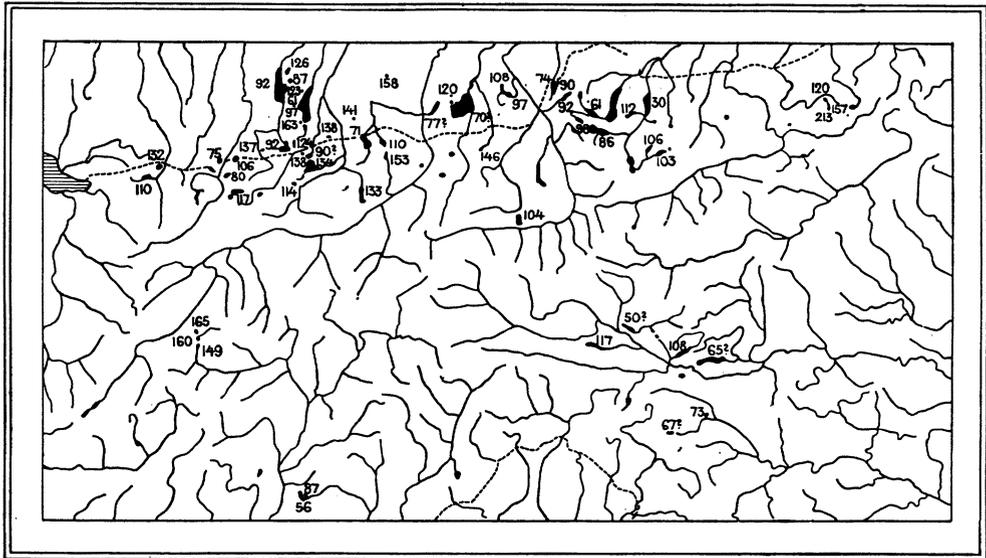


Abb. 6. Die Dauer der Eisperiode im Winter 1908/9. (Die Zahlen bedeuten Tage.)

Die Eisdicken sind derart, dass sie wohl zum grössten Teil Kerneis darstellen dürften. Bilden wir einen Mittelwert, so kommen wir scheinbar zu einem stetigen Verhältnisse: Reschen-, Grauner-, Haidensee : 1 : 0.9 : 1.4, aber eine Gegenüberstellung der Winter 1904/5 und 1907/8 belehrt uns über seine Unbrauchbarkeit.

Dass Mittelwerte der Vereisungsdauer bis zu einem gewissen Grade die einem See inwohnende Wärmeenergie und damit auch den Einfluss der geographischen Lage zu kennzeichnen vermöchten, ist immerhin denkbar. Das Bild, das sie hievon zu geben imstande sind, ist um so klarer, je länger die Zeiträume sind, aus denen sie abgeleitet werden und je gleichwertiger das Beobachtungsmaterial ist.

Wie Tabelle 1 lehrt, mangelt es für unsere Seen an längeren Beobachtungsreihen durchaus nicht, aber diese erstrecken sich nicht auf alle Seen und sind überdies mehrfach recht lückenhaft. Wir müssten also Werte miteinander in Verbindung bringen, die verschiedenen langen Zeiträumen entstammen. Eine Interpolation der Lücken verbietet sich, weil sie nur unter der Annahme dessen erfolgen könnte, was durch den Vergleich der Mittelwerte erst bewiesen werden soll. Hierzu kommt, dass die schon betonte Freiheit im Gebrauche des Begriffes „Eisdecke“ die Dauer der gesamten Vereisungsperiode und die Zeit der geschlossenen Decke nicht mit jener Schärfe anzugeben gestattet, die notwendig wäre, um die Vereisungsdauer als eine unmittelbar von der geographischen Lage abhängige

Grösse dazustellen. Wir müssen uns daher damit begnügen, die Dauer der Eisdecke nur für einen Winter im Kartenbilde festzuhalten.

Aus Abbildung 6 geht vor allem hervor, dass es nicht möglich ist, Linien gleicher Vereisungsdauer zu zeichnen, soferne man diese auf die Seen selbst beschränkt und der Phantasie keinen Spielraum lässt.¹ Im besonderen sei der Würmsee herausgehoben, den im Westen ein Kranz kleiner Seen umgibt. Abbildung 7 enthält auf Grund der Angaben H. Herpichs² für den Winter 1908/9 die Zahl der Tage, während der sich über die Seen eine Eisdecke spannte. Das Kartenbild verlockt geradezu zur Zeichnung von Linien gleicher Vereisungsdauer. Wir vermöchten zunächst den Würmsee von seinen Nachbarn zu trennen. Eine zweite Linie umfasste den Deichselfurter, Eglsee, Auweiher, Neusee und Fohnsee mit einer Vereisungsdauer von 90—100 Tagen; eine dritte Gruppe bildeten: Goppoltsriedersee, Stadlerweiher, Haarsee, Rottsee, Staltachersee, Gallerweiher, Maisingersee, Stechsee, Lustsee, Gröben-, Garten- und Ursee mit einer solchen von 100—125 Tagen, eine vierte der Ostersee mit 130 und eine fünfte der Frechensee mit 163 Tagen. Ob uns aber diese Linien den Einfluss der geographischen Lage zu zeigen vermöchten, ist eine andere Frage. Schon der namhafte Unterschied zwischen 61 und 163 Tagen auf verhältnismässig engem Raume spricht dagegen. Was diese Zahlen verraten, ist nichts anderes als die Resultierende aus dem Wirken der variablen und konstanten Faktoren auf den einzelnen See, die nur dann bei mehreren Individuen gleichgross ist, wenn die lokalen Vorbedingungen einander entsprechen. Wenn H. Herpich³ das eine Mal sagt, die 18-wöchige Eisperiode des Frechensees erkläre sich gegenüber der 14-wöchigen des Garten-, Ur-, Gröben-, Lust- und Stechsees daraus, dass seine Ost- und Westseite stark beschattet sei, und an anderer Stelle⁴ die Quellen dafür verantwortlich macht, dass der Fohnsee „trotz einer Tiefe von 23 m um 10 Tage

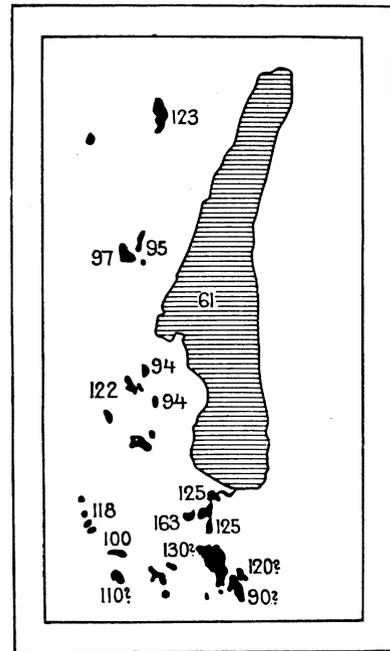


Abb. 7. Die Dauer der Eisperiode im Würmsee und den Nachbarseen im Winter 1908/9.

solchen von 100—125 Tagen, eine vierte der Ostersee mit 130 und eine fünfte der Frechensee mit 163 Tagen. Ob uns aber diese Linien den Einfluss der geographischen Lage zu zeigen vermöchten, ist eine andere Frage. Schon der namhafte Unterschied zwischen 61 und 163 Tagen auf verhältnismässig engem Raume spricht dagegen. Was diese Zahlen verraten, ist nichts anderes als die Resultierende aus dem Wirken der variablen und konstanten Faktoren auf den einzelnen See, die nur dann bei mehreren Individuen gleichgross ist, wenn die lokalen Vorbedingungen einander entsprechen. Wenn H. Herpich³ das eine Mal sagt, die 18-wöchige Eisperiode des Frechensees erkläre sich gegenüber der 14-wöchigen des Garten-, Ur-, Gröben-, Lust- und Stechsees daraus, dass seine Ost- und Westseite stark beschattet sei, und an anderer Stelle⁴ die Quellen dafür verantwortlich macht, dass der Fohnsee „trotz einer Tiefe von 23 m um 10 Tage

¹ Vgl. hiezu auch H. Herpich: Die Eisverhältnisse in den südbayerischen Seen a. a. O. S. 85 u. 86.

² ebenda S. 6 ff.

³ ebenda S. 72.

⁴ ebenda S. 75.

später vereist als der 37 m tiefe Ostersee“, so sind dies nur Versuche, die Abweichungen benachbarter Seen zu begründen, keineswegs aber Beweise für den ausschlaggebenden Einfluss der geographischen Lage. Wenn er die Ansicht ausspricht,¹ die „klimatischen Verhältnisse können, abgesehen von den Hochgebirgslagen im allgemeinen so ziemlich die gleichen genannt werden, so dass lediglich lokalen Erscheinungen, vor allem der Tiefe der grösste Einfluss auf den Vereisungsgang der Seen zuzuschreiben sein dürfte“, so können wir ihm bis zu einem gewissen Grade für das ganze Gebiet der Ostalpen beipflichten. Im Entwurfe der Kurven gleicher Vereisungsdauer vermögen wir ihm nicht zu folgen, da diese in der geographischen Lage allein keine Stütze finden und die lokale Eigenart auch in diesem Belange eine rein äusserliche Gleichstellung nicht verträgt. Ein Würmsee und ein Frechensee sind eben keine vergleichbaren Grössen.² Was W. Halbfass³ im allgemeinen betont, wenn er sagt, man müsse bei örtlichen Gegenüberstellungen thermischer Erscheinungen noch mehr als bei zeitlichen die spezielle Natur der verglichenen Seen im Auge behalten, um nicht zu falschen Schlussfolgerungen zu kommen, bestätigt unsere Untersuchung auf dem Gebiete der Vereisung der Seen im besonderen.

Wir kommen nun zur letzten Phase der Eisperiode, welche die Zeit vom Beginne des Eiszerfalles bis zum völligen Freiwerden der Seen von den Fesseln des Eises umfasst. Schon früher⁴ gelangten wir zu dem Ergebnisse, dass die geschlossene Decke im Wechselspiele zwischen Luft- und Wasserwärme eine andere Rolle spielt, als die geöffnete, welche der Luftwärme und der Sonnenstrahlung wieder unmittelbaren Einfluss auf das Wasser gestattet.

Das Beispiel des Reschensees zeigt uns deutlich, wie mannigfaltig sich im einzelnen der Schluss der Eisperiode gestaltet. Die Schwankungen des teilweisen Schwindens der Decke bewegen sich zwar, von einigen Abweichungen abgesehen, gleichsinnig, die Zeitspannung ist jedoch recht verschieden. Während beispielsweise im Winter 1898/9 die Auflösung der Decke im Haidersee am 5., im Graunersee am 6. und im Reschensee am 14. April ihren Anfang nahm und demnach ein Zeitunterschied von 9 Tagen bestand, eröffnete im Winter 1902/3 der Graunersee die Reihe mit einem Taubeginn am 20. März; erst am 11. April folgte ihm der Haidersee und am 16. April der Reschensee. Die Spannung betrug diesmal 27 Tage, d. i. dreimal so viel wie im Winter 1898/9. Die

¹ ebenda S. 85.

² Beachtenswert ist, dass Hildebrandsson und Rundlund (*Prise et débâcle* a. a. O. S. 3) bei dem Entwurfe ihrer Vereisungskurven eine Reihe von Seen ausschieden, die sich in den Werten der Eisperiode von ihren Nachbarn zu stark unterschieden. Es waren solche, die entweder eine stattliche Ausdehnung besitzen oder von beträchtlichen Wasserläufen durchmessen werden.

³ Die Thermik der Binnenseen und das Klima. *Petermanns Mitt.* 1905, X, S. A. S. 11 u. 12, sowie „Temperaturmessungen in tiefen Seen in ihrer Beziehung zur Klimatologie“ a. a. O. S. 387 ff.

⁴ Die Vereisung der österr. Alpenseen. A. a. o. S. 40.

Reihenfolge, in der sich die Seen öffnen, ist zwar nicht durchwegs die gleiche, doch behauptet mit Ausnahme der unsicheren Angabe über den Winter 1905/6 der Reschensee durchwegs die letzte Stelle. Von den beiden anderen Seen geht der Graunersee dem Haidersee so häufig voraus, dass wir wohl die Reihung Grauner-, Haider-, Reschensee als die normale ansehen können. Die Ursache hierfür kann in der geographischen Lage an sich nicht gefunden werden. Ein Blick auf Tabelle 3 lehrt uns, dass sie in der Tiefe und dem Volumen der Seen zu suchen ist.

In der Gruppe der Trummerseen liegen die Verhältnisse nicht so klar zutage. Die Spannung bezifferte sich im Winter 1910/11 auf acht Tage, da die Zerstörung der Eisdecke in den beiden Trummerseen am 23. Februar, im Wallersee aber erst am 3. März einsetzte. Im Winter 1912/13 umfasste sie 41 Tage, d. i. die Zeit vom 28. Januar bis 10. März. Während in dem zuvor genannten Winter die beiden Trummerseen sich gleichzeitig öffneten, verstrich im Winter 1912/13 zwischen dem teilweisen Schwinden des Eises im Ober- und Niedertrummeersee eine Zeit von zwei Wochen. Die Reihenfolge der Seen hinsichtlich des Vereisungsendes lässt sich nur in wenigen Wintern feststellen. Im allgemeinen scheint der Obertrummeersee den Reigen zu eröffnen, der Wallersee ihn zu schliessen. Dem Volumen nach müsste der Wallersee zwischen den beiden Trummerseen stehen. Der Obertrummeersee sollte sowohl vermöge seines Volumens als auch der mittleren Tiefe die letzte Stelle einnehmen. Wir entnehmen hieraus deutlich, wie variabel die lokalen Faktoren auf die Lufttemperatur antworten. Der Wallersee besitzt das grösste Areal, aber die geringste Tiefe, der Niedertrummeersee dagegen das kleinste Areal und die grösste Tiefe. Warum der Obertrummeersee sich so abweichend verhält, lässt das lückenhafte Beobachtungsmaterial über ihn nicht näher verfolgen.

Bezüglich des gänzlichen Schwindens der Eisdecke lassen die Reschenseeideckeen das klare Verhältnis nicht erkennen, das uns zu Beginn der Schmelzperiode entgegentrat. Im allgemeinen dürfte auch in diesem Belange der Reschensee sich als jenes Becken erweisen, das dem Frühlinge am längsten trotzt. In fünf Wintern finden wir aber den Haidersee an letzter Stelle, der ansonst mit dem Graunersee in schöner Übereinstimmung steht. Unter den Trummerseen erhält sich, soweit die wenigen Angaben einen Schluss zulassen, die Eisdecke am längsten im Wallersee.

Ein Vergleich der Verschiebung des letzten Eis- und Frosttages zu Marienberg Reschen, beziehungsweise zu Strasswalchen mit den Schwankungen des Endes der Eisperiode lässt zwar den Einfluss des Ganges der Lufttemperatur zu Reschen auf dieses erkennen, wir sehen zugleich aber auch, dass nebstbei andere Faktoren mit im Spiele sind, wenn wir die Marienberger Schwankungen in ihrer relativen Bedeutung würdigen. Eine Beziehung zwischen dem letzten Eistage zu Strass-

Tabelle 9. Dauer der Eisperiode in einigen oberbayerischen Seen in Tagen.

Winter	1904/5	1905/6	1906/7	1907/8	1908/9
Alpsee Bühl	104	113	119	112	110
Alpsee Schwangau	—	120	125	117	80
Baumwaldsee.....	118	117	118	147	106
Barmsee.....	83	111	135	135	114
Hopfensee	105	115	134	141	136
Kochelsee	70	76	87	86	—
Niedersonthofner See	95	84	117	112	132?
Schleiersee	96	132	121	135	110
Spitzingersee.....	—	—	162	—	153
Staffelsee	95	89	107	96	92
Tachingensee	76	82	93	69	108
Tegernsee	52	52	75	—	—
Walchensee	96	123	129	103	—
Wurmsee	41	13	49	19	61

dass sich das Bild ihres Vereisungsendes nicht ohne weiteres in das einfügen lässt, welches lediglich den Zustand der Luftwärme vergegenwärtigt.

Da die Dauer der Eisperiode noch am ehesten den Einfluss der geographischen Lage widerzuspiegeln scheint, sei die Schwankung dieser Grösse in einer Reihe von Seen für die Winter 1900/1 bis 1917/18 einer Würdigung unterzogen. Dem Material, welches die Tabellen 1 und 2 enthalten, gesellen wir die in der Tabelle 9 vereinigten Zahlen für einige Oberbayerische Seen bei, welche aus den Angaben H. Herpichs¹ berechnet wurden.

Um tunlichst viel Unsicheres aus der Betrachtung auszuschalten, verwenden wir nur die Werte für die gesamte Eisperiode, das heisst also für die Zeit vom Beginne der Vereisung bis zum völligen Schwinden der Decke. Wäre die Dauer der Vereisung nur eine Funktion der Strenge des Winters oder des Wärmezustandes der Luft überhaupt, so müssten die Schwankungen beider Grössen im gleichen Sinne verlaufen. Die Intensität der Schwankung käme auf Kosten lokaler Faktoren zu stehen und wäre demnach für die einzelnen Seen verschieden gross. Ja es wäre selbst denkbar, dass sie sich in einem und demselben See in verschiedenen Jahren änderte, weil auch die lokalen Faktoren Änderungen unterworfen sind.

¹ a. a. O. S. 6 ff.

Unsere Tabellen bieten Beispiele sowohl für die Gleichsinnigkeit als auch für die Widersinnigkeit der Schwankungen. Am auffallendsten ist wohl die Übereinstimmung aller Seen im Winter 1911/12, der nach dem Urteile des hydrographischen Zentralbüros¹ „auffallend schneearm war und in dem die Wintermittel gegenüber den fünfzigjährigen Normalwerten ansnahmslos positive Abweichungen zeigten, die sich zwischen 0.6° und 4.2° C bewegten“. Beachtenswert ist ferner die geringe Intensität der Reschenscheideckseen gegenüber der eines Vorderen Langbath-, Grundl-, St. Wolfgang- oder Fuschlsees. Der Winter 1907/8 mit „ausnahmslos übernormalen Temperaturmitteln“ lässt sich nicht in gleicher Reinheit erkennen. Er brachte in einer grossen Zahl von Seen eine kürzere Dauer der Eisdecke hervor, im Weissen-, Plan- und Lunzersee² sowie in einigen oberbayerischen Seen war das Gegenteil der Fall. Der Winter 1908/9 mit unternormalen Temperaturmitteln hatte vielfach eine Zunahme der Vereisungsdauer im Gefolge. Im St. Wolfgangsee und in einem grossen Teile der bayerischen Seen minderte sich diese. Der Winter 1909/10 zeichnete sich durch weit übernormale Temperaturen aus. Er war „seit längerer Zeit einer der mildesten Winter“ in den Alpen. Die Dauer der Eisperiode verringerte sich bis auf den Lunzer Untersee, den Plansee und den St. Wolfgangsee, in denen sie sich erhöhte. Recht lehrreich ist der Winter 1905/6, der nach den Wochenberichten „im Flach- und Hügellande mild, im Gebirge normal“ war. In ihm zerfallen die Seen in zwei Gruppen: die eine schwankt positiv, die andere negativ. Es weisen längere Vereisungsdauer auf: Schliersee, Lunzer Untersee, Walchensee, Hopfensee, Alpsee (Bühl), Barmsee, Zellersee i. P., Weissensee, Tachingen- und Kochelsee, kürzere dagegen Grundlsee, Staffelsee, Niedersonthofener-, Waller-, Levico-, Veldeser-, Fuschl- und Würmsee. Wir finden in beiden Gruppen Flachlandseen und Seen im Gebirge miteinander gemischt. Freilich dürfen wir hiebei die Unsicherheit manches Zahlenwertes nicht aus dem Auge verlieren.

Wir kommen mithin zu dem Ergebnisse, dass sich die Strenge des Winters nur dann in ausschlaggebender Weise zu äussern vermag, wenn die Temperatur in positivem oder negativem Sinne einen hohen Grad von Abnormität besitzt. Ist die Abweichung entweder an sich gering oder lokal verschieden, so wird der Einfluss der Lufttemperatur in mehr oder minder starkem Masse verwischt, ja er kann sogar vollkommen ausgelöscht werden.

¹ in den Wochenberichten über die Schneebeobachtungen.

² Nach G. Götzinger (Die Eisverhältnisse der Lunzer Seen. A. a. O. S. 93) betrug die Dauer der Eisperiode, gerechnet vom Tage der endgültigen Schliessung 106 Tage; aus seiner Tabelle ergibt sich nur eine Dauer von 96 Tagen. In der Tabelle auf Seite 8 gibt er als Datum des ersten partiellen Aneisens „Anfangs Dezember?“ an. Hierauf fusst unsere Zahl. S. 6 spricht er von einer ersten Eisbildung am 31. Dezember. Unter Zugrundelegung dieses Zeitpunktes erhalten wir bloss 100 Tage. Die Vereisungsdauer ist demnach in diesem Winter nicht vollkommen sicher.

Wir finden demnach unsere Ansicht bestätigt, dass jeder See ein Individuum für sich darstellt, das trotz einer Summe gleichbleibender Faktoren auf die jeweiligen klimatischen Zustände in verschiedener Weise antwortet, da es von diesen nur mittelbar, das heisst auf dem Umwege über die sich in ihm aufspeichernde Wärmeenergie beeinflusst wird. Je weniger diese von anderen Faktoren lokaler und zeitlicher Art abhängt, um so mehr spiegelt der Ablauf des Vereisungs- und Tauprozesses und mittelbar durch diese die Dauer der Eisperiode die Einwirkung der Luftwärme und damit auch der geographischen Lage.

Unser Beobachtungsmaterial ist viel zu lückenhaft, als dass wir auch nur innerhalb eines einzigen Sees das Wechselspiel aller in Betracht kommenden Kräfte klarzulegen vermöchten. Aber selbst wenn dies der Fall wäre, könnten die Ergebnisse dieser Betrachtungen innerhalb der Ostalpen nicht gemeinsame Züge von so ausschlaggebender Bedeutung liefern, dass sie Kurven gleicher Arten und Zeiten von Vereisungserscheinungen rechtfertigen liessen. In einem so engbegrenzten Raume übertrifft eben, wenn wir von den Hochgebirgsseen absehen, der Einfluss der geographischen Lage die übrigen, die Eisperiode bedingenden Faktoren nicht in solchem Masse, dass er nicht durch sie in den Hintergrund gedrängt werden kann. Nur in Gebieten grosser meridionaler Erstreckung vermöchte er sich stärker Geltung zu verschaffen, aber auch da nur dann, wenn die über diesen ganzen Raum verstreuten Seeindividuen in allen lokalen Belangen vergleichbare Grössen darstellen und daher als vollkommen gleichwertig zu betrachten sind. Inwieweit der Vereisung der Seen Beweiskraft für Änderungen des Klimas zukommt, ergibt sich hieraus von selbst.
