Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Luzern

Band: 1 (1895)

Artikel: Das Gefrieren der Seen in der Zentralschweiz während der Winter 1890/91 bis 1895/96

Autor: Arnet, X.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-523375

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.10.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Das

Gefrieren der Seen

in der Zentralschweiz

während der Winter 1890/91 bis 1895/96

von

X. Arnet

Professor der Physik an der höhern Lehranstalt Luzern.

Das

Gefrieren der Seen in der Zentralschweiz

während der Winter 1890/91 bis 1895/96.

I.

Zur Orientierung.

Es war im Jahre 1887, als die schweizerische naturforschende Gesellschaft in der Jahresversammlung zu Frauenfeld eine Spezialkommission aufstellte mit der Aufgabe, die allseitige Erforschung der schweizer. Seen in geologischer, physikalischer, chemischer, hydrographischer, botanischer und zoologischer Hinsicht zu leiten und zu fördern. Die Kommission wird kurz die *„schweizerische limnologische Kommission“* genannt. Dieselbe wurde damals bestellt aus den Herren Prof. Dr. *F. A. Forel* in Morges, Forstinspektor *Coaz* in Bern und Prof. Dr. *Asper* in Zürich. Krankheiten der Mitglieder und der frühzeitige Tod des hoffnungsvollen jungen Dr. Asper (1889) verzögerten den Anfang der Arbeit der Kommission. Im Jahre 1889 legte Herr Prof. Dr. Forel der Jahresversammlung der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Lugano ein eingehendes Programm über die verschiedenen Gruppen von Erscheinungen vor, welche an unsern Seen, sei es im Interesse der Wissenschaft, sei es im Interesse der Nationalökonomie zu studieren sind. Forel unterscheidet folgende Hauptrichtungen der Untersuchung: 1) hydrographische und topographische Arbeiten des schweizerischen topographischen Instituts; 2) Untersuchung des Bodens der Seen; 3) Untersuchung der chemischen Beschaffenheit des Wassers; 4) Studium der Temperaturverhältnisse; 5) Untersuchung der Transparenz des Wassers; 6) Prüfung der Farbe des Wassers; 7) Studium der „Seiches“, d. h. der stehenden Niveauschwankungen der Seen; 8) Studium der Wasserstandsveränderungen oder limnimetrischen Beobachtungen, die seit 1867 durch

das eidgenössische Departement des Innern geregelt sind; 9) die weitschichtige Untersuchung der naturhistorischen Vorkommnisse, der gesamten Flora und Fauna, der Seen.

Einen kleinen Bestandteil dieses grossen allgemeinen Seeprogramms bildet *die genaue Beobachtung und Konstatierung der Gefriervorgänge unserer schweizerischen Seen.* Im Winter 1890/91 erliess Prof. Dr. *Forel* in Morges, der damalige Präsident der schweizerischen limnologischen Kommission, das erste Mal nach allen Seiten und besonders auch in die Zentralschweiz seinen Aufruf, man möchte ihm zur Sammlung von Beobachtungen über die Temperatur und das Gefrieren der Seen behilflich sein. Im Auftrage der Luzerner naturforschenden Gesellschaft gelangte damals der Unterzeichnete in einem Zeitungsaufrufe vom 12. Jänner 1891, der auch in Separatabzügen möglichst verbreitet wurde, an alle der Naturforschung und Heimatkunde der *Zentralschweiz* freundlich gesinnten Kreise mit der Bitte, ihm über das *Zufrieren und Wiederauffrieren der hiesigen Seen* schriftliche Mitteilungen zugehen zu lassen nach folgenden Gesichtspunkten:

1. Ueber das Erscheinen des ersten Eises und über den Eintritt der gänzlichen Zufrierung unter Angabe bestimmter Daten;
2. über die Art des Gefrierens, ob es plötzlich und allgemein, oder langsam, zögernd und partienweise erfolgt sei;
3. über die Dicke des Eises zu verschiedenen Zeitpunkten, namentlich aber über die grösste beobachtete Eisdicke und das Datum derselben;
4. über das Datum des ersten Auffrierens oder des ersten Auftretens von freiem Wasser und ebenso über das Datum des letzten Eises auf einem See;
5. über allfälliges wiederholtes Gefrieren und Wiederauffrieren in einem Winter mit den bezüglichen Datumsangaben;
6. über das Entstehen einer dünnen Eisdecke während einer stillen hellen Nacht und das Wiederverschwinden derselben am folgenden Tage;
7. über andere Wahrnehmungen bezüglich Aufspalten, Krachen und Brüllen des Eises, Zeit und Wetterumstände dabei;
8. über allfällige Temperaturmessungen an der Oberfläche des Wassers vor und während der Gefrierperiode.

Dieser Aufruf hatte, wenn nicht einen vollen, so doch einen schönen Erfolg. Es gingen im ganzen über 40 Berichte, Briefe, Karten, Tabellen, Kärtchen u. s. w. von etwa 20 Beobachtern über zehn Seen der Zentralschweiz ein, darunter auch ein dickes Heft „Winter- und Eischronik des Winters 1890/91". Am liebsten waren uns diejenigen Berichte, welche nach Ablauf der Gefrierperiode einliefen und eine geordnete Uebersicht über den Verlauf und alle die verlangten Datumsangaben enthielten. Ein kurzes Referat über die Sache erschien im März und dann wieder im Mai 1891 in den beiden Tagesblättern „Luzerner Tagblatt" und „Vaterland" von dem Unterzeichneten. Das Material ging sodann an die schweizerische limnologische Kommission, speziell an Herrn Prof. Dr. F. A. Forel in Morges, zur Verarbeitung und Vergleichung mit den von andern Seen eingelangten Originalberichten. Als Frucht seiner Bearbeitung des gesamten Beobachtungsmaterials publizierte Herr *Forel* im Jänner 1892 seine höchst interessante, 43 Seiten starke Abhandlung: «*La congélation des lacs suisses et savoyards dans l'hiver 1891*» in den «Archives des sciences physiques et naturelles, T. XXVII. N° 1, Genève, 1892.» Die Abhandlung erschien auch als Separatausgabe und es wurde diese vom Autor freundlichst allen Beobachtern als Huldigung übersendet. Die zehn zentralschweizerischen Seen, für welche wir das Material eingeliefert, nahmen darin rund zehn Seiten der Detailbehandlung ein und waren also gebührend berücksichtigt. Forel zog aus seinen Tabellen interessante Vergleichungen und Schlüsse über die Verschiedenheit jenes Winters in der Schweiz. Er fand: 1) dass die Seen der Nordwestschweiz oder die Seen am Fusse des Jura im Jahre 1891 eine weniger intensive Gefrierung erlitten, als im Jahre 1880; 2) dass umgekehrt die Seen am Fusse der Alpen im Jahre 1891 viel heftiger vom Eise ergriffen wurden, als im Jahre 1880; 3) dass der ausserordentlich strenge Winter 1890/91 speziell nur in der schweizerischen Ebene als solcher auftrat, dass dagegen die Seen in den Bergen keine aussergewöhnliche Verlängerung der Gefrierperiode erlitten, dass z. B. der See vom Grossen St. Bernhard 270 Tage, anstatt des Mittelwertes 266 Tage, Gefrierdauer aufwies, der Silser See 166 Tage, anstatt des Mittelwertes 156 Tage. Im Jura droben hatte dagegen der Joux-See die ausserordentlich lange Gefrierdauer von

146 Tagen, anstatt des Mittelwertes von 52 Tagen. Die Resultate sind gewiss merkwürdig genug und ermutigen zur Fortsetzung dieser Eisstudien, welche eine Ergänzung zu den meteorologischen Beobachtungen bilden.

In den folgenden Wintern haben wir jeweilen bei Eintritt einer scharfen Kälteperiode den Aufruf zur Anstellung und Aufzeichnungen von Beobachtungen über das Gefrieren der Seen wieder erneuert. Einzelne fleissige Beobachter, speziell derjenige von *Sursee,* sandten Jahr für Jahr, ohne irgendwelche Erinnerung daran, ihre kurzen, aber präzisen Notizen wieder ein. Andere Beobachter wurden durch Zusendung der Aufrufe oder durch Briefe neuerdings aufgefordert und gedrängt und die Sammlung der Beobachtungen unter einigem Weh und Ach bis zum verflossenen Winter 1895/96 fortgesetzt. Es ist so ein ziemliches Beobachtungsmaterial aufgelaufen, über welches seit 1892 keine einlässliche Publikation mehr stattgefunden hat. Das war offenbar ein Nachteil für die Sache. Kurze Uebersichten über die Gefrierperioden wurden allerdings von dem Sammler, der inzwischen im Jahre 1892 auch als Mitglied der schweizerischen limnologischen Kommission berufen worden war, dem jetzigen Präsidenten dieser Kommission, Herrn Prof. Dr. *F. Zschokke* in Basel, eingesandt und in dem Jahresbericht der Kommission wurde die Sache kurz berührt. Ausführlich konnte das Detail da nicht besprochen werden. Dieses Jahr hat sich der Referent energisch zusammengenommen, um die Lücke auszufüllen und bietet hiemit den Mitgliedern unserer Gesellschaft, der limnologischen Kommission und den mitwirkenden Beobachtern die Frucht seiner diesbezüglichen Arbeit. Wir glauben, es bedürfe keiner langen Rechtfertigung, wenn wir trotz der zitierten Abhandlung von Forel auch die grosse Seegefrierung von 1890/91 mit möglichst viel Detail von den zentralschweizerischen Seen hier mit aufgenommen haben, so dass dieselbe den grössten Teil des Raumes beansprucht. Ohne dies wäre unsere Darstellung sehr unvollständig geworden, und bei späterm Nachsuchen und Vergleichen hätte man das Material der Tatsachen nirgends bequem beieinander gefunden.

Am Schlusse unserer Einleitung machen wir spätere Arbeiter auf diesem Gebiete noch aufmerksam, dass das ganze uns eingegangene handschriftliche Berichtsmaterial von den Seen der

Zentralschweiz, von uns nach Seen und und Jahrgängen geordnet, in einer Mappe an die löbl. Bürgerbibliothek der Stadt Luzern zur Aufbewahrung übergeben worden ist. Es figuriert daselbst als *„Manuskript, Quart, No. 244“* und hat die Aufschrift: *„Beobachtungen über das Gefrieren der Seen der Zentralschweiz, 1890/91 und folgende Jahre.“*

II.

Uebersicht über die Seen der Zentralschweiz.

Tabelle I.

Uebersicht über die Höhenlage, Oberfläche und Maximaltiefe der zentralschweizerischen Seen*) von über 0,1 km² Flächeninhalt.

(Nach dem statistischen Jahrbuch der Schweiz, V. Jahrg. 1895, pag. 12.)

No.	Name der Seen	Höhenlage ü. M.	Oberfläche	Maximaltiefe
		m	km²	m
1.	Seelisbergersee . .	736	0,18	37
2.	Oberalpsee . . .	2028	0,21	?
3.	Soppensee . . .	598	0,25	28
4.	Engstlensee . . .	1852	0,44	?
5.	Rotsee*	423	0,50	16
6.	Mauensee* . . .	508	0,57	9
7.	Lungernsee* . .	657	0,85	33
8.	Lowerzersee* . .	451	3,10	14
9.	Alpnachersee* . .	437	4,52	35
10.	Baldeggersee* . .	466	5,04	66
11.	Aegerisee* . . .	728	7,00	83
12.	Sarnersee* . . .	473	7,63	52
13.	Hallwilersee* . .	452	10,31	48
14.	Sempachersee* . .	507	14,28	87
15.	Zugersee* . . .	417	38,48	198
16.	Vierwaldstättersee*	437	115,48	214

*) Von den mit * bezeichneten 11 Seen liegen Beobachtungen über das Gefrieren vor, von den andern fünf Seen sind keine Beobachtungen da.

Bevor wir in die Zusammenstellung der Beobachtungen über das Gefrieren und Auffrieren der Seen eintreten, schicken wir in der Tabelle I eine *Uebersicht über Höhenlage, Oberfläche und Maximaltiefe der zentralschweizerischen Seen von über 10 ha = 0,1 km² Flächeninhalt* voraus. Es sind 16 solcher Seen. Die Tabelle ist dem statistischen Jahrbuche der Schweiz, V. Jahrgang, 1895, entnommen, mit Ausnahme des Alpnacher Sees, der daselbst nicht vorkommt, den wir aber für unsere Zwecke als separaten See auffassen und einführen müssen. Den Flächeninhalt des letztern haben wir auf der topographischen Karte des Kantons Luzern vom Jahre 1865, Massstab 1 : 25,000, durch wiederholte planimetrische Messung zu 4,53 km² und auf dem Siegfriedatlas, Blatt 377, Massstab 1 : 25,000, 1892 publiziert, zu 4,52 km² ermittelt. Forel giebt den Flächeninhalt zu 4 km² an.

Bergseen von über 10 Hektaren Flächeninhalt haben wir hienach in der Zentralschweiz nur zwei, den Oberalpsee und den Engstlensee, den erstern mit einer Höhenlage des Seespiegels von 2028 m, den letztern mit 1852 m über Meer. Von beiden ist die Maximaltiefe nicht bekannt; von beiden liegen bisher auch keine Gefrierbeobachtungen und Gefrierdaten vor. Die Höhenlage der übrigen Seen variiert zwischen 736 m (Seelisbergersee) und 417 m (Zugersee), die Maximaltiefe zwischen 9 m (Mauensee) und 214 m (Vierwaldstättersee). Von diesen 14 Seen der Ebene und Vorberge liegen im ersten Beobachtungswinter 1890/91 von 10 Seen, später von 7 Seen und in den letzten zwei Wintern von 11 Seen Beobachtungen vor. Gänzlich fehlen in den Gefriertabellen ausser den beiden Bergseen noch der Seelisbergersee, der Soppensee und der Lowerzersee. Wir wollen hoffen, dass in spätern Jahrgängen irgendwelche anwohnende Naturfreunde sich derselben annehmen und ihre Gefrierverhältnisse ebenfalls regristrieren werden. Je vollständiger die Tabellen sind, desto lehrreicher werden sie auch sein und desto eher wird es möglich, aus denselben gesetzmässige Beziehungen abzuleiten.

III.

Das Gefrieren der Seen der Zentralschweiz im Winter 1890/91.

Die Tabelle II enthält die mit grosser Sorgfalt aus den Originalberichten gemachten Zusammenstellungen über Beginn, Ende und Dauer der Gefrierperiode, Beginn, Ende und Dauer der totalen Zufrierung und über die gemessenen grössten Eisdicken mit dem betreffenden Datum der Messung. In einer eigenen Kolonne sind die Namen und der Wohnort der Beobachter angegeben, welche mit uns verkehrt haben. Da, wo die Berichterstatter uns die Beobachtungen von andern Drittpersonen mitgeteilt haben, konnten wir die Namen dieser eigentlichen Beobachter nicht auch anführen, da wir sie meistens nicht kannten. In dem Text zur Tabelle wird jeweilen auf diese Fälle hingewiesen, soweit sie uns bekannt waren.

Wir beginnen mit einigen *meteorologischen Notizen aus den Beobachtungsergebnissen der meteorologischen Station Luzern über den Winter 1890/91.* Der Winter war ein ausserordentlich strenger. Die Kälteperiode desselben begann am 26. November und endete am 26. Februar. Als Frosttage, d. h. als Tage mit Tagestemperaturen unter Null Grad, sind verzeichnet die Tage vom 26. November bis 22. Jänner (57) ohne Unterbrechung, dann vom 26. Jänner bis 30. Jänner (5), dann vom 5. bis 22. Februar (22). Die Zahl aller Frosttage beträgt 84 und die Summe der negativen Tagestemperaturen dieser Tage ist — 426° C., die mittlere Temperatur dieser Tage also — 5,07°. Am strengsten war die Kälte vom 6. bis 11. Jänner und vom 16. bis 21. Jänner mit Tagestemperaturen von — 8° bis — 14° C. Die tiefste Temperatur des Winters fiel bei uns auf die Nacht vom 19.—20. Januar und betrug, am Minimumthermometer beobachtet, — 16,8° C. An vielen Orten der Umgebung ging das Thermometer noch erheblich tiefer.

Vergleichshalber fügen wir bei, dass *im Winter 1879/80* die Zahl der Frosttage vom November bis Ende Februar 76 und die Summe der Kältegrade dieser vier Monate — 430° C. betrug, was für jeden Frosttag einen Mittelwert von — 5,66° ausmacht. Von der Summe — 430° fiel stark die Hälfte, nämlich — 216°,

auf die 28 Frosttage des Monats Dezember. Die tiefste Morgentemperatur, am gewöhnlichen Thermometer abgelesen, betrug — 17,8° C. am 9. Dezember 1879; die niedrigsten Tagestemperaturen waren — 12,8° und — 12,4° am 9. und 10. Dezember und — 10,7° C. am 20. Jänner 1880. Die Kälte war also damals ebenso intensiv, dagegen die Zahl der Frosttage etwas kleiner als im Winter 1890/91.

Wir durchgehen nun die eingelangten Spezialberichte über die einzelnen Seen, entnehmen daraus das die Tabelle ergänzende Detail der Beobachtungen und knüpfen daran unsere eigenen Vergleichungen, Erörterungen, Erklärungen und Bemerkungen. Wir hoffen, auf diese Weise das Berichtsmaterial für den Leser weniger einförmig und weniger ermüdend zu gestalten.

1. Der Rotsee.

Hr. *J. Berchtold* im Maihof berichtet: „Die erste Eisbildung erfolgte am 10. Dezember im obern Teile des Sees nnd setzte sich am 11. Dezember fort. Am 12. Dezember war der ganze See überfroren. Das Fahr wurde am 18. März 1891 aufgetan, allein bis am 24. März gingen die Leute noch immer über den See. In der ersten Woche des April war der See an schattigen Stellen, dem südöstlichen Ufer entlang, noch nicht aufgefroren."

Unter den Seen der Ebene bietet der Rotsee die längste Dauer der totalen Zufrierung (103 Tage), nicht bloss in unserer Tabelle, sondern auch in der grössern Tabelle von Forel über die gesamten schweizerischen und savoyischen Seen. In der Dauer der ganzen Gefrierperiode wird der Rotsee unter den Seen der Täler einzig von dem erheblich höher gelegenen Aegerisee um 9 Tage übertroffen. Vom Mauensee und Lowerzersee, die eine noch kleinere Maximaltiefe haben, als der Rotsee, vergl. Tabelle I, liegen leider keine Gefrierbeobachtungen vor und ein Vergleich ist unmöglich.

Nach Bericht von Hrn. *Berchtold* war die maximale Eisdicke des Sees anfangs März 62 cm. Es ist dies die grösste unter allen beobachteten Eisdicken in der Zentralschweiz. Am 1. März wurde auf dem See von den Besuchern ein Eisblock von 55 cm Dicke bewundert, den der Seebesitzer, Hr. Julius Hurter, hatte heraussägen lassen, lt. Bericht von Hrn. *Stamm* in Kriens.

Derselbe Hr. *Heinrich Stamm*, ein eifriger Schlittschuhgänger, berichtet über das *Krachen des Eises* folgendes: „Das Krachen erfolgt abends und nachts bei klarem Himmel, also bei starker Wärmeausstrahlung. Das Geräusch, das nach dem Brüllen kommt, ist ein starkes Zischen, das sich kreisförmig ausdehnt.“ Stamm meint ferner, die Eisdecke werde durch das darunter liegende *Wasser*, das sich durch die steigende Kälte ausdehne, gewaltsam gehoben, erlange grössere horizontale Ausdehnung und bilde deswegen *klaffende Spalten* mit ½ bis 3 cm Abstand der Eisplatten; nur selten quetschen sich die Spaltenränder. Diese Anschauung ist kaum richtig. Es ist vielmehr die durch die Strahlungskälte in der Nacht erfolgende Zusammenziehung oder die durch die Sonnenwärme am Tage erfolgende Ausdehnung der grossen *Eisfläche*, welche das Spaltenwerfen verursacht. In einem andern Berichte nimmt Hr. Stamm an, das Krachen am Abend des 8. Jänners, bei starkem Nordostwind, sei eine Folge des *schnellen Tiefergefrierens* und der dadurch bedingten Massenausdehnung des Eises gewesen. Das wollen wir gelten lassen.

In dem Berichte von *Stamm* sind von frühern Wintern noch folgende *Termine der Befahrbarkeit des Rotsees mit Schlittschuhen* angegeben: a. 1885 der obere Teil des Sees vom 6. Jänner an, der ganze See vom 20. Jänner an bis zirka Mitte Februar (40 Tage lang); a. 1886 bis 19. März; a. 1887 bis 6. März; a. 1888 bis 10. März; a. 1889 der obere See vom 6. Jänner an, der ganze See bis 17. März (70 Tage lang); a. 1889/90 vom 19. Dezember bis zum Auftauen im Jänner, dann vom baldigen neuen Ueberfrieren bis zum 9. März (etwa 65 Tage lang); a. 1890/91 vom 21. Dezember bis 15. März (85 Tage). Das späteste Schlittschuhfahrdatum war also in diesen sieben Jahren der 19. März (Josefstag) des Jahres 1886.

2. Der Sempachersee.

Herr *Jost Bächler* in Sursee berichtet: „Am 17. Jänner, bei Beginn der Beobachtungen, ist der See ganz zugefroren bis an eine kleine Stelle bei Sempach; in der folgenden Nacht gefror er vollständig ein. Die letzte vollständige Zufrierung fand im Winter 1879/80 statt; der sogen. „Trichter“, eine seichte Bucht

im Norden, bei Mariazell, bekommt fast jeden Winter eine Eisdecke. Am 2. Februar war eine Wasserstrasse von Nottwil nach Eich offen liegend; am 6. Februar war der See durch Eintritt neuer Kälte wieder fest gefroren und in seiner ganzen Ausdehnung passierbar. "

„Die Stärke des Eises, wenigstens diejenige im Trichter bei Mariazell, betrug noch am 23. Februar 45 cm; im Winter 1879/80 betrug die grösste Dicke daselbst zirka 60 cm. Am 28. Februar ist der See noch in seiner ganzen Ausdehnung begehbar. Am 19. März ist die Eisdecke noch für mittelgrosse Hunde beschreitbar. Am 30. März ist die Eisdecke um den Trichter herum 1 bis 6 m weit vom Ufer weg aufgefroren; Temperatur des Seewassers 3,0° C."

„Am 2. April war ein Drittel des Sees, der nördliche Teil desselben, eisfrei; infolge starken Westwindes entstand ein Auftauen des Eises am östlichen Ufer zwischen Eich und Sempach. Gewaltige Eistafeln von 30 und mehr Centimetern Dicke waren auf das Land hinausgeschoben. Am 9. April war die ganze Eisdecke infolge reichlichen Regens geschmolzen."

In den zwei Berichten von Hrn. *Th. Lang* im Seesatz bei Sempach steht folgendes: „Am 4. Jänner fror der See auf der obern Hälfte zu; nach etwa 8 Tagen, das Datum ist nicht mehr genau bekannt, wurde das Eis von einem starken Nordwestwind wieder gebrochen, aber am gleichen Abend fror der See bis auf eine kleine Stelle zwischen Oberkirch und Eich vollständig zu. Am 20. Jänner war das Eis schon 18 bis 20 cm dick. Am 22. Februar, bei Anlass eines Fastnachtfeuers auf dem Eise, fand man die Eisdicke 45 cm. — Den Ufern entlang begann das Auffrieren um Mitte März; doch wurde der See noch den 25. März von zwei Männern von Nottwil nach Sempach überschritten. Am untern Ende wurde der offene Kanal zwischen Ufer und Eis beständig breiter; der sogen. Unterwind wirkte fortwährend auf die Eismasse und schob am südlichen Ende gewaltige Eistafeln aufs Land hinaus; stellenweise lagern drei- bis fünffache solche Eislagen aufeinander, die noch nach dem 9. April, dem Tage des vollständigen Auffrierens, mehrere Tage sichtbar waren. — Den ganzen Winter hatten wir hier immer bedeutend kälter, als die meteorologische Station in Luzern in den Zeitungen notierte. Wiederholt

sank das Thermometer auf — 18 bis — 20° C., noch am 25. März morgens auf — 11° C., während in Luzern — 4° C. notiert war."

Herr *Andr. Rüttimann* in Sempach berichtet: „Situation am 14. Jänner: eine Eisdecke 30 bis 40 cm weit vom Ufer weg in den See hinaus reichend. Am 16. abends, nach Schneefall und Aufheiteruug, Temperatur des Seewassers noch 1¼° C., am 17. ist der See vollständig zugefroren. Am 18. ist die Eisdicke am Ufer 10 cm. Waghalsige getrauen sich schon auf die Mitte hinauszugehen, finden aber das Eis daselbst dünn. Am 14. Februar war die Eisdicke auf 39 cm angewachsen und es tummelten sich fröhliche Schlittschuhläufer auf der spiegelglatten Fläche. Doch kurz war die Freude; ein 30 cm hoher Schnee legte sich schützend hernieder. „Es wär' zu schön gewesen; es hat nicht sollen sein!" — Ostern geht vorbei, der Eiskoloss trotzt noch immer, als wären wir in einer Polargegend. Noch am 25. März marschieren zwei Personen über den See nach Nottwil. Der April endlich sprengte die Fesseln. Das Eis wurde spröde, die Decke löste sich vom Ufer ab und in der Mitte bildeten sich „Bäche". Das Eis wurde nach dem obern Teile des Sees zusammengestossen. Der 7. April räumte stark mit dem Eise auf. Dem Nottwiler Berg entlang zog sich das erste Gewitter für 1891. Die Wellen peitschten das Eis, der Donner rollte, der Regen platzte hernieder, gewiss ein seltenes Naturereignis. Diesem Andrange vermochten die vorher noch so trotzigen Eisplatten nicht zu widerstehen; sie lagen zertrümmert da und schwammen herum, wie die Trümmer einer besiegten Armee herumirren. Bald verschwanden auch diese und die Sonne spiegelte sich wieder in den Fluten des Sees . . . . ."

Die Beobachtungen über das *Brüllen des Sees* stellen wir speziell zusammen. *Th. Lang* berichtet: „Am 22. Februar fand man die Eisdicke 45 cm. Spalten gab es unzählige, von welchen einige bis zu 1 Meter breit waren. Das Krachen und Brüllen war sehr unregelmässig, bald war es stundenweit hörbar, bald herrschte wieder tagelanges Schweigen." — *J. Bächler* meldet vom 2. Februar: „Durch Spalten der Eisdecke zwischen Nottwil und Eich in der Nacht vom 1./2. Februar entstand ein 50 cm breiter offener Streifen von SW nach NE laufend. Das Eis ist daselbst kreuz und quer gebrochen und aufgestaut. Das Krachen

und Dröhnen war weithin hörbar. Der See ist an jener Stelle für den Moment nicht mehr passierbar.“ — *Andreas Rüttimann* schreibt: „Am 18. Jänner, also am ersten Tage nach dem vollständigen Zufrieren, zeigte sich starkes Krachen mit Spaltenwerfen kreuz und quer. Letztere Erscheinung beobachtete man den ganzen Jänner hindurch, besonders mittags bei klarem Sonnenschein. In der Ferne gleicht dieses Geräusch dem Schnurren einer Bassgeige. Der See „brüelet“, sagen dann die Leute. Auch im Februar dauerte das Krachen und Spaltenwerfen fort. Am 5. Februar mittags bei klarem Himmel und Sonnenschein hörte man plötzlich einen „Krach“, der sich gleich rollendem Donner in die Ferne fortpflanzte. Es wurde in jenem Momente eine Spalte aufgeworfen, die zirka 1 Meter breit war. Das aufgeworfene Eis bildete einen Walm, an welchem Eisplatten von einem Quadratmeter Fläche keine Seltenheiten waren. Die Spalte ging vom Ufer bei Eich aus und verlor sich in einer zickzackförmigen Linie am jenseitigen Ufer.“

Nach diesen Beobachtungen ist eine Spaltenbildung mit aufgeworfenen und gestauten Rändern sowohl *mittags bei Sonnenschein* (5. Februar), als auch *nachts bei Tauwetter* (1./2. Februar) vorgekommen. Die Ursache muss beide Male in der Ausdehnung der Eisdecke durch die Luftwärme liegen und nicht in einem Tiefergefrieren. Ein nächstes Mal sollten die beiden Arten der Spaltenbildungen (klaffende Spalten und Spalten mit gestauten Rändern) und die Verhältnisse, unter welchen beide Arten entstehen, noch genauer beobachtet und studiert werden.

3. Der Lungernsee.

Dem Bericht von Hrn. Revierförster *B. Imfeld* in Lungern entnehmen wir folgendes: „Von Mitte Dezember bis 20. gleichen Monats gefror der nördliche Teil bis an die kleine Insel zu. Dieser Teil hat eine ganz unbedeutende Tiefe, stellenweise bloss 3 m; der obere Teil blieb etwa 10 Tage länger gänzlich unüberfroren. Am 22. Jänner erreichte das Eis schon eine Dicke von 20 cm, Mitte Februar 30 cm und am 1. März 40—43 cm. Nur auf 30 cm Dicke war das Eis schön klar und durchsichtig, die oberste Schicht war mehr gefrorener Schnee und gefrorenes Regen-

wasser. Von Mitte März an begann das Eis wieder zu verschwinden und zwar in umgekehrter Zeitfolge von dem Zufrieren. Bis zum 1. April war der südliche Teil ob der Insel gänzlich eisfrei; auf dem nördlichen seichten Teil löste sich das Eis rings von den Ufern und verschwand ganz langsam. Am 10. April schlug ein starker Westwind den Rest zusammen."

Die Zunahme der Eisdicke betrug also hienach bis zum 1. März durchschnittlich 0,6 cm per Tag, in der zweiten Hälfte Februar bis 1. März etwa 0,9 cm per Tag.

4. Der Baldeggersee.

Die Eisdicke betrug am 3. Jänner 10 cm, am 24. Jänner 25 cm, Ende Februar 45 cm. Die ersten fünf Tage nahm also die Eisdicke täglich um etwa 2 cm zu, später im Durchschnitt täglich um 0,6 cm. Hr. Prof. *Heller* in Hitzkirch berichtet ferner, dass die Eisdicke von unten und oben gewachsen sei, oben durch Schneefall, nachherigen Regen und nachfolgendes Gefrieren. Die so entstandene schneeige Eisschicht betrug etwa ein Viertel der ganzen Dicke, also ca. 11 cm. (Auf dem Lungernsee war diese schneeige Eisschicht 10 bis 13 cm dick. Vergl. den vorigen Bericht).

„Die Spalten im Eise", so berichtet *Fr. Heller,* „entstehen oft dadurch, dass das Eis infolge von Spannungen sich abwärts faltet, dass die Falten, weil ins Wasser getaucht, bald schmelzen und lange Spalten von 1 bis 2 m Breite zurücklassen."

„Da und dort zeigten sich Spalten, bei welchen das Eis aufgeworfen war. Sehr merkwürdig ist, dass fast alle Jahre eine solche Spalte die gleiche Richtung einschlägt, nämlich von Unterscheidbach zwischen Gelfingen und Baldegg gegen Retschwil hin. Ganz kleine Spalten waren sehr viele zu sehen. Von Zeit zu Zeit hörte man auch ein starkes Krachen der Eisdecke, besonders bei heiterm Wetter und bei mondhellen Nächten." So berichtet Seminarist *Jans,* in Gelfingen wohnhaft, an Prof. *Spieler* in Hitzkirch.

„Noch nie beobachtete ich," so schreibt Prof. *Heller,* „so gewaltige Wirkungen des Eises infolge von Ausdehnung gegen den Frühling zu. Stellenweise wurde ein Walm Erde gegen das Ufer aufgetürmt."

Betreffend die obige *Erklärung der Spaltenbildung* durch Abwärtsfaltung der Eisdecke fügen wir folgendes bei: Die Erklärung kann zutreffend sein, wenn das Eis infolge Senkung des Wasserspiegels nicht direkt auf dem Wasser aufliegt, sondern stark hohl liegt. Liegt jedoch das Eis auf dem Wasser auf, so wird bei stattfindender Ausdehnung des Eises die Faltung vielmehr nach oben stattfinden müssen, bis ein Brechen erfolgt. Wie schon früher erwähnt, kann die Spaltenbildung auch durch Erkaltung infolge nächtlicher Ausstrahlung und durch daherige Kontraktion der Eisschichten erfolgen. Die Ausdehnung sowohl als die Zusammenziehung rufen zuerst Spannungen in der Eisdecke hervor, bis an den schwächsten Stellen entweder ein Biegen und Brechen oder aber ein Zerreissen eintritt. Wenn eine Spalte in verschiedenen Wintern die gleiche Richtung einschlägt, so scheint uns dies davon herrühren zu müssen, dass gewisse Verhältnisse in jener Richtung eine geringere Festigkeit, vielleicht eine geringere Dicke des Eises, erzeugt haben. Künftige Beobachtungen sollten diese Umstände näher festzustellen suchen.

5. Der Hallwilersee.

„Am 15. März war die Bucht von Mosen zugefroren. An den Ufern ging die Eisbildung langsam vor sich; in der Mitte des Sees und überhaupt bei grösserer Tiefe gefror der See plötzlich, während einer Nacht, zu. Die Eisdicke war am 4. Jänner 12 cm, am 11. Jänner 20 cm, am 3. Februar 32 cm.“ Dies wird als die grösste Dicke des Eises bezeichnet. Zu Ende Februar oder anfangs März sind jedoch keine Messungen der Dicke mehr erfolgt, so dass die Maximaldicke vermutlich doch noch grösser war als 32 cm. — Ueber das Auffrieren heisst es: „Zuerst froren die Mündungen der Bäche auf, z. B. die Mündung des Vordernbaches beim Dorfe Aesch und von dort ein Strich von 3 Metern Breite bis an den Beinwilerwald schon am 26. März, sodann der unterste Teil des Sees von der Gemeinde Seengen bis nach Meisterschwanden und Birrwil hinauf den 27. März. Eisdicke am 27. März noch 4 cm. Ganz aufgefroren war der See am 6. April.“ — Dies nach Bericht von einem in Aesch wohnhaften zuverlässigen Seminaristen, welcher im Auftrage von Prof. *Spieler* die Beobachtungen sammelte; der Name des Beobachters ist nicht genannt.

6. Der Aegerisee.

„Die Eisbildung begann auf dem untern, nordwestlichen Teile des Sees um Mitte Dezember. Das Zufrieren trat trotz der grimmigen Kälte langsam ein. Die Dicke des Eises variierte zu verschiedenen Zeiten bedeutend. An mehreren Orten konnte man im Februar und März eine Dicke von über 50 cm beobachten. Es ist mir versichert worden", so berichtet Lehrer *J. Nussbaumer* in Unterägeri, „dass dieselbe auf der Sonnenseite bedeutender gewesen, als auf der südwestlichen Seite, dem Berge entlang, wo bis gegen Ende Januar die Sonne keinen Zutritt hat."

„Das Auffrieren vollzog sich höchst langsam durch Auftauen; eine leichte Bise machte erst am 17. April den letzten Rest verschwinden."

„Noch zweimal entstand nachher partienweise eine ganz dünne Eisdecke, die aber je wieder am folgenden Tage verschwand."

„Die grösste Zeit war auf dem Eise eine Schneedecke vorhanden."

Die gesamte Gefrierdauer des Sees ist hienach 123 Tage; sie ist von allen beobachteten Seen der Zentralschweiz die grösste.

7. Der Sarnersee.

„Das Gefrieren begann auf der untern, nördlichen Hälfte des Sees, am 3. Jänner. Eisdicke am 21. Jänner 15 cm, am 27. Jänner 24 cm, am 8. Februar 21 cm, am 9. Februar 24 cm, am 25. und 27. Februar 32 cm. Krachen des Eises wahrnehmbar am 9. und 23. Februar. Die Abnahme der Eisdicke konnte nicht beobachtet werden, da in den ersten Tagen des März die rasche Schneeschmelze zu Berg und Tal soviel Wasser bewirkte, dass das Eis bedeutend gehoben wurde und die Ufer nicht mehr erreichte; das Eis war unzugänglich geworden. Zudem war das Betreten des Eises polizeilich verboten. Am 17. März gewaltiger Föhn; am 19. März wieder Föhn; die eisfreien Stellen im Süden nehmen rasch zu; in der Mitte des Sees entsteht eine breite Wasserstrasse von West nach Ost. Vom 26. bis 31. März nimmt das Eis von Tag zu Tag von Süden nach Norden hin ab; am 31. März ist nur mehr ein schmaler Streifen Eis im Norden des

Sees vorhanden, der ganzen Breite entlang, und abends spät am 31. März wurde das Eis „in den April geschickt.“ An der Mündung der Melchaa schmolz das Eis schon vom 17. Februar an.“

In dem Bericht des Beobachters, P. *Hier. Felderer*, Professor am Kollegium in Sarnen, finden sich auch Messungen der *Wassertemperatur*, teils an der Oberfläche, teils in 2 m Tiefe. Diese Messungen wurden von einem zuverlässigen Studenten vorgenommen. Wir entnehmen daraus folgende Angaben:

	Oberfläche:	2 m Tiefe:
19. Jänner	0,7° C.	1,7° C.
21. „	— 1,0° „	0° C.
24. „	— 1,0° „	— 0,5° C.
30. „	— 3,0° „	— 0,5° „
9. Februar	— 2,0° „	— 1,0° „
16. „	— 2,0° „	— 1,0° „
20. „	— 1,0° „	0° C.
25. „	— 1,0° „	0° „
27. „	0° C.	0° „

Als *tiefste beobachtete Lufttemperaturen in Sarnen* von morgens 7 Uhr giebt der Bericht von P. Felderer an:

am 16. Jänner	— 17,5° C.
„ 20. „	— 18,7° „
„ 9. Februar	— 17,2° „
„ 16. „	— 17,2° „

Vergleichshalber fügen wir die an den gleichen Tagen morgens 7 Uhr abgelesenen *Lufttemperaturen in Luzern*, auf der meteorologischen Station auf der Musegg, hier hinzu samt der Differenz von Luzern gegenüber Sarnen.

	Luzern:	Differenz gegenüber von Sarnen:
am 16. Jänner	— 13,8° C.	+ 3,7° C.
„ 20. „	— 14,6° „	+ 4,1° „
„ 9. Februar	— 11,0° „	+ 6,2° „
„ 16. „	— 11,8° „	+ 5,4° „

Es war also während der strengen Frostzeit in Luzern um 4° bis 6° weniger kalt, als in Sarnen. Ein Teil dieser Differenz wird allerdings durch die Lage der Luzerner Station im Gebiete der Stadt bedingt sein; wie viel, ist nicht bekannt.

Herr P. *Felderer* bemerkt bezüglich der Lufttemperaturen noch folgendes: „Die Lufttemperatur ist oben nur an (29) wolken- und nebelfreien Morgen notiert. Für die übrigen in der Tabelle nicht enthaltenen Tage ist sie der Luzerner Stadt-Temperatur fast ganz gleich. Gewöhnlich ist es hier an nebligen Morgen um einen halben Grad wärmer."

8. Der Alpnachersee.

Der Alpnachersee bildet ein vom übrigen Vierwaldstättersee durch eine etwa 800 m breite Barre bei der Achereggbrücke abgeschlossenes Becken. Die Maximaltiefe des Beckens beträgt bloss 35 m und an der engen Zusammenhangsstelle, ca. 300 m breit, bei Acheregg reicht die genannte Barre bis 4 m unter den Wasserspiegel hinauf. Der See verhält sich daher bezüglich des Gefrierens fast wie ein isoliertes kleines Becken und bedeutend anders, als die übrigen Buchten und Becken des Vierwaldstättersees. Dies ist der Grund, warum wir den Alpnachersee gesondert aufführen.

Das Gefrieren begann hier am 1. Jänner, 11 Tage früher als in der auch sehr seichten Luzerner Bucht. Am 9. Jänner mussten die Dampfschiffe die Fahrten einstellen, am 10 Jänner wurde die Zufrierung bis zur Achereggbrücke eine totale. Herr Pilatusbahn-Direktor *R. Winkler* in Alpnachstad sorgte dafür, dass die fortschreitende Eisdicke bei drei Probelöchern, auf der Linie Alpnachstad-Rotzloch liegend und ca. 100, 500 und 900 m vom Ufer in Stad entfernt, in Intervallen von 3 bis 7 Tagen gemessen wurde. Die Dicken bei den drei Probelöchern stimmten fast genau überein. Bei 900 m Distanz war die gemessene Dicke am 20. Jänner 15 cm, am 27. Jänner 22 cm, am 31. Jänner 25 cm, am 7. Februar 27 cm, am 10. Februar 29 cm, am 14. Februar 32 cm, am 17. Februar 35 cm, vom 21. bis 28. Februar immer 36 cm, am 6. März 30 cm. Am 14. März Bildung von grossen Spalten, am 25. März erstes Auffrieren und Eisbruch, am 1. April Wiederbeginn der Dampfschifffahrten. Die Dampfschiffkurse waren also vom 9. Jänner bis 1. April oder 82 Tage lang eingestellt. Am 3. Februar hatte das reine Eis eine Dicke von 18 bis 19 cm, der Rest von 7 bis 6 cm bestand aus aufgelagertem, geschmolzenem

und wieder gefrorenem Schnee, und die Eisdecke war durch Tauwetter mürbe geworden. Am 7. Februar war die Eisdecke wieder fest und wuchs von unten. Vom 21. Februar an stieg der See, das Eis krachte. *Am 6. März war die Eisdecke um 16 cm gehoben,* die Cote der Oberfläche war 436,66 m, während dieselbe am 10. Jänner 436,50 m betrug.

Der Gewährsmann, Hr. Direktor *Winkler,* erwähnte in seinem Berichte als eigentümlich und charakteristisch *das Vorhandensein sehr vieler warmer Quellen,* Sumpfgasquellen, vom Volke „Kochbrunnen" genannt. Dieselben sind von grösserer und kleinerer Intensität, von denen die bedeutendsten, ca. 10. Stück, selbst der heftigsten Kälteperiode getrotzt haben und nicht überfroren sind. Diese Quellen befinden sich vorzüglich am linken (westlichen) Ufer; doch sind auch einige auf dem rechten (östlichen) Ufer, sowie in der Mitte des Sees. Die letztern sind aber nicht so bedeutend und waren alle überfroren. — Als Wassertemperatur unter dem Eise wurde im Jänner 0°, Mitte Februar — 0,2° bis — 0,3°, gegen Ende Februar 0° und am 6. März + 0,5° gemessen. Das Thermometer war nicht kontrolliert.

Aus den Aufzeichnungen des Herrn Stadtschreiber *A. Schürmann,* Luzern, entnehmen wir über einen dem Alpnachersee am 19. März 1891 abgestatteten Besuch folgendes:

„Sowie man, von Acheregg herkommend, um die Ecke des Loppers biegt, so zeigt sich der See noch immer geschlossen. Die Dampfschiffe haben jedoch durch die Eisdecke eine Bahn bis nach Rotzloch gebrochen. Das Offenhalten dieser Wasserstrasse hat den Dampfschiffen schon viele Radschaufeln gekostet. Am Ufer befinden sich offene Stellen, Lagunen, von 1 bis 10 m Breite. Auch mitten im Eise kommen solche Lagunen vor; vermutlich rühren sie von Quellen mit wärmerem Wasser her. (Vergl. oben die Angabe über die „Kochbrunnen".) Die Farbe der Eisfläche ist dunkelgrün mit Weiss überhaucht. Die Eisdecke war noch zirka 10 cm dick, aber locker. Ein herausgehobenes Eisstück bildet nicht mehr eine gleichmässig klare Masse, sondern es ist aus senkrecht stehenden Stücken (Prismen) zusammengesetzt, die nur locker aneinander haften und beim Aufschlagen des Stückes auf den Boden in eine Menge von Nadeln auseinander-

fallen. Woher diese Struktur?“ (Der Leser vergleiche die betreffenden Beobachtungen am Zugersee.)

„An dem Seeufer und an den Abhängen des Loppers stehen Tussilago farfara, Erica carnea, Viola alba und Viola canina und Bellis perennis zahlreich in Blüte. Die Ericastöcke sind besonders reich an Blüten. Das Wunder ist fertig: hart an dem eisbedeckten Alpnachersee und so nahe an dem gänzlich schneebedeckten Abhang des Stanserhorns haben wir hier eine Frühlingsflora, einen wahren Alpengarten. Und in demselben summt auch bereits eine Biene, aber nur eine, herum .... Diese Gegensätze geben Stoff zum Nachdenken, zum Nachforschen nach der Ursache. Warum pflegt denn der Frühling am Vierwaldstättersee früher einzuziehen, als auf dem Plateau der mittleren Schweiz? Als Ursache wird der Föhn und der feuchtwarme Westwind angegeben. Aber am Fusse des Stanserhorns und des Pilatus dominiert der Föhn wenigstens nicht. Es müssen noch andere Faktoren sein, welche diese Flora zum Blühen bringen; es ist die *Rasse*, welche die Eigenheiten ihres ursprünglichen Heimatlandes zur Geltung bringt.“

So beschreibt und glossiert Hr. Schürmann, der eifrige Beobachter und Sammler, seine Wahrnehmungen. Auf der Strasse von Acheregg nach Hergiswil, in der Hergiswiler Schattenbucht, traf Schürmann teils Kot, teils Resten von Schneelawinen und Abrutschungen an. Von Eis in der Hergiswiler Bucht wird aber nichts erwähnt, die Bucht muss eisfrei gewesen sein, trotz ihrer starken Zufrierung im Februar. Und in Hergiswil waren die Wiesen dicht mit blühenden Schneeglöckchen, Leucojum vernum, besetzt.

9. Der Zugersee.

Hier liegen Berichte von zwei Beobachtern, Hrn. Lehrer *A. Moos* und Hrn. Prof. *A. Bieler* in Zug und einige Zeitungsnachrichten vor. Die Berichte von Hrn. *Moos* lauten: „Seit 8 Tagen (vom 8. Jänner an) habe ich regelmässig um 8 Uhr morgens die Seetemperatur an der Oberfläche gemessen. Die Abnahme betrug regelmässig täglich $^1/_2{}^0$ und am 16. Jänner morgens ist sie auf 0^0 angelangt. Der See hat über seiner ganzen Fläche Eisflecken und ist stellenweise sulzig. Am 17. morgens waren die Eisflecken wieder verschwunden, aber die

Anahme der Wassertemperatur bei Zug dauerte fort, täglich um $^1/_2$ °; am 20. morgens war die Wassertemperatur auf — 2 °. Ueber der Seefläche beobachtete man täglich das sogen. „Rauchen“ des Sees, eine Folge der Kondensation des gebildeten Wasserdampfes in den bedeutend kältern Luftschichten unmittelbar über dem Wasser. Bei Arth und Immensee war die Eisbildung stärker vorgerückt als bei Zug und die Dampfschifffahrt wurde auf dem obern See am 20. Jänner eingestellt. Der untere See gefror erst am 22. Jänner gänzlich zu und zwar von der Mitte aus gegen das Ufer; der nördliche Teil gefror zuletzt. Seetemperatur am 21. Jänner — 1,5 °, am 22. Jänner — 1,0 °. Am 25. Jänner abends wurde das sogenannte „Seebrüllen“ gehört. Am 25. Jänner war der See hart zugefroren und die Eisdicke 4—5 cm gross.“

(Vom 22. bis 25. Jänner hatte der strenge Frost nachgelassen, die Luftwärme gieng tagsüber jeweilen über Null Grad, am 25. nachmittags stieg sie in Luzern bis 7,6 °, aber schon abends 9 Uhr war sie infolge Ausstrahlung bei hellem Himmel auf — 1,6 ° und am folgendeu Morgen auf — 7,0 ° gesunken. Dies erklärt die starke Eisbildung in der Nacht vom 25./26. Jänner und das Seebrüllen am 25. abends. Bemerkung von Referent *Arnet.*)

„Am 27. Jänner wurde der See auf der Strecke Buonas-Zug von zwei kühnen Schlittschuhläufern überfahren (Eisdicke am 28. Jänner, an verschiedenen Stellen gemessen, 8—12 cm); nachher bildete sich auf dieser Strecke eine Art Heerstrasse und es war unter Verwendung einer Bulldogge eine Art Omnibusdienst eingerichtet. Den Tag über hörte man oft mehr als eine Stunde weit das Brüllen des Sees“, lt. einer Korrespondenz im „Vaterland“ vom 1. Februar 1891. — „Am 19. und 20. Februar wagte Wirt Stadler zum „Schiff“ zuerst mit Pferd und Schlitten über die Eisfläche zwischen Zug und Buonas zu fahren. Die Eisdicke war damals 24 bis 25 cm. Die maximale Eisdicke war 31,5 cm am 28. Februar. Von diesem Tage an ging die Eisdicke zurück und am 10. März wurde das Eis bei zirka 20 cm Dicke ungangbar.“

„Am 22. März begann das Auftauen durch Föhn und Regen, am 23. März wurde das Eis mit dem Dampfer durchbrochen, am 24. März der Dampfschiffverkehr wieder aufgenommen und am 25. März war der See nahezu eisfrei. Dem letzten Eisstreifen

bei Oberwil bis zur Einmündung der Lorze wurde am 25. durch den Westwind der Garaus gemacht.“ Bericht von Hrn. *A. Bieler*.

Ueber die zunehmende und abnehmende *Eisdicke* hat Herr Prof. *Bieler* in Zug fortlaufende Beobachtungen in einer Entfernung von etwa 20 m vom Ufer durch einen Zuger Fischer anstellen lassen. Die Messungen wurden teils durch Hrn. *Bieler*, teils durch Hrn. *Moos* kontrolliert. Hier die Ergebnisse der Messungen:

Datum:	*Eisdicke:*	*Datum:*	*Eisdicke:*
28. Januar . . .	11,8 cm	20.—21. Februar .	25,0 cm
29. „ . . .	12,3 „	22. Februar . . .	26,9 „
30. „ . . .	13,0 „	23. „ . . .	31,3 „
31. „ . . .	15,5 „	24. „ . . .	30,7 „
1. Februar . . .	15,0 „	25. „ . . .	30,3 „
2. „ . . .	13,8 „	26. „ . . .	31,7 „
3. „ . . .	13,0 „	27. „ . . .	30,0 „
4. „ . . .	14,5 „	28. „ . . .	31,5 „
5. „ . . .	15,7 „	1. März	30,7 „
6. „ . . .	17,0 „	2. „	30,1 „
7. „ . . .	18,0 „	3. „	30,0 „
8. „ . . .	20,0 „	4. „	27,5 „
9. „ . . .	21,5 „	5. „	24,0 „
10. „ . . .	22,0 „	6. „	22,6 „
11.—14. Februar .	24,6 „	7. „	21,5 „
15. „ .	24,3 „	8. „	21,6 „
16.—18. „ .	24,0 „	9. „	20,0 „
19. „ .	24,2 „	10. „ . .	Eis ungangbar.

In diesen Zahlen ist offenbar das Wachstum des Eises von oben und unten zusammen enthalten. (Vergl. eine bezügliche Unterscheidung beim Alpnachersee). Die Zahlen ergeben zuerst eine rasche Zunahme der Dicke, dann einen stationären Zustand oder gar eine Abnahme, dann wieder rasche Zunahme, dann wieder Stillstand, dann noch einmal rasche Zunahme bis zu den Maximalwerten zu Ende Februar. Ziehen wir die frühere Angabe von Moos (Eisdicke am 26. Jänner 4—5 cm) zu den Angaben dieser Tabelle von Bieler hinzu, so wäre die Dicke vom 26. bis 28. Jänner um 12 cm weniger 4 bis 5 cm, also um 7 bis 8 cm, also täglich um $3^1/_2$ bis 4 cm grösser geworden. Ferner finden wir in der Tabelle vom 22. auf den 23. Februar direkt eine Dickezunahme von 4,4 cm

angegeben. Beim Sarnersee war die grösste Dickezunahme in einem Tage und zwar vom 8. zum 9. Februar zu 3 cm angegeben worden. Bei günstigen Umständen scheint also eine Zunahme der Eisdicke von 3 cm bis 4½ cm per Tag möglich zu sein.

Eine angestellte kleine physikalische Rechnung belehrte uns, dass bei einer Dickezunahme des Eises um 1 cm durch den Gefriervorgang auf jeden Quadratmeter der Eisfläche eine Wärmemenge von 720 Kilogramm-Kalorien frei wird und in den Himmelsraum ausgestrahlt oder an die nächste Umgebung übertragen werden muss. Das spezifische Gewicht des Eises ist zu 0,9 und die Erstarrungswärme zu 80 Kalorien angenommen. Auf eine Zunahme von 4 cm Eisdicke giebt das per Quadratmeter und per Tag eine Wärmeabgabe von 2880 Kalorien. Das macht für eine ganze Seefläche von 38 Millionen Quadratmeter den kolossalen Wärmeverlust von 109,440 Millionen Kalorien aus.

Wir haben versucht, das variable Wachstum der Eisdicke mit der verschiedenen Ausstrahlung der Seefläche in Nächten mit hellem oder bedecktem Himmel, diese letztern nach den Beobachtungstabellen der meterologischen Station Luzern genommen, in Beziehung zu bringen Die beiden Phänomene stimmten aber gar nicht gut zusammen. Nach den meteorologischen Tabellen wäre die grösste Zunahme der Eisdicke in den hellen und besonders kalten Nächten vom 8./9., 9./10., 10./11., 13./14., 14./15. und 15./16. Februar zu erwarten gewesen. Die Tabelle von Bieler stimmt höchstens für die Nacht vom 10./11. Februar mit dieser theoretischen Folgerung überein. Wo mag der Grund liegen? Waren die hellen oder nebelbedeckten Nächte in Zug wesentlich andere, als in Luzern? Oder sind andere Umstände aufzusuchen, welche das variable Dickenwachstum plausibel erklären lassen? Oder sind vielleicht Fehler in den Dickenmessungen vorhanden?

Ueber die Rückbildung der Eisdicke folgendes. Vom 28. Februar bis 9. März gieng die Eisdicke laut der Tabelle um 11½ cm zurück, also durchschnittlich 1,3 cm per Tag. Die grösste Abnahme betrug 3½ cm vom 4. zum 5. März. In den Luzerner meteorologischen Tabellen ist auch für diesen Sprung kein besonderer Grund ersichtlich. Die folgenden Tage vom 5. bis 10. März waren wärmer und von mehr föhnigem Charakter, als der 4. März.

Weitere Beobachtungen des Hrn. *Bieler* sind folgende. Am 6. Februar liess Bieler in Entfernungen von 200, 400, 600 und 800 m vom Ufer aus Bohrungen im Eise vornehmen. Zwischen dem zweiten und dritten Bohrloche, ungefähr in der Mitte, lag eine grosse Eisspalte. Das Eis zeigte eine Dicke von 17 bis 18 cm. Beim Bohren stieg das Wasser bis zum Niveau des Bohrloches empor und eine hohl liegende Eisschicht konnte nirgends konstatiert werden.

Am 6. März suchten Prof. Bieler und ein Angestellter der Fischbrutanstalt in einer Entfernung von 200 m vom Ufer ein ca. 1 m^2 grosses Eisstück herauszuschneiden. Aber trotz der beträchtlichen Dicke des Eises ($22^1/_2$ cm), war es nicht möglich, die Platte als Ganzes zu entheben; sie zerfiel sofort in eine Menge von Teilstücken. Die Struktur des Eises war bis ins Feinste hinaus stengelig und faserig, die Tragkraft war daher nur noch eine sehr geringe und das Betreten des Eises wurde polizeilich verboten. Am 26. Jänner hatte das Eis kaum die Hälfte der oben angegebenen Dicke und doch war die Tragkraft eine viel grössere, als jetzt. Die praktische Wichtigkeit dieser guten Beobachtung wird jedermann klar sein.

Hr. *Forel* giebt in seiner Broschüre «La congélation des lacs» über diese Veränderung des Eises folgende Erläuterung: „Während der Phase der Auffrierung tritt eine interessante Erscheinung auf, nämlich *die Strukturveränderung des Eises*. Die bisher kompakte und kontinuierliche Eismasse teilt sich in vertikale prismatische Säulen von 1, 2 und 3 cm Dicke. Die Prismen sind 3-, 4-, 5- und 6-seitig und unregelmässig geformt und sind in ihrer Unregelmässigkeit Basaltsäulen ähnlich. Dieselben werden sichtbar, wenn man einen Eisblock einige Zeit an die Sonne bringt und ihn dann mit starkem Schlage zerschlägt. Diese Veränderung tritt nun bei jedem alten Eise der Seen ein, welches lange Zeit abwechselnden Temperaturen ausgesetzt war. Dieselbe rührt wahrscheinlich von einer Aufspaltung des kontinuierlichen Eises her, infolge wiederholter Kontraktionen in demselben, durch welche die beim anfänglichen Gefrieren gebildeten Krystalle gebrochen werden.“

Der Grundgedanke dieser Erklärung ist wohl ohne Zweifel richtig, aber es sollte dieselbe noch mehr vertieft werden. Ur-

sprünglich entsteht das Eis auf den Seen gewöhnlich dadurch, dass zuerst lange horizontale Strahlen oder Nadeln „anschiessen“, sich in dreieckige Formen über- und durcheinander legen und dass dann die Zwischenräume des ersten Netzes ebenfalls mit solchen Nadeln sich ausfüllen, bis die kontinuierliche Fläche entstanden ist. Das Auflockern und Spalten der ganzen Eisdicke in vertikale Prismen und Nadeln bedingt ein gründliches vorheriges Ruinieren der anfänglichen horizontalen Strahlen und Nadeln. Es ist uns nicht bekannt, ob dieser molekulare Vorgang der Umbildung des Eises schon näher erforscht ist oder nicht.

Der Zugersee ist berühmt durch das sogenannte „*Seebrüllen*“, d. h. durch das Krachen und Donnern des Sees zu gewissen Zeiten, bei Bildung von Eisspalten. Es wurde schon oben erwähnt, dass man am 25. Jänner abends und die folgenden Tage tagsüber das Seebrüllen oft wahrnahm und mehr als eine Stunde weit hörte. Im „Vaterland“ vom 4. Februar 1891 findet sich folgender interessanter Spezialbericht eines Beobachters in Risch:

„Freitag den 30. Jänner, vormittags, bot der untere Zugersee ein seltsames Schauspiel an Erscheinungen auf dem Eise. Nach einem empfindlich kalten, klaren, bissigen Morgen von — 7 ° R. warf die aufgehende Sonne ihre goldglänzenden Strahlen über die glatte Eisfläche. Dieselbe, zur Hälfte von der Sonne beschienen, zur Hälfte noch im kalten Schatten des Zugerberges liegend, fing eigenartig an zu tosen. Mit der steigenden Sonnenwärme nahm das Tosen zu. Das war ein Brummen, ein Murren und Rollen, oft kaum hörbar, dann von der Ferne her stärker werdend, jählings aufbrüllend, wenn die Decke barst in langgedehnten Spalten und blitzschnell und meistens in der Richtung von Südost nach Nordwest. Unbeschreiblich schön waren die aufblitzenden Reflexe infolge der von der Sonne schief beschienenen Spaltenflächen, die nächsten silberweiss in bläulich, lichtgelb, grünlich oder violett glänzend. Was möchte die Ursache dieser gewaltig schönen Erscheinung sein?... Das interessante Eisgewitter glich fast einem Donnerwetter in heissen Augusttagen, bei etwas hochliegender, dünner Bewölkung, hielt 1—2 Stunden an und wurde vom Kirchhof in *Risch* aus beobachtet.“

Treten wir an Hand aller bisherigen Berichte noch einmal auf die *Erklärung des Seebrüllens* etwas näher ein. Aus den Be-

richten vom Rotsee, Sempacher-, Baldegger- und Zugersee geht hervor, dass dieses Krachen und Tosen teils abends und nachts bei klarem Himmel und also bei starker Wärmeausstrahlung erfolgte, so beim Rotsee, beim Sempachersee in der Nacht vom 1./2. Februar, beim Zugersee am 25. Jänner abends, teils aber am Tage bei hellem Sonnenschein eintrat, so beim Sempachersee mit starkem Knall und rollendem Donner am 5. Februar mittags, ferner bei dem eben beschriebenen grossen Eisgewitter auf dem Zugersee am 30. Jänner vormittags. Aus der Monographie von Dr. F. A. Forel in Morges: «La congélation des lacs suisses et savoyards dans l'hiver 1891», pag. 69, zitieren wir noch die weitere Beobachtung, dass am Bielersee das charakteristische Knallen und Krachen auch hörbar war und zwar vorzüglich während der Nacht. Das Seeniveau daselbst hatte sich während der Gefrierperiode erheblich gesenkt und die Eisdecke ebenfalls; an den flachen Ufern bildeten sich dabei ganze Hügel von Eis bis $1^1/_2$ m hoch, welche durch den Stoss und Druck des Eises aufgeworfen wurden. Also bei Tag und bei Nacht spielt die Erscheinung des Seebrüllens.

Die Erklärung für beide Fälle legen wir uns so zurecht. Tritt die Erscheinung während der Nacht ein, so ist sie eine Folge der durch die nächtliche Strahlungskälte hervorgerufenen Zusammenziehung der überall kontinuierlich zusammenhängenden Eismassen oder eine Folge der Volumenvergrösserung beim Entstehen neuer Eismassen unter der bisherigen Eisdecke, da das Wasser beim Gefrieren sich um rund 10 % des Volumens ausdehnt. Tritt die Erscheinung während des Tages bei steigender Temperatur, besonders bei direkter Sonnenbestrahlung auf, so ist sie eine Folge der durch die Wärme in der Eisdicke hervorgerufenen Ausdehnung. In beiden Fällen entstehen durch die angestrebten linearen Aenderungen der Dimensionen der Eisschicht nach und nach bedeutende molekulare Spannungen in dem Eise, das eine Mal Zugspannungen, das andere Mal Druckspannungen, bis ein Zerreissen oder Zerbrechen der Eisdecke erfolgt und Spaltenbildung eintritt.

Bei der Rissbildung durch Kontraktion des Eises weichen die Ränder des Risses auseinander und es entstehen schmale klaffende Spalten und offene Wasserstrassen bis auf 1 m Breite,

wie sie in den Berichten von Hrn. Stamm, Bächler und Th. Lang erwähnt werden. Der lineare Ausdehnungs-Coefficient des Eises beträgt nach den physikalischen Tabellen von Landolt und Börnstein für 1° C. = 0,000058. Derselbe ist grösser als der grösste Coefficient der Metalle. Eine Eisplatte von 2 km Seitenlänge erfährt daher für 5° Temperaturerhöhung eine Verlängerung der Seite von $2000 \times 5 \times 0{,}000058 = 0{,}58$ m = 58 cm. Gleich gross ist der Betrag der Verkürzung bei einer Temperaturerniedrigung von 5°. Die klaffenden Spalten von ½ bis 1 m Breite sind hienach nichts Unbegreifliches.

Im Augenblick der Rissbildung entsteht ein Knall, ähnlich wie dies auch beim Reissen der Möbel in den Zimmern infolge Austrocknung des Holzes vorkommt. Wir nehmen an, der Riss und die Erschütterung entstehen auf der ganzen Spaltenlänge gleichzeitig. Wenn nun dieser Riss von bedeutender Länge ist, sagen wir 1, 2 oder 3 Kilometer lang und wenn der Riss ungefähr in der Richtung gegen den Beobachter zu liegt, so wird der Letztere gerade wie bei einem längern Blitzstrahl nicht einen kurzen, momentanen Knall, sondern einen ersten heftigen Knall, dann ein intermittierendes Krachen und in die Ferne gehendes Rollen vernehmen müssen. Bei 3 km Länge des geworfenen Spaltes muss die Dauer der Schallwahrnehmung, abgesehen von Reflexionen, schon 9 Sekunden betragen, da die Schallwellen in einer Sekunde rund einen Drittelskilometer zurücklegen.

Geschieht das Spaltenwerfen infolge Ausdehnung der Eisfläche, so entstehen die Risse ebenfalls plötzlich auf lange Strecken, aber die getrennten Eisplatten schieben sich mit ihren Bruchrändern oder mit ihren an den Rändern entstandenen Bruchstücken mehr oder weniger weit übereinander und unter Umständen türmt sich ein Eiswalm auf. Das letztere geschah z. B. in starker Weise auf dem Sempachersee am 18. Jänner, nach dem Berichte von A. Rüttimann. Und beim Baldeggersee berichtet Jans: „Da und dort zeigten sich auch Spalten, bei welchen das Eis aufgeworfen war.“ Und beim Rotsee erwähnt Herr H. Stamm, „dass sich die Spaltenränder bisweilen, allerdings nur selten, quetschen.“ Nach dieser Erklärung müsste man erwarten, dass auch bei dem gewaltigen Eisgewitter auf dem Zugersee nicht bloss ein Spaltenwerfen und ein Aufblitzen von Lichtreflexen an

den Spaltenrändern stattgefunden habe, sondern dass die Spaltenränder auch über einander geschoben und so dem sich ausdehnenden Eise Platz geschaffen worden sei. Der Zeitungsbericht erwähnt nichts davon. Wenn wirklich das Quetschen und Aufwerfen des Eises dort nicht eingetreten ist, so ist unsere Erklärung des Vorganges unvollständig und bedarf der Korrektur. Es wäre sehr zu begrüssen, wenn bei künftigen solchen Anlässen entweder die Eisfläche vom Ufer aus mit Feldstechern oder kleineren Fernrohren abgesucht, oder wenn der Zustand der Risse und Bruchränder möglichst bald nach ihrem Entstehen auf dem Eise selbst und aus der Nähe konstatiert werden könnte. Besonders Schlittschuhläufer könnten hier zu präzisen und systematischen Beobachtungen verhelfen.

Es bleibt uns noch ein merkwürdiger Punkt betreffend *die Geräusche* bei der Eisdecke der Seen zu erörtern übrig. In dem Berichte von Hrn. *Stamm* über den *Rotsee* findet sich die Stelle: „Das Geräusch, das nach dem Brüllen kommt, ist ein starkes Zischen, das sich kreisförmig ausdehnt.“ Andere Beobachter sprechen nirgends von einem wahrgenommenen Zischen. Stamm war eben eifriger Schlittschuhgänger und hat die für die Uferbeobachter nicht mehr auffällige Erscheinung ohne Zweifel auf dem Eise selbst gehört.

Eine verwandte Beobachtung liegt noch vor von Hrn. Stadtschreiber *Schürmann* in Luzern von dem *Gersauer Becken des Vierwaldstättersees*. Wir antizipieren dieselbe und ziehen sie hieher. Unterm 22. Februar 1891 schreibt Schürmann in seiner ausgiebigen Eischronik vom Winter 1890/91 folgendes: „Auf dem Wege von Gersau nach Vitznau, speziell von Forsteck bis zur obern Nase beobachteten wir (sc. Hr. *Schürmann* und Hr. *L. Meyer*, Diorama, Luzern) am Nachmittag bei schönem Wetter und Sonnenschein folgende Punkte. Obwohl der See bis Beckenried hinüber geschlossen war (ausgenommen die von den Dampfschiffen gebrochene Wasserstrasse Beckenried-Gersau), so hörte man auf dem Eise doch kein Krachen und kein Rollen. (Daran war eben die aufgetane Wasserstrasse schuld, das Eis konnte sich ausdehnen und zusammenziehen, ohne reissen und aufspalten zu müssen, es fehlte die grosse kontinuierliche Decke. Bemerkung von *Arnet*.) Aber hie und da, bald da, bald dort, nahmen wir ein Singen

oder Klingen in hohen, fast metallischen Tönen, bald langsamer, bald schneller, bald gedehnt (anhaltend), bald vibrierend, wahr. Es ist offenbar die fortwährend in Veränderung begriffene Spannung des Eises. Aber warum macht sie sich in dieser Weise Luft und nicht, wie auf andern Seen, in lautem Krachen oder Brüllen des Sees? (Der Grund hiefür ist oben angegeben. Arnet). Entweicht Luft in schmalen Spalten und bedingt die hohen Töne?" Der Bericht fährt dann weiter: „Während wir dem Singen zuhörten, brach das am steilen Ufer anhaftende wagrechte Eis auf einer Strecke von 10 bis 20 m ab; es stund (der Rest) am Ufer etwas höher, vielleicht 1 bis 1½ dm. Die abgebrochenen und vom Ufer losgerissenen Stücke fielen seewärts auf die Eisfläche . . . Wir erklärten uns angesichts der Erscheinung die Sache so: Der Seespiegel senkte sich an diesem Nachmittage, . . . die darauf befindliche Eisdecke senkte sich ebenfalls und brach deshalb am Ufer ab."

Wir begrüssen die Beobachtung als sehr verdankenswert und reiten mit Absicht noch etwas auf derselben, um Anregungen für die Zukunft zu geben. Hr. Schürmann behauptet nicht direkt das Entweichen von gefangen gehaltener Luft, aber es scheint ihm diese Annahme die plausibelste Erklärung für das Singen zu bieten. Auch dem Referenten scheint die Erklärung plausibel, da die unmittelbar folgende Beobachtung des Abbrechens des Eises am Ufer ein vorheriges Hohlliegen desselben dem Ufer entlang, aber nur dem Uferrande nach, beweist. Aber es ist die Frage unerledigt, ob dieser durch einfache Senkung des Seespiegels entstandene Hohlraum schon vorher mit Luft normaler Dichtigkeit sich gefüllt hatte oder ob vielleicht damals eher ein Ansaugen von äusserer Luft durch kleine Risse und Spalten stattfand, als ein Ausstossen derselben. Von Interesse wäre es gewesen, dieses Singen länger zu verfolgen. Dauerte es nach dem Abbrechen des Ufereises immer noch fort? Dauerte es bis Sonnenuntergang oder auch in der Nacht? Was wissen die nächsten Anwohner über dieses Klingen zu sagen? u. s. w.

Wir sind der Anschauung, dass auch bei dem eigentlichen Seebrüllen Luft, gepresste Luft, aus den Spalten ausströme, auch sonst noch in mündlichen und schriftlichen Aeusserungen begegnet. In einer Zeitungskorrespondenz im „Vaterland" vom 1. Februar

1891 vom Zugersee heisst es z. B.: „Den Tag über hört man oft mehr als eine Stunde weit das ‚Brüllen des Sees‘, welches erfolgt, wenn in der Eisdecke Spalten geworfen werden und die unter derselben gesammelten Gase ausströmen. Männiglich erfreut sich an diesem Phänomen.“ — Diese Erklärung kommt vom gleichen Zugersee, an welchem wenige Tage nachher, am 6. Februar, Herr Bieler in Zug mit seinen Bohrlöchern konstatierte, dass entschieden keine hohlliegende Eisschicht existiere, auch nicht gegen das Ufer hin. Von einem irgendwelchen hörbaren oder fühlbaren Ausströmen von gefangener Luft berichtet Bieler bei seinen Versuchen auch gar nichts. Nun wäre ja allerdings möglich, dass zur Zeit der Bohrversuche von Bieler die Luft unter dem Eise eben bereits entwichen war. Denn die Nachrichten vom Seebrüllen auf dem Zugersee datieren alle von Ende Jänner und Anfang Februar.

Wie soll aber gepresste Luft unter der Eisdecke entstehen? Anfänglich liegt das erste Eis gewiss direkt auf dem Seespiegel auf. Später kann sich der Seestand unter dem Eise senken oder heben. Ein kurzterminiges Schwanken des Seespiegels, wie es bei den „Seiches“ stattfindet, denken wir uns unter der geschlossenen Eisdecke einfach als unmöglich. Nehmen wir an, der Seestand *senkt sich* während der Gefrierperiode, so entsteht notwendig unter der Eisdecke ein luftleerer, oder, da absorbierte Luft aus dem Wasser entweichen wird, ein luftverdünnter Raum, bis die Eisdecke durch ihr Gewicht, durch Spaltenbildung, Abbrechen am Ufer, nachrückt In diesem Falle wird von aussen, durch allfällige Risse und Spalten Luft eingesaugt, bis die Dichtigkeit der Luft über und unter der Eisdecke gleich gross ist. Nehmen wir an, der Seestand *hebe sich,* so wird mit dem steigenden Wasser die Eisdecke sich auch heben müssen und das direkte Aufliegen dauert um so entschiedener fort. Ein solches Steigen des Sees wurde am Alpnachersee vom 21. Februar an konstatiert und der Vorgang war von einem Krachen des Eises begleitet. Bildung von gepresster Luft unter der Eisdecke wäre dagegen möglich, wenn während der totalen Gefrierperiode der See zuerst sich senkt und Luft einsaugt und wenn er nachher wieder steigt; ferner, wenn bei ganz geschlossenem See vom Boden des Sees Gase aufsteigen, ähnlich wie dies beim Alpnachersee angeführt

wurde. Ob nun diese Fälle bei dem Zugersee vorhanden waren, wie häufig oder wie allgemein und wie bedeutend das Abgeben von Luft, gleichsam ein Ausatmen der Seen, vorkommt und zu gepressten Gasen unter dem Eise führt, das steht für mich noch dahin. Ich bin daher nicht im Falle, die aufgerührte Frage zur Entscheidung zu bringen, sondern ich wollte mit dieser Darlegung zu weitern und schärfern Beobachtungen anregen. Es muss noch mehr präzises Material gesammelt und publiziert werden.

Wir haben auch in der oben zitierten Monographie von Dr. A. F. Forel «La congélation des lacs etc.» über diesen Punkt nichts bestimmtes gefunden. Bezüglich Spaltenbildung bemerkt Forel p. 53: „Die in vielen Beobachtungen angeführten Spalten würden es verdienen, systematisch studiert zu werden; man würde dabei gewiss mehr als eine interessante Analogie für den Geologen antreffen . . .“ — Auch wir wünschen, dass die künftigen Beobachter den Vorgängen bei der in Veränderung begriffenen Eisdecke, speziell der Bildung der Risse und Spalten und der damit zusammenhängenden Geräusche (Knallen, Krachen, Rollen, Murren, Brummen, Zischen, Singen, Klingen) ihre besondere Aufmerksamkeit schenken und ihnen, wenn möglich, mit systematischem Studium zu Leibe gehen.

10. Der Vierwaldstättersee.

Dieser See gefror nur partiell. Das erste Eis zeigte sich in der Luzerner Bucht am 11. und 12. Jänner morgens, die letzte Beobachtung von Eis wird von der Horwer Bucht vom 11. März gemeldet Leider fehlen spezielle Berichte aus der Hergiswiler Bucht. Nach den vorhandenen Berichten beträgt die ganze Gefrierdauer 58 Tage, 10 Tage weniger als beim Zugersee. Die Eisbildungen hatten auf dem Waldstättersee einen zögernden, zeitweise wieder unterbrochenen, aber einen längern und intensivern Verlauf, als im Jahre 1880, in welchem nur der westliche Teil des Sees bis zu den beiden Nasen gefroren war. Anno 1880 dauerte die Gefrierperiode, vom Alpnachersee abgesehen, vom 5. Februar bis 16. Februar, also bloss 12 Tage und die Eisdicke auf der Mitte des Kreuztrichters betrug 5—6 cm *(Schürmann)*. Die Seegefrörne von 1891 ist zu den grössten zu rechnen, welche

der Mensch je auf diesem See wahrgenommen hat. Wir durchgehen nun die über die einzelnen Buchten eingelaufenen Berichte näher.

a) Die Luzerner Bucht. Es ist für den Luzerner nahe gelegen, aus lokalen Rücksichten und Interessen hier etwas ausführlicher zu sein, als sonst. Vorerst ist unter den in der Tabelle genannten Beobachtern dem Hrn. *Stadtschreiber Schürmann,* dem verdienten Cysat redivivus in Luzern, ein Ehrenplatz anzuweisen. Derselbe hat über die Kälte und das Gefrieren des Waldstättersees im Winter 1890 91 einen dicken Band Aufzeichnungen von eigenen, zum Teil auch ihm mitgeteilten fremden Beobachtungen, also eine *Naturchronik,* speziell eine *Eischronik* über den berühmten kalten Winter 1891 in vier Abteilungen angelegt. Der I. Teil reicht vom 18. Jänner bis 1. Februar, der II. Teil vom 3. bis 27. Februar, der III. Teil vom 5. bis 19. März, der IV. Teil enthält Beilagen und auswärtige Nachrichten. Dem Referenten stand das erste Heft in kompleter Abschrift, der ganze Band zur Einsichtnahme zur Verfügung. Es wäre schade, wenn diese Beobachtungen hier nicht reichlich verwertet würden und wenn wir dabei zu breit werden sollten, so verzeihe man uns den Fehler.

Wir beginnen mit dem Berichte des Hrn. *Karl von Segesser-Schwytzer* über *die erste Gefrierperiode.*

Die Bucht von Luzern zeigte, den früher erwähnten Frostperioden des Wetters folgend, in der Hauptsache ein dreimaliges Gefrieren und Wiederauffrieren. Zwei Perioden fielen in den Jänner (12. I.—23. I.; 25. I.—1. II.), die dritte Periode fiel in die neue Auflage der Kälte im Februar (8. II.—2. III.). Das erste Eis erschien der Halde und dem Tribschenmoos entlang am 12. Jänner morgens. Es folgten zwei Schneetage mit etwas milderer Temperatur, das Eis verschwand wieder. Die Nacht vom 15./16. Jänner veranlasste dann das Ueberfrieren des Luzerner Beckens, stellenweise, besonders gegen Tribschen hin, 2—3 cm stark. Die Dampfboote und der Nordwind zerstörten die Eisdecke bald. Am 17. Jänner abends begann das Gefrieren neuerdings und am folgenden Tage nahm dasselbe stark zu. Beim Ausfluss der Reuss, zwischen Seebrücke und Kapellbrücke, wagten verwegene Knaben schon am 19. Jänner morgens, die zugefrorene Reuss bei einer Eisdicke von etwa 3 cm zu überschreiten. Am 20. Jänner nach-

mittags überschritten mehrere Erwachsene die Reuss oberhalb der neuen Brücke und Schlittschuhläufer fuhren daselbst und über die Eisfläche zwischen Kapellbrücke und Seebrücke hin und unter der Seebrücke durch. Auch unterhalb der Kapellbrücke, bis zum Weitenkeller, war die Reuss mit einer glatten Eisdecke überzogen und ebenso der Hafen von Luzern bis oberhalb Tribschen. Anno 1880 war die Reuss unterhalb der Kapellbrücke nicht gefroren. Dieser Unterschied mag durch die Abflussverhältnisse bewirkt worden sein, wie denn auch das Eis auf der Reuss von unten herauf abschmolz, sobald der Reussabfluss stärker wurde und bevor das eigentliche Tauwetter eintrat. Am 21. Jänner war das Eis stärker geworden. Allein es trat nun Schneefall ein. Das Trajektschiff und der sich einstellende warme Westwind machten dem Eise bald den Garaus (23. Jänner). Am 25. schlug das Wetter wieder um; auf helle, schöne Tage folgten klare, kalte Nächte und am 26. morgens war der Hafen wieder mit einer dünnen Eisschicht bedeckt. Am 27. war das Eis stärker, 3 cm dick und reichte bis Tribschen und Meggenhorn. Während des Tages verschwand jeweilen der grösste Teil wieder. Am 28. morgens war der Küssnachersee und der Kreuztrichter überfroren, mindestens 3 cm dick; grosse Strecken blieben auch über Tag bestehen. Am 29. war wieder alles zugefroren und, was merkwürdig, sogar in Buochs und Flüelen zeigte sich weit in den See hinaus Eis. So weit der Bericht des Hrn. *Karl von Segesser-Schwytzer.*

Die folgenden weitern Angaben sind der obgenannten *Chronik des Hrn. Schürmann* entnommen. Am 20. Jänner nachmitttags mass Hr. Willi Hauser vom Schweizerhof als Eisdicke zwischen zwei Pfeilern der Seebrücke 8 cm. Am 19. und 20. Jänner fuhren beständig zwei Dampfschiffe in der Luzerner Seebucht herum, um das Fahrwasser für die Dampfschiffe offen zu erhalten oder, wie der Volksmund sagte, um das Eis zu „verkarren". Infolge milderer Temperatur, Schneefall und Lopperwind brach das Eis und verschwand am 23. Jänner grösstenteils. Am 25. morgens war aber schon wieder eine leichte Eiskruste am Quai National erschienen, denn die Wassermasse war bis unter die kritische Temperatur von 4° C. abgekühlt und in jeder hellen Nacht vollzog sich durch Ausstrahlungswirkung eine neue Eisbildung. Am

27. war die Seebucht abermals dem Ufer entlang 2 bis 3 cm dick überfroren. Das Eis wurde gleichen Tages wieder gebrochen und grösstenteils zerstört; am 28. wurden die Schollen vom Winde seeaufwärts fortgeschoben. Am 29. war wieder eine Eisdecke bis Dreiviertel der Breite in den See hinaus vorhanden; mittags war der See eisfrei. Am 30. und 31. Jänner Wiederholung des Kommens und des Gehens des Eises. Am 1. Februar zeigte sich noch fast die ganze Seebucht von der Linie National-Inseli bis zur Höhe von Seeburg mit einer dünnen Eiskruste bedeckt; dieselbe hatte ein graues und scheinbar breiiges Aussehen und war bis mittags verschwunden. Die Temperaturen giengen jetzt tags 4° bis 6° über Null; die erste Kälteperiode des Winters war zu Ende.

Am 5. Februar begann jedoch eine *zweite Kälteperiode* und 8. Februar morgens zeigte sich am Quai National wieder ein 20 bis 30 m breiter Eisstreifen. An den folgenden Tagen erschien das Eis auch wieder oberhalb und unterhalb der Seebrücke und das Gefrieren des Hafens machte rasche Fortschritte. Am 12. Februar morgens war die ganze Seebucht mit zusammenhängender Eisdecke versehen. Das Schraubentrajektschiff der Dampfschiffgesellschaft musste als Eisbrecher funktionieren (von daher bekam es im Volke den Namen „Mathys") und den Raddampfern eine Wasserstrasse offen halten. Das schwere Schiff hatte Mühe durchzukommen und sein Tun krachte und dröhnte weithin über die Bucht. Der Raum zwischen Seebrücke und Kapellbrücke war wiederum fast ganz geschlossen. Unter vielfachen Variationen in den Detailerscheinungen dauerte nun der harte Kampf zwischen der Eisbildung während den hellen Nächten und der Eiszerstörung am Tage durch die Luftwärme, die Sonnenstrahlen und die Arbeit des Trajektschiffes und der übrigen Dampfschiffe fort bis gegen Ende des Monats, wo schliesslich die mildere Witterung den Sieg über den eisigen Widerpart entschied.

Zwei Beobachtungen Schürmanns aus dieser Zeit, nämlich vom 21. Februar, seien noch herausgehoben: 1) Das Eis auf der Nordseite des Hafens, vor dem Schweizerhof- und Nationalquai, bildete viel mehr *eine zusammenhängende oder dann mehrere grosse Eisflächen*, als dies auf der Südseite, Bahnhofseite, der Fall war. 2) Von der Seebrücke an aufwärts bis oberhalb dem Inseli blieb

meistens *eine breite Wasserstrasse* bis in die Mitte des Sees offen; diese Strasse war auch weiter oben im See noch wahrnehmbar. Schürmann hält dafür, dass hierin der Reusstrom im See sich durch eine etwas höhere Temperatur des mitgeführten Wassers geltend gemacht habe. Temperaturmessungen fanden keine statt.

Unterm 22. Februar nachmittags berichtet Hr. *Schürmann* in seiner Eischronik sehr anschaulich über eine ausgeführte *Dampfschifffahrt Luzern-Gersau,* einen Spaziergang von Gersau nach Vitznau und die Rückfahrt von Vitznau. Das so schlicht aber naturgetreu und umsichtig gezeichnete Uebersichtsbild des damaligen Seezustandes verdient festgehalten und hier eingeflochten zu werden, andern Naturfreunden zum Vergnügen, zur Belehrung und zur Aufmunterung.

„*Von Luzern nach Gersau.* Die Luzerner Bucht ist teils mit geschlossener Eisdecke, teils mit gebrochenem Eise bedeckt. Von oberhalb Tivoli bis Wartenfluh ist offene See. Von Wartenfluh über den Kreuztrichter bis gegen Stansstad und bis an den Bürgenstock hin liegt eine in Tafeln gebrochene Eisdecke; der Küssnacher Arm ist zum Teil mit Eis bedeckt; in Weggis, am Gelände, ist der See zu zwei Dritteln frei; von Weggis bis an den Bürgenstock hinüber ist alles eine Eisfläche; durch dieselbe ist gegen Vitznau hin für das Dampfschiff eine Wasserstrasse geöffnet. Etwas oberhalb Weggis bot sich in einer eisfreien und absolut stillen See *ein wunderschönes Spiegelbild der Rigi* dar. Der Himmel war wolkenlos, das Wasser hatte eine dunkle Farbe und in dieser dunklen Fläche zeigte sich das wunderklare Bild der Rigi, schöner als sie selbst anzusehen. Die Passagiere, meistens Vergnügungsfahrer, erinnerten sich nicht, jemals ein solches Spiegelbild gesehen zu haben. Der Wiederschein der Konturen des Grates der Rigi hatte täuschend ähnlich *eine Landschaft im See* gebildet. Die Konturen derselben waren ähnlich den wirklichen Ufern des Sees oder noch mehr dem Nordufer des Urner Sees, mit kleinen Buchten, Felswänden, Wäldern. Aber die Häuser standen auf den Dachfirsten, die Tannen auf den Wipfeln. Es giebt dunkle Alpenseen, welche ähnliches zeigen, z. B. der Klönthalersee, der Oeschinensee, der Seelisbergersee, bei gewisser Beleuchtung. Die ganze Besatzung des Schiffes hatte grosse Freude an der Erscheinung. Was mag wohl die Ursache

gewesen sein? Das Eis hatte keinen Einfluss auf das Bild, denn bis auf eine Distanz von 200 bis 300 m vom Lande weg fehlte dasselbe. Aber das freie Wasser war absolut still, so still, als wenn es Quecksilber gewesen wäre. Ich wollte, ich hätte ein grosses Bild von der Erscheinung. Es war wie in einem Mährchen."

„Zwischen beiden Nasen war gegen die Rigi hin ungefähr ein Viertel des Sees frei, ebenso der Buochser See gegen den Bürgen hin. Gegen Beckenried zu hatte das Schiff desto mehr Mühe, durchzubrechen. Die Wasserstrasse friert immer nachts wieder zu und das Eis muss täglich neu durchschnitten werden. Das Landen war nicht leicht. Die Eistafeln, 3—4 cm dick, waren auf die ganze Länge des Schiffes wirr durcheinander gepresst und stauten sich, so dass der Schiffssteg mit knapper Not zur Verbindung mit der Landungsbrücke hinreichte."

„Von Beckenried nach Gersau gieng die Fahrt in der vorhandenen Wasserstrasse nicht übel. Auf halber Seebreite war das Eis nur noch 1 bis 1½ cm dick. Neben der Wasserstrasse ununterbrochene Eisfläche, auch aufwärts gegen Brunnen, soweit das Auge sieht, wahrscheinlich bis Treib und Brunnen. In der II. Kajüte war das Geräusch, welches das Zerschneiden des Eises vorn am Kiel verursachte, ein ganz gewaltiges. Es krachte und dröhnte zeitweise, als ob die Schiffswände bersten müssten. Von den Rädern wurden die Tafeln nicht zermalmt, sondern gebrochen, wie „Hafermehl", sagen die Matrosen, und im Radkasten umhergeworfen, nachdem sie vorher senkrecht aufgestanden sind und zu den Kajütenfenstern hereingeschaut haben. Vor Gersau etwas dünneres Eis, doch für Zu- und Wegfahrt immer noch eine Gasse für das Dampfschiff."

„In Gersau kurzer Aufenthalt auf der Terrasse des Hotels Müller im Freien, bei schönem warmem Sonnenschein. Als wir, auf dem Wege nach Vitznau, zu dem Wirtshäuschen im Seewinkel westlich von Gersau kamen, stand bei der Ziegelhütte ein kleiner, geheizter Remorqueur (Schraubendampfer). Ah, darum sind die Wasserstrassen im See offen!"

„Von Forsteck bis zur obern Nase ertönte bald da, bald dort ein merkwürdiges Singen und Klingen von der Eisfläche her und an einer Stelle sahen wir auf eine Länge von 10 bis 20 m die geschlossene Eisfläche vom steilen Ufer abbrechen und

die abgebrochenen Stücke seewärts auf die (im Sinken begriffene) Eisfläche fallen.“ (Die nähere Ausführung hierüber siehe oben pag. 87. Arnet.)

„Längs der Gersauer Strasse, namentlich ob Rotenschuh, fanden wir die Erica carnea fast blühend und an den Strassenborden blühten Bellis perennis. Lufttemperatur + 7,5 ° C. Merkwürdige Widersprüche! .... Von der obern Nase bis Vitznau war hinwieder reichlich Schnee, 2 bis 3 dm hoch, Schlittweg, kurz Winter. Dazu ein schöner Ausblick an die grünenden Abhänge der Rigi hinauf und auf die eisbedeckte Weggiser Seebucht hinunter. Es herrschte also die Kälte nur in der Tiefe, auf der Seefläche und zunächst über derselben.“

(Eine sogen. *Temperaturumkehrung*, d. h. eine verkehrte thermische Lagerung der Luftschichten, fand in der zweiten Hälfte des Februar bei meistens hellem, sonnigem Wetter allerdings statt. Am 22. Februar, dem Tage der Beobachtungsfahrt von Schürmann, waren die Temperaturen auf Rigikulm lt. den meteorologischen Tabellen folgende: Morgens 7 h: — 1,8 °; mittags 1 h: + 0,4 °; abends 9 h: — 1,8 °; Tagesmittel: — 1,1 °. Auf der Station Luzern lauten die gleichzeitigen Beobachtungen: — 5,2 °; + 3,2 °; — 1,9 °; Tagesmittel: — 1,3 °. Der Hauptgrund dieser Temperaturumkehrung lag aber nicht etwa in der Eisdecke des Sees, sondern in dem sehr hohen Barometerstand (770 bis 780 mm), in der grossen *Anticyclone* oder der dadurch bedingten *absteigenden Luftströmung*, welche den ganzen Februar über Zentraleuropa dominierte. Diese Anticyclone war die Ursache der zweiten Kälteperiode, der Eisdecke der Seen und der etwelchen Temperaturzunahme nach oben. Erläuternder Zusatz des Referenten Arnet.)

„*Die Rückfahrt Vitznau-Luzern* gestaltete sich zu einer Art Nordpolfahrt. Zuerst einige Zeit freies Wasser, von Weggis an begann wieder das Eisbrechen, die Strasse von heute Nachmittag war völlig versperrt, geschlossen. Das Schiff arbeitete schwer und durfte nicht mit voller Kraft fahren. Bei Meggenhorn etwas Fahrwasser offen, dann aber auf einmal eine geschlossene Suppe von Eistafeln und Eisbruchstücken.“

So sah es am 22. Februar 1891 auf dem untern Teile des Vierwaldstättersees, von Luzern bis Vitznau, aus. Der Zustand wird wohl nicht so bald wieder anzutreffen sein.

Am Abend des 25. Februar war *die Farbe des Eises* auf der überfrorenen Luzerner Bucht *zum Teil grasgrün, zum Teil gewöhnlich grau.* Die erstere Farbe rührt wohl von der Spiegelung des Abendhimmels (blau und orange) im Eise her. Am 26. morgens nach einer vollmondhellen Nacht war die Eiskruste der Bucht 1 bis 2 cm dick; nur am linken Ufer, von der Seebrücke an aufwärts, zeigte sich, wie früher schon, offenes Wasser. Am 26. abends 6 Uhr prächtige Beleuchtung des westlichen Horizontes, grelles Orange-Gelb-Rot und Himmelsblau. Die beiden Farben spiegelten sich auf der Eisfläche und verbanden sich bis Seeburg hinauf, soweit nur das Auge reichte, zu einem intensiven Grasgrün. Am 27. morgens ist die Seebucht ganz überfroren und der Remorqueur der D.-G. fährt den ganzen Morgen herum, um die Fahrbahn für die Schiffe offen zu halten. Eisdicke am Ufer 1 bis 2 bis 3 cm. Auch die folgenden hellen Nächte wiederholt sich, trotz der steigenden Lufttemperaturen, das partielle Ueberfrieren der Bucht bis zum 2. März. Am 28. Februar nachts und 1. März morgens war auch die Reuss bei der Jesuitenkirche und fast bis zur Reussbrücke hinunter leicht überfroren. Zum letzten Male erschienen diese nächtlichen Eisbildungen durch Ausstrahlungswirkung in der hiesigen Bucht am 6. März morgens und 7. März abends.

b) Die Bucht von Horw und Hergiswil und der See bis Stansstad und Kreuztrichter.

Ueber die Horwer Bucht und die Seeweite gegen den Trichter gingen auf Veranlassung von Hrn. Förster *von Moos* zwei fleissige Berichte ein von Bannwart *Siegfried Kaufmann* in Ennethorw. Am 19. Jänner abends beobachtete Kaufmann zuerst viele kleinere und grössere Eisflecken mitten draussen auf dem See und weit hinauf gegen den Trichter hin; über Nacht verschwanden dieselben durch starken Nordwind. Am 20. abends und nachts wiederholte sich derselbe Vorgang. Die Temperatur der obersten Wasserschicht war bei Ennethorw 0^0 bis $-\frac{1}{2}{}^0$. Das Thermometer für diese Messungen war nicht kontrolliert und zeigte vermutlich zu hohe Angaben. Am 21. morgens war die windstille und weniger tiefe Bucht von Ennethorw gegen den Haltiwald auf eine grosse Fläche hin zugefroren. Durch den Lopperwind (Südwind) wurde das Eis gleichen Tages wieder zerschlagen und

die Eisschollen bei Ennethorw ans Land getrieben, wo sie eine Eisfläche bildeten. Am 22. abends war die Wassertemperatur 2°, das Wetter wurde milder, die Beobachtungen wurden eingestellt.

Am 10. Februar morgens war die obige Bucht neuerdings mit dünner Eisdecke überdeckt; Wassertemperatur 1°. Am 11. und 12. demolierte der Lopperwind das Eis wieder ziemlich, das Wetter wurde milder, die Temperatur des Wassers war 2° und es fiel Schnee. Am 15. und 16. trat das Eis in der ganzen Horwer Bucht fast überall dem Ufer entlang auf, auch von Spissenegg gegen Stansstad sah man am 16. eine grosse Eisfläche; Temperatur ½°. Am 17. morgens war von Spissenegg gegen Hergiswil ein breiter Streifen zugefroren; die Dampfschiffe und der Lopperwind demolierten es wieder teilweise; gegen Haltiwald und Winkel blieb die Eisdecke zusammenhängend und fest vom 15. Februar bis 2. März. Eisdicken wurden keine gemessen. Am 21. und 25. Februar bildeten sich mitten auf dem See wieder viele Eisinseln; Wassertemperatur bei Ennethovw 1½°. Am 2. März löste sich die Eisdecke und entfernte sich ziemlich vom Ufer weg; Nordwestwind und Regen zerstörten am 3. viel von dem Eise. Die Wassertemperatur stieg auf 2°, später auf 3°. Am 11. März verschwand das letzte Eis in der Bucht bei Nordwestwind und Schneegestöber. Am 15. März war die Wassertemperatur auf 4° gestiegen.

Von der *Hergiswiler Bucht* sind z. Z. keine Berichte über den Verlauf des Gefrierens eingegangen. Alle unsere Bemühungen, nachträglich beim Abschlusse dieser Arbeit noch die Hauptdaten des Verlaufes in Erfahrung zu bringen, hatten trotz des Entgegenkommens der Dampfschiffverwaltung und der angesprochenen Hergiswiler Bürger keinen rechten Erfolg. Die Erinnerung war verblasst und unsicher geworden. Das Wenige, was ausgemittelt ist, wollen wir immerhin hier festlegen.

Laut dem ersten Gefrierbericht des Hrn. *Karl von Segesser* von 1891 war die Strecke Stansstad-Hergiswil in der Nacht vom 19./20. Jänner trotz Wind leicht überfroren. Es war dies die gleiche Nacht, in welcher in Luzern bei der Seebrücke das Eis tragfähig wurde. Die Dauer dieser ersten Eisdecke ist unbekannt. Der Beobachter *S. Kaufmann* an der Horwer Bucht erwähnt so-

dann, das am 16. Februar eine Eisfläche zwischen Spissenegg und Stansstad auftrat und am 17. ein breiter Streifen von Spissenegg gegen Hergiswil hin zugefroren war. In dem Geschäftsbericht der Dampfschiffgesellschaft für 1891 steht laut Mitteilung des Hrn. *Schürmann* die Bemerkung: „Luzern-Stansstad blieb, kurze Strecken ausgenommen, merkwürdigerweise eisfrei und konnte immer mit Raddampfern befahren werden. Auf der Küssnacher Linie kursierte der (Schraubendampfer) Schwan.“ — Hr. Dampfschiffverwalter *E. Schmid* meldet uns im Dezember 1896: „Wir haben uns überall erkundigt, aber wir können einfach nichts Positives erhalten. Der Umstand, dass in unseren Fahrtenrapporten Hergiswil immer mit Frequenz figuriert, spricht dafür, dass diese Station wie Stansstad a. 1891 immer befahren werden konnte.“ — Hr. Stationsvorstand *Sidler* in Hergiswil berichtet: „Die Leute widersprechen sich; was der eine als sicher behauptet, hebt der andere wieder auf. Nach all den erhaltenen Angaben zu schliessen, müsste das Datum des ersten Eises auf Anfang Februar (richtiger wird es der 19. Jänner sein. Referent Arnet), dasjenige des letzten Eises auf die ersten Tage im März 1891 fallen (vermutlich auf den 6. März, wie im Gersauer und Weggiser Becken, oder dann auf den 11. März, wie in der Horwer Bucht. Ref. Arnet.) Dicke des Eises 12 cm. Bezüglich Dampfschifffahrten war nichts Genaues zu erfahren.“

Aus allem diesem geht hervor, dass in der Hergiswiler Bucht wie auf der Strecke Luzern-Stansstad das Gefrieren, im Gegensatz zu demjenigen in dem Alpnacher Arm, schwach auftrat, jedenfalls viel schwächer als a. 1880, wo die Hergiswiler Bucht einige Zeit für die Dampfer geschlossen war. Das Resultat stimmt schlecht mit der gewöhnlichen Annahme und mit dem früher erwähnten Befunde Forels, dass die Gefrörne von 1891 in dem Alpengebiet stärker gewesen sei, als diejenige von 1880. Wahrscheinlich war es der Einfluss der häufig auftretenden Bise, welche hier ähnlich wie in der Küssnacher Bucht das Eis oft wieder zerstörte und das stärkere Zufrieren verzögerte und verhinderte. In dem oben zitierten Berichte von Hrn. *Schürmann* vom 19. März heisst es z. B. bei Hergiswil: „Von Küssnach her blies eine scharfe Bise.“ Die Bucht liegt gerade wie der Trichter und wie der Küssnacher Arm für die Bise völlig offen.

c) Die Küssnacher Bucht zeigte wiederholt Eisbildungen und zwar den 21. und 22. Jänner, vom 9.—11. Februar, vom 16. Februar bis 7. März. Aus dem fleissigen Bericht von Bannwart *Andreas Zimmermann* im Eichehof, zwischen Greppen und Zinnen gelegen, entnehmen wir folgendes Detail: „Am 21. Jänner bildeten sich einige grössere Eisflecken im See; gegen Mittag war alles von den Wellen verspült. Am 22. war die Mitte des Küssnachersees von Zinnen bis Meggen fast ganz zugefroren, das Eis nur selten mit offenen Bächen durchzogen. Bis Mittag nahm die Ausdehnung und Dicke des Eises trotz warmem Sonnenschein zu, die Dicke bis 2 cm. Bis am Abend aber verschwand das Eis ziemlich und und am 23. morgens war kein Eis mehr zu sehen. An den folgenden Tagen waren bisweilen auf dem See noch kleine Eisflecken zu sehen.“ — Am 29. Jänner war ein starker Eisstreifen von Vordermeggen bis Altstad vorhanden, nach Bericht von Lehrer *E. Röthelin.* — Der Bericht von *Zimmermann* fährt dann weiter:

„Am 9. Februar, nach Wiedereintritt strenger Kälte, übersplitterte sich der See bei Sonnenuntergang fast gänzlich, am 10. morgens war alles Eis verschwunden, wahrscheinlich, weil dicker Nebel auf dem See lag (Nordwind?). Am 10. und 11. abends bei Sonnenuntergang wieder die gleiche Erscheinung wie gestern: leichte Ueberspitterung des Sees mit Eis bei Sonnenuntergang; am 11. und 12. morgens war jeweilen wieder alles verschwunden. (Die Nächte waren hell, aber vermutlich war Biswind die Ursache der Verspülung des Eises. Arnet.) Einige Tage kein Eis mehr. Am 16. morgens, nach heller Nacht, sah man auf der Weite des Sees mehrere kleinere Eisflecken; nachmittags waren sie verschwunden. Am 17. morgens, nach heller Nacht, war fast die ganze Fläche des Sees zugefroren, mit Ausnahme eines Saumes dem Ufer entlang; nachmittags waren Dreiviertel davon verschwunden. Am 18. morgens mehrere Eisflecken, nachmittags alles verschwunden. Am 20. Februar wurde bei hellem Sonnenschein schon nachmittags 3 Uhr der ganze See übersplittert und am 21. morgens war die Seefläche überfroren, nur ein Ufersaum von ca. 100 m Breite blieb frei; nachmittags war die Hälfte verschwunden. Am 22. morgens wiederholte sich die gleiche Erscheinung, Eisdicke 3—4 cm. Die folgenden Tage nahm die Eisdicke zu, am 25. war sie 5—7 cm; man konnte

ganz sicher darauf gehen; das Eis war durchsichtig wie Glas; drei bis vier Stellen waren noch nicht gefroren. Am 27. und 28. Eisdicke 9 cm. Am 1. März höchster Punkt der Gefrierperiode, Eisdicke 9—10 cm, Eizdecke spiegelglatt, hart und durchsichtig wie Glas, gegen Abend etwas trübe werdend. Viele Leute aus allen Altersklassen tummelten sich darauf und mit dem Velo durchkreuzte man die herrlich schöne Bahn nach Herzenslust. Am 2. März durchzog ein ca. 3 cm breiter Bach fast die Mitte des Eisfeldes. Am 3. März war der Seearm trotz starkem Regen noch gänzlich zugefroren, der gestrige Bach war nicht mehr zu sehen, und da von Westen her ein starker Wind wehte, so hörte man unter der Eisdecke ein gewaltiges Getöse, wie wenn ein mächtiger Strom dahinbrauste. (Merkwürdig! Lag denn das Eis hohl? War das Geräusch von einer Wellenbewegung des Wassers unter der Eisdecke erzeugt? Oder war es ein Reibungsgeräusch? Arnet.) Am 4. März war das Eis über der Mitte fast gänzlich verschwunden, dem Ufer entlang noch ein ca. 200 m breiter Streifen zugefroren, man konnte noch darauf gehen; Eisdicke noch überall 8—9 cm. Am 5. März starke Abnahme des Eises, am 6. lagen nur noch Eistafeln und verscheitertes Eis auf dem See herum, am 7. abends war alles verschwunden.

Eine kleine Stelle am Ufer von 1 bis 2 Hektaren Grösse blieb immer eislos, da dort ein Bächlein von Quellwasser einmündete."

d) Das Weggiser Becken. Die Fläche desselben war eisbedeckt vom 16.—28. Februar. Die Eisdicke variierte zwischen 1 und 5 cm. Bericht von Hrn. Kapitän *F. Geiger*. Den Termin des letzten Eises haben wir wie bei Gersau auf den 6. März angenommen. Sichere Angaben über das Datum des ersten und letzten Eises liegen nicht vor. Zwischen Weggis und Matt war mitten im See ein Holzfloss eingefroren, lt. Zeitungsbericht im „Vaterland". Ueber den Zustand des Beckens in der Mitte der Eisperiode, am 22. Februar, vergleiche oben, pag. 94, den Bericht von *Schürmann*. Ueber die von Schürmann bei Weggis beobachtete *wunderschöne Wiederspiegelung der Rigi* im See wollen wir hier eine Erklärung einschieben. Unseres Erachtens war die ausserordentliche Schärfe, Reinheit und Intensität des Landschaftsbildes im See teils durch die absolute Ruhe des Wasserspiegels,

teils durch die grosse Ruhe und Reinheit der Luftschichten über dem See, teils durch die gute Beleuchtung des Berges bedingt. Infolge der gleichmässigen Beschaffenheit, Ruhe und Reinheit der Luft gingen die vom sonnebeschienenen Berge aus zerstreuten Lichtstrahlen fast ohne Schwächung durch die Luft hindurch; auf der absolut stillen Wasserfläche wurde der grösste Teil der Strahlen, ohne Verschiebungen und Mischungen zu erleiden, gegen den Beobachter zu reflektiert. Für die grosse Ruhe und gleichmässige Beschaffenheit der Luft lag die zureichende Ursache in der schon früher erwähnten atmosphärischen Situation, in der lange bestehenden und grossen Anticyclone über Zentraleuropa; für die ungewöhnliche Stille der wenigen Freiwasserstellen des Sees war die Ursache teils die genannte Ruhe der Luft, teils die das Becken überspannende Eisdecke, welche die Bildung und Fortpflanzung eines auch nur zarten Wellenspieles von der Mitte des Sees gegen das Ufer hin verhinderte. Die Erscheinung war also ein Produkt von einer Anzahl zusammentreffender günstiger Faktoren, die sich hier nur sehr selten zusammenfinden werden. Nur Sonntagskinder kommen dazu, die Natur ob solchen Zaubervorstellungen zu belauschen. Bei gut eingeschlossenen Bergseen ist das Zustandekommen solcher Bilder allerdings häufiger denkbar, als bei grössern Seen unten im Tale. Nur ist es dann nicht die anmutige Rigi, welche gespiegelt wird.

So fassen wir die Erscheinung auf. Wer eine noch bessere Erklärung vorzubringen weiss, der halte nicht zurück damit.

Von der *Bucht bei Lützelau* liegt kein näherer Bericht vor. Wir wissen nicht, ob sie gleich stark gefroren war, wie die übrige Seefläche. Ist es richtig, dass in jener Bucht vom Seegrund aufsteigende Quellen vorhanden sind und dass infolge dessen bei frühern Ueberfrierungen daselbst Unglücksfälle auf dem Eise stattgefunden haben? In dem Bericht von *Schürmann* vom 22. Februar heisst es, dass bei der Rückfahrt von Vitznau nach Weggis das Schiff einige Zeit durch freies Wasser fuhr. Es scheint, dass die Eisbildungen auf dem rechten Ufer des Weggiser Beckens bedeutend schwächer und kürzer waren, als diejenigen in dem tiefen, offenen Becken und auf der Schattenseite, dem Bürgenstock entlang. Beim Aegerisee soll umgekehrt auf der Sonnseite die Eisdicke bedeutender gewesen sein. Vergleiche

oben pag. 75. Die Maximaltiefe in der Bucht von Lützelau ist 133 m, diejenige des Weggiser Beckens 151 m; die mittlere Tiefe des Beckens ist etwa zu 100 m zu taxieren.

e) Das Gersauer Becken war mehr oder weniger eisbedeckt vom 16. Februar bis 6. März. Das erste Eis erschien am 12. Februar im See bei Buochs und zwischen Gersau und Beckenried. Am 20. Februar war der See von Luzern bis Tribschen, von Altstad bis Küssnach und von Altstad bis Treib komplet zugefroren. (Geschäftsbericht der Dampfschiff-Gesellschaft.) Die Eisdicke betrug Ende Februar 4—6 cm. Selbst in Gersau war das Eis stellenweise tragfähig, so dass Erwachsene darauf stehen konnten. Die Fläche Buochs-Beckenried war stellenweise offen, stellenweise zu. Bericht von Kapitän *F. Geiger* in Luzern und Hotelier *A. Müller* in Gersau. Herr Müller erwähnt auch, dass er eines Abends das Krachen und Brüllen des Eises auch in Gersau beobachtet habe. Es ist dies die einzige derartige Wahrnehmung auf dem mittlern und untern Becken des Vierwaldstättersees, die uns zur Kenntnis gekommen. Wir schreiben den auffälligen Mangel der Erscheinung der stetsfort durch die Dampfschiffe offen gehaltenen Wasserstrasse zu, welche der Ausdehnung des Eises Raum gewährte.

Ueber die Reihenfolge der Eisbildungen berichtet Herr *Segesser*. „Die ersten Eisbildungen sah man am 12. Februar auf dem Gersauer Becken bei Kindlimord, in der Nähe von Gersau, zwischen Beckenried und Buochs, zwischen Buochs und der untern Nase. Es sind die genannten Partien alle die weniger tiefen Abteilungen des ganzen Beckens, die sich früher bis auf den Grund abgekühlt haben, als die tiefern. Von Beckenried aufwärts gegen Rütenen, Riseten etc. bildete sich das Eis, obschon dies die Schattenseite des Seebeckens ist, wegen der grössern und grössten Tiefe (214 m) zuletzt. Immerhin hat dieser tiefe Kessel bei weitem nicht die Ausdehnung, wie derjenige des Urnersees. Als dann aber die Abkühlung sich einmal vollzogen hatte, so erfolgte die Eisbildung mit grosser Schnelligkeit und auf grosser Ausdehnung auf einmal. Die Mündung der Aa in Buochs hinderte auch das Zufrieren daselbst nicht stark. Es bildete sich das Eis schon sehr bald und ganz nahe bis zum fliessenden Wasser.“ So der Bericht von *K. von Segesser*.

Weitere Einzelheiten über das Wann (Tageszeit) und Wie des Zufrierens berichtet Herr *A. Müller* in Gersau. „Am 16. Februar abends 5 Uhr bei Sonnenuntergang ist der See hier zum ersten Male und zwar fast die ganze Fläche zugefroren. Wir haben dabei ein eigentümliches Rauschen und Stossen der kleinen und dünnen Eisteile wahrgenommen und gesehen, wie sich manchmal ziemlich lange Eisstückchen von 10 cm ganz senkrecht aufstellten. Nach 8 Uhr abends war das Eis aber wieder verschwunden (Verspülung!). Den andern Morgen bei Sonnenaufgang gefror der See wieder und so ging das einige Tage fort, bis sich ausserhalb der Dampfschiff-Wasserstrasse eine schöne, zusammenhängende Eisdecke gebildet hatte. Auf Hebungen und Senkungen des Seespiegels wurde keine Obacht gegeben. Eines abends habe ich auch das Krachen und Brüllen des Eises hier wahrgenommen.“

Ein Beobachter aus *Gersau* berichtet unterm 18. Februar dem „Vaterland“ folgendes: „Der See ist nun hier gänzlich überfroren. Am 17. hatte die Oberfläche noch eine Temperatur von kaum mehr als 0°. Es war ein hoher Naturgenuss, bei prächtigem Sonnenschein und einer Wärme, dass Schnee und Eis auf den Strassen schmolzen, zu beobachten, wie das Einfrieren Fortschritte machte und wie die Eisplatten sich gegenseitig drängten und verschoben. Gestern (am 17.) war das Eis in der Mitte des Sees 3 cm dick.“

Ein Beobachter in *Beckenried* bestätigte und ergänzte diese Meldung im „Vaterland“ vom 21. Februar. Er schreibt: „Die gleiche unaufklärbare Naturerscheinung, wie sie am 17. in Gersau beobachtet worden ist, war auch hier am gleichen Tage für viele ein Gegenstand der Bewunderung. Die am Morgen sich präsentierende Eisdecke erstreckte sich nur über den östlich von Beckenried gelegenen Teil des Sees, während die nordwestliche Seefläche eisfrei blieb. Den Tag über sandte die Sonne ihre Strahlen hernieder, so dass auf den Strassen der Schnee auftaute, während gleichzeitig, es war gegen 2 Uhr nachmittags, auch der nordwestliche, der Sonne besonders ausgesetzte Teil des Sees zu überfrieren begann. Wer löst uns nun das Rätsel des Ueberfrierens des tiefsten Beckens zwischen Gersau und Rütenen bei der Nacht und der darauf folgenden Eisbildung der weniger

tiefen, sonnigen Partie beim Tage während des prächtigsten Sonnenscheins?"

Wir wollen uns vermessen, eine Lösung des Rätsels zu bringen, müssen aber dabei den einen der geltend gemachten Gegensätze (Unterschied der Seebeckentiefen) abschwächen und das Hauptgewicht auf den zweiten Gegensatz, auf die entgegengesetzte Wirkung der Sonnenstrahlen auf dem Lande und auf dem See, legen. Wir sagen so:

1. Der Gegensatz zwischen der Tiefe der beiden verglichenen Seeregionen ist nicht gar gross. Nach der Seetiefenkarte von Hörnlimann (leider ist diese Karte noch nicht samthaft herausgegeben; es stand uns durch Hrn. Präsident O. Suidter ein Croquis derselben zur Verfügung) und nach den Längen- und Querprofilen des Sees von Dr. *F. A. Forel* in seiner Arbeit «Carte hydrographique du lac des IV Cantons, Genève 1886» fällt der Boden des Gersauer Beckens nicht bloss von der Kindlimordbarre, sondern auch von der untern Nase her bedeutend steil ab und auf eine Erstreckung von 6 km in der genannten Längsrichtung beträgt die Seetiefe über 200 m. Die oben genannte nordwestliche Seefläche von Beckenried aus gehört daher ebensowohl zu den tiefen Partien des Gersauer Beckens, wie der Querschnitt Gersau-Rütenen.

2. Nachdem einige Tage lokale Eisbildungen an den weniger tiefen Partien und Wiederverspülen des Eises vorausgegangen waren, war in der Nacht vom 16./17. Februar das ganze Gersauer Becken an der Grenze des Widerstandes gegen das Gefrieren, d. h. auf ungefähr Null Grad Temperatur an der Oberfläche, angelangt.

3. Das Auffallende besteht also einzig darin, dass die nordwestliche Seefläche am 17. morgens noch eisfrei war und dann am hellen Tage bei Sonnenschein gefror.

4. Das Eisfreisein am Morgen des 17. ist kaum anders zu erklären, als dass die Eisbildung in der Nacht durch leichten Wind und etwas Wellenbewegung verspült worden sei, ähnlich wie dies wiederholt im Küssnacher Becken und auch im See bei Gersau beobachtet wurde. Eine leichte Wasserbewegung genügt hiezu; das Eisfadennetz oder die Eisplättchen werden untergetaucht und auf Kosten der Wärme der Wasserschichten hart unter der

Oberfläche geschmolzen. Es will uns scheinen, dass jene Stelle des Sees in der Richtung von Beckenried gegen den Engpass zwischen den beiden Nasen hin für Verspülung des ersten Eises durch Wind besonders geeignet war.

4. Die Hauptschwierigkeit bietet der Umstand, dass die noch offene Seepartie während des prächtigen Sonnenscheins zu überfrieren begann. Auf dem Lande Schmelzung des Schnees, auf dem See Gefrierung des Wassers durch den Sonnenschein, das ist die merkwürdige Antithese. Die Eisbildung am Tage bei prächtig warmem Sonnenschein oder dann bei Sonnenuntergang konstatieren auch der Korrespondent von Gersau im „Vaterland" und die Beobachter von der Küssnacher und Horwer Bucht zu wiederholten Malen. Wie kommt die Sonne dazu, durch ihre Strahlung Kälte zu erzeugen und Eis zu bilden? Hic Rhodus, hic salta! Hier unsere Erklärung.

Durch die Sonnenbestrahlung und die teilweiseAbsorption der auffallenden Wärmestrahlen erhält einerseits das Wasser Wärmezufuhr; andererseits erhalten aber auch die untersten Luftschichten über dem Wasser Wärmezufuhr und zwar hauptsächlich durch Reflexion der Sonnenstrahlen; ihre Temperatur steigt und zwar steigt sie erheblich höher, als die Temperatur der obersten Wasserschicht, weil diese Luft eine geringere Masse und eine viel geringere spezifische Wärme besitzt, als das Wasser. Die berührenden untern Luftschichten werden durch diese Erwärmung nach und nach fähig, mehr Wasserdampf aufzunehmen, als früher; die Wasseroberfläche muss daher anfangen, Wasser zu verdunsten; hiedurch wird Wärme verbraucht oder wird Wärme latent gemacht, wie die frühere Ausdrucksweise der Physik lautete. Jedes Kilogramm bei gewöhnlicher Temperatur verdunstendes Wasser verbraucht etwa 600 Kalorien Wärme, vermag also 600 Kilogramm des zurückbleibenden Wassers um 1 ° C. abzukühlen. Diese Verdampfungswärme wird der obersten Wasserschicht des Sees entzogen. Diese indirekte, gleichsam auf einem Umweg zustande gekommene Abkühlung der obersten Wasserschicht in Verbindung mit der ausserdem vorhandenen direkten Wärmeausstrahlung des Wassers gegen den Himmel kann nun grösser sein, als die direkte Erwärmung durch Einstrahlung und teilweise Absorption der Sonnenwärme, und das Resultat der mehrfachen Vorgänge ist

ein Sinken der Temperatur der obersten Wasserschichte und, wenn dieselbe eben schon auf oder an Null Grad stand, ein Gefrieren derselben.

Zur Erhärtung der angegebenen Erklärung berufen wir uns auf den bekannten physikalischen Schulversuch mit dem sogenannten Kryophor. In der einen Kugel des Kryophors, die von der warmen Zimmerluft umspült wird, kann das darin enthaltene Wasser durch seine eigene lebhafte Verdunstung im luftverdünnten Raume zum Gefrieren an der Oberfläche gebracht werden. Aber der Vorgang braucht einige Zeit und so wird auch eine kurze Sonnenbestrahlung beim See nicht ausreichen, sondern erst eine stundenlang andauernde Bestrahlung. Und ferner wird bekanntlich durch Wärmeverbrauch beim Verdunsten von geeigneten andern Flüssigkeiten (Aether, Ammoniak) in der Technik künstliches Eis in grosser Menge dargestellt (Eismaschinen) und in der Neuzeit werden nach dem gleichen Prinzip die hohen Kältegrade bis — 200° und darunter hergestellt. (R. Pictets Kältemaschine.)

Dies unsere Erklärung der merkwürdigen Erscheinung der Eisbildung durch Sonnenbestrahlung. Dieselbe stützt sich auf einfache physikalische Gesetze. Wir geben zu, dass sie noch mehr vertieft werden könnte. Es war uns hier darum zu tun, das Grundgesetz den Lesern möglichst anschaulich darzulegen. Zu wünschen bleibt, dass in künftigen Gefrierperioden in solchen Fällen Messungen der Temperatur der obersten Wasserschicht und der Luftschicht darüber, ebenso Messungen des Taupunktes und des relativen Feuchtigkeitsgehaltes der Luft vor und während der Sonnenbestrahlung gemacht werden könnten, ohne dass dabei das Seewasser erheblich bewegt und unter einander gemischt würde. Sobald das letztere stattfindet, so wird das Gefrieren der Oberfläche entweder unterbleiben oder sehr verzögert werden.

Als Abschluss dieser Abteilung fügen wir noch einige Bemerkungen über *die Dampfschifffahrten auf dem untern und obern See* während der Eisperiode im Februar hinzu, die wir teils dem Geschäftsbericht der Dampfschiff-Gesellschaft, teils einem Spezialberichte von Hrn. Kapitän Geiger an Schürmann entnehmen. Die Eisdicke erreichte an manchen Stellen der Fahrlinie 8 bis 10 cm. Infolge dessen haben die Fahrten auf der Strecke Luzern-

Treib insoweit eine Störung erlitten, dass zur Zeit des stärksten Eises, vom 25. Februar bis 2. März, wo die gewöhnlichen Dampfschiffe fast gar nicht mehr und nicht ohne grossen Schaden durchzubrechen vermochten, das Schrauben-Trajektschiff einen Wagen der Gotthardbahn auf seinen Rücken nehmen und in demselben die Passagiere befördern musste. Auf diese Weise wurde die erste Morgenfahrt von Luzern bis Treib ausgeführt. Die letzte Fahrt Luzern-Flüelen wurde abends 4 h 10 anstatt 5 h 50 begonnen. Im übrigen konstatiert der Bericht der Dampfschiff-Verwaltung mit Befriedigung, dass während der Eiszeit kein einziger fahrplanmässiger Schiffskurs unausgeführt blieb, die Linie Stansstad-Alpnach ausgenommen, welche bis 1. April für die Schifffahrt geschlossen war. Am 2. März endlich trat Tauwetter ein und am 3. März konnte der Dienst mit Raddampfern wieder wie gewohnt durchgeführt werden.

f) Das Urner Seebecken hat es im Gegensatz zum Gersauer Becken nicht zum Ueberfrieren gebracht. *K. von Segesser* berichtet, dass bereits am 29. Jänner, als der Kreuztrichter und die Hergiswiler Bucht bis Stansstad grösstenteils zugefroren waren, auch in Flüelen und in Buochs Eisbildungen bis ziemlich weit in den See hinaus auftraten. Der ganze obere See war also schon am Ende der ersten Kälteperiode bedroht. Die Kälte pausierte aber dann eine Woche und setzte erst am 5. Februar wieder ein. Während der zweiten Kälteperiode, als das Gersauer Becken der Kälte erlag, kam es im Urner Becken bloss zu lokalen Eisbildungen an verschiedenen Uferorten, so bei Ort, Oelberg, Bauen, Sisikon, Isleten bis Flüelen. Von Brunnen verlautet nichts. Besonders stark war die Eisschicht in der Flüeler Bucht bis Isleten und Sulzegg und ebenso bei Bauen; sie betrug daselbst 1 bis 3 cm, an andern Stellen bloss 4 bis 5 mm (Kapitän *Geiger*). Weiter gedieh das Gefrieren nicht. Daten über die Eisdauer liegen nicht vor.

Im Auftrage des Herrn Segesser machte Bestäter *A. Arnold* in Flüelen *Temperaturmessungen der Wasseroberfläche in Flüelen.* Die Messungen wurden jeden Morgen um 8 h mit einem nach R.-Graden geteilten Thermometer vorgenommen. Das Thermometer war nicht kontrolliert und es ist gut möglich, dass seine Angaben um $^1/_2{}^0$ oder mehr zu hoch sind, wie dies bei gewöhn-

lichen Instrumenten meistens der Fall ist. Die Messungen begannen am 21. Jänner und endeten am 4. April. Dieselben lauten nach Celsiusgraden: $2^1/_2{}^0$ C. am 21. und 22. Jänner, $3^3/_4{}^0$ vom 23.—25., $2^1/_2{}^0$ oder 2^0 vom 26.—31. Jänner, $3^3/_4{}^0$ vom 1.—5. Februar, dann 3^0, $2^1/_2{}^0$, 2^0, $1^1/_4{}^0$, 2^0, 2^0, $2^1/_2{}^0$, $2^1/_2{}^0$ C. vom 6.—13. Februar, dann abwechselnd $2^1/_2{}^0$ und 3^0 bis 2. März, dann steigend 4^0, $4^1/_2{}^0$ und 5^0 bis 23. März, dann wieder 4^0 vom 24. März bis 2. April, zuletzt 5^0 am 3. und 4. April. Die niedrigste Wassertemperatur war also $1^1/_4{}^0$ C. am 9. Februar morgens; vom 21. Jänner bis 2. März blieb das Thermometer immer unter 4^0 C. und es war also unterdessen immer die verkehrte thermische Lagerung der Wasserschichten, die kältern Schichten oben, vorhanden. Von besonderem Interesse wäre es gewesen, wenn zeitweise mitten draussen im tiefen Seebecken, etwa bei Sisikon, die Oberflächentemperatur gemessen worden wäre. Dann wüsste man, ob draussen über der Maximaltiefe von 200 m die Abkühlnng der ganzen Wassermasse auf 4^0 C. vollzogen war und eine wie grosse Differenz zwischen Urner und Gersauer Becken bestanden hatte.

Die Wasserzuflüsse, bemerkt Segesser, haben kaum einen Einfluss auf das Urner Becken ausgeübt; denn die Reuss brachte so wenig Wasser, dass das Quantum gegenüber der Wassermasse des Urner Sees verschwinden musste (man vergleiche hiezu die Beobachtung bei der Mündung der Aa in Buochs) und der Isentaler und der Sisikoner Bach waren beinahe trocken. (Bezüglich der Muota bei Brunnen und der dortigen Eisverhältnisse ist in keinem Berichte etwas bemerkt. Arnet.)

Es wurde damals vielfach die Frage diskutiert, *warum das Gersauer Becken trotz seiner grössern Maximaltiefe von 214 m vom Eise überwältigt worden sei, das Urner Becken aber mit 200 m Tiefe nicht unterlegen sei.* Wir lassen darüber folgende einlässliche Erörterungen folgen.

1) Herr *K. von Segesser* hat in einem separaten Berichte an uns folgende Ansicht entwickelt, die wir hier in einigen Punkten etwas verbessert und präziser ausgestaltet wiedergeben. „Der Urner See hat steile Wände, einen ebenen Boden und auf grosse Erstreckung eine gleiche Tiefe der Wassermasse von nahezu 200 m. Das Gersauer Becken hat nicht so steil abfallende Wände,

einen unebenen Boden und ist daher in ungleich tiefe Abteilungen geschieden. Die weniger tiefen Abteilungen kühlen sich durch die vertikale Zirkulation der Wassermassen eher auf die Temperatur von 4° C. ab, als die tiefern. Auf den erstern bildet sich daher früher die verkehrte thermische Lagerung der Wasserschichten und treten sodann die ersten leichten Eisbildungen auf. Durch den Wind können diese Eisschichten oder Eisflecken weiter getrieben, über die tiefern Abteilungen des Beckens geführt und daselbst durch das noch wärmere Wasser zum Schmelzen gebracht werden. Dadurch wird dieses Wasser über den tiefern Abteilungen ebenfalls abgekühlt und nach und nach in Verbindung mit der noch fortdauernden Zirkulation auch gefrierfähig. In der Tat ist der See an den weniger tiefen Stellen, z. B. bei Kindlimord, zwischen Beckenried und Buochs, zwischen Buochs und der untern Nase zuerst überfroren; von Beckenried aufwärts gegen Rütenen bildete sich das Eis wegen der dortigen grössern und grössten Tiefe zuletzt."

Dieser Erklärungsversuch ist gewiss gut ausgedacht und sieht auf den ersten Blick plausibel aus. Aber derselbe hält gegenüber den Resultaten der Tiefenmessung nicht stand. Wenn man in der Tiefenkarte von Hörnlimann oder in den nunmehr erschienen einzelnen Blättern des Siegfriedatlasses die Bodengestaltungen der beiden Becken übersieht, so muss man die Erklärung zurückweisen. Das Urner Becken hat mit Ausnahme der Abdachung der Flüeler Bucht sehr steile Wände. Aber auch das Gersauer Becken hat steile Abhänge auf der Nordseite und Südseite sowohl, als auch in der Längsrichtung, einerseits von der Barre bei Kindlimord und anderseits von der untern Nase an. Die grosse Tiefebene des Bodens, von der Tiefenkurve 207 m (Horizontalkurve von 230 m) umschlossen, ist beim Gersauer Becken viel ausgedehnter, als die entsprechende von der Tiefenkurve 197 m (Horizontalkurve 240 m) umschlossene Tiefebene des Urner Beckens. Forel berechnet in in seiner Abhandlung «Carte hydrographique du lac des IV Cantons, 1886» die Oberfläche dieser Tiefebene beim Urner See zu $3^1/_2$ km²; diejenige vom Gersauer Becken zu 9,6 km². Wir haben ferner an der Hand der Tiefenkarte von Hörnlimann eine angenäherte Berechnung der von der Tiefenkurve von 177 m (Horizontalkurve 260 m)

in beiden Becken umschlossenen Flächen gemacht und beim Urnersee 10,5 km², beim Gersauersee 14,2 km² Flächeninhalt gefunden. Es ist hienach kein Zweifel, dass der Wasserinhalt im tiefen Teil des Gersauer Beckens grösser ist, als derjenige im tiefen Teil des Urner Beckens. Wir taxieren das Verhältniss der beiden etwa wie 3 : 2. Den weniger tiefen Abteilungen des Gersauer Beckens (Bassin von Folligen und Bucht von Buochs und St. Antoni) steht eine weniger tiefe Abteilung des Urnersees, die Flüeler Bucht bis Isleten, gegenüber und das Verhältnis der gesamten Wassermassen beider Becken wird dadurch nicht viel geändert. Die mittlere Tiefe des Urnersees ist also kleiner anzunehmen, als diejenige des Gersauersees und der Urnersee sollte hienach in der Gefrierung eher vorauskommen.

2) Einen andern Grund für den Gefrierunterschied der beiden Seebecken finden wir bei Dr. *F. A. Forel* in seiner Arbeit: «La congélation des lacs dans l'hiver 1891» angegeben. Forel sagt: „Das Becken des Urnersees hat eine zentrale Lage, es liegt vollständig in der Alpenregion und nimmt mehr als die westlichen Teile des Sees an der Einwirkung der Sonnenstrahlen während des Tages teil. Während des schönen Winterwetters ist bekanntlich die schweizerische Ebene oft mit Nebel bedeckt und gleichzeitig geniessen die Alpentäler den schönsten Sonnenschein."

Es lässt sich auch dieser Erklärung Forels etwas entgegenstellen. Gersau ist bekannt als milde, sonnige, nebelfreie Winterstation und die klimatischen Vorzüge von Gersau müssen, so sollte man meinen, auch dem dortigen Seebecken zugute kommen. Ein besonderer klimatischer Gegensatz zwischen Urnersee und Gersauersee leuchtet nicht sofort ein. Wir haben nun die Annalen der schweizer. meteorologischen Zentralanstalt hierüber beraten und die Stationen Altdorf und Gersau im Winter 1890/91 mit einander verglichen. Hier einige Vergleichungspunkte für die Monate Dezember, Jänner, Februar und für den ganzen Winter.

	1890/91	*Altdorf*	*Gersau*
Mittlere Tagestemperatur	Dezember	— 2,3° C.	— 2,3° C.
	Jänner	— 4,5° „	— 4,1° „
	Februar	— 1,5° „	— 2,0° „
	Ganzer Winter	— 2,77° „	— 2,80° „

	1890/91	*Altdorf*	*Gersau*
Minimum der Temperatur	Dezember	— 8,7° C.	— 6,0° C.
	Jänner	— 15,4° „	— 13,5° „
	Februar	— 10,3° „	— 7,9° „
Mittlere Temperatur von morgens 7 h.	Dezember	— 3,0° „	— 2,9° „
	Jänner	— 6,0° „	— 5,2° „
	Februar	— 4,0° „	— 3,5° „
Zahl der Tage mit Nebel	Dezember	23	0 (?)
	Jänner	2	3
	Februar	0	1
Zahl der heitern Tage	Dezember	1	0
	Jänner	8	4
	Februar	15	11
Zahl der trüben Tage	Dezember	22	26
	Jänner	12	17
	Februar	3	5
Mittlere Bewölkung	Dezember	8,5	9,2
	Jänner	6,1	7,0
	Februar	3,1	4,2
	Ganzer Winter	5,9	6,8

Was ergiebt sich nun hieraus? Gersau steht bezüglich der mittlern Temperaturen im Winter 1890/91 ziemlich gleich gut da, wie Altdorf, jedoch sind in *Altdorf* die Morgentemperaturen von 7 h morgens in den Extremen und Mittelwerten etwas *tiefer* als in Gersau; bezüglich der Bewölkung und der Zahl der hellen und trüben Tage ist *Gersau* durchweg *ungünstiger,* als Altdorf. Der Vergleich bezüglich Nebel und Nebeldecke muss leider weggelassen werden, da die Zählung der Nebeltage an beiden Stationen nicht nach gleichen Grundsätzen stattgefunden zu haben scheint. In dem nebelreichen Dezember zählt Gersau keinen Nebeltag, keinen Tag mit Nebeldecke (neblig bedeckt), Altdorf zählt deren 23 und Luzern hatte deren 31. Da hapert etwas in der Zählung. Gersau hatte aber im Dezember 26 bedeckte Tage, Altdorf 22 und Luzern 25. Ohne Zweifel war die Bedeckung an allen diesen Orten gleichartig, es war die meiste Zeit eine Decke von Hochnebel da und es scheint, dass beide Stationen, Altdorf und Gersau, auch in diesem Punkte wenig auseinandergehen. Sicher ist, dass

die *Bewölkungsziffer des ganzen Winters in Altdorf kleiner* war. Die Zahl der Sonnenscheinstunden wird an beiden Orten nicht bestimmt; nach der mittlern Bewölkung zu schliessen, musste die Sonnenscheindauer in Altdorf etwas grösser sein. Merkwürdig ist, dass dabei doch die mittlern Temperaturen beider Stationen fast gleich sind. Die Vergleichung fällt also nur ganz schwach zugunsten der Ansicht Forels aus.

Wir gingen noch weiter in der Vergleichung und haben aus den letzten fünf Bänden der obgenannten meteorologischen Annalen für die Jahre 1890, 91, 92, 93 und 94 einige Ergebnisse der drei meteorologischen Stationen Altdorf, Gersau und Luzern zusammengestellt. Hier fügen wir nur die Mittelwerte der fünf Beobachtungsjahre ein.

1890—1894.	*Altdorf.*	*Gersau.*	*Luzern.*
Mittlere Jahrestemperatur	9,06°	8,96°	8,14°
Zahl der hellen Tage per Jahr	66	84	69
Zahl der trüben Tage per Jahr	139	138	136
Mittelwert der Bewölkung	6,3	5,7	6,0

Was ersehen wir hieraus? Im Mittel von fünf Jahren ist Altdorf um den kleinen Betrag von 0,1° wärmer als Gersau. In der mittlern Bewölkungsziffer ist Altdorf aber ebenfalls höher, als Gersau. Im Winter 1890/91 war dieses Verhältnis gerade umgekehrt. Wir haben also das merkwürdige Ergebnis, Altdorf hat im gesamten etwas mehr Bewölkung, aber doch etwas höhere Luftwärme. (Föhneinfluss?) Gross sind die von Forel angerufenen Unterschiede auf keinen Fall. Eine exaktere Beurteilung werden wir erst gewinnen, wenn wir den jährlichen Verlauf der Temperaturen des Wassers in beiden Seebecken und die daselbst aufgespeicherten Wärmevorräte werden kennen gelernt haben. Dieser Punkt gehört unter die Aufgaben der jetzt begonnenen grossen Seeuntersuchung des Vierwaldstättersees. Inzwischen gedulden wir uns.

3) Nach Abschluss dieser Untersuchung treffen wir in der neuen und interessanten Monographie: „*Der Gotthard, von Karl Spitteler,* Frauenfeld 1897“, auf Seite 13—16 eine unser Problem nahe berührende Auseinandersetzung des berühmten Schriftstellers an. Wir nehmen dieselbe in der Hauptsache hier gleichfalls auf. Herr *Spitteler* schreibt: „*Von Luzern bis Erstfeld,* wir können

sagen *bis Amsteg*, durchlaufen wir eine Gegend, die nicht bloss keine Spur von der spätern Gotthardwildnis bekundet, sondern klimatisch und infolge dessen im Pflanzenwuchs dermassen bevorzugt ist, dass die übrige deutsche Schweiz davor zurücksteht. Es ist ein Stück über den Gotthard gesprengtes Italien, kein ebenbürtiges, doch ein verwandtes.“ . . . . .

„Ueber den *Urnersee* mögen folgende Daten orientieren. Er ist der heisseste Teil des Vierwaldstättersees, selbst Gersau und Vitznau übertreffend. Ehe Gersau und Vitznau klimatisch entdeckt wurden, war es Uri und namentlich der Urnersee, welcher in den schweizerischen Urkunden für ausserordentlich warm und mild galt. Besonders bevorzugte Stellen von südlichem Vegetationscharakter sind: die Strecke von Altdorf bis Isleten, die Tellsplatte (Tellskapelle) mit ihrer Umgebung, das Rütli, welches den Gärten von Altdorf und Brunnen die edlern Ziersträucher liefert. Die Wildflora des Urnersees zeigt eine merkwürdige Uebereinstimmung mit derjenigen des Luganersees, eine Notiz, die ich einem umsichtigen und erfahrenen Beobachter, dem Präsidenten der Luzerner Naturforschenden Gesellschaft, Herrn O. Suidter, verdanke.“

„Auch *im untern Reusstal* bleiben wir immer noch auf klimatisch bevorzugtem Boden. In Altdorf gedeiht noch die Wellingtonia und in den Gärten der Kapuziner und des Landammanns werden zarte Obstsorten gezüchtet, die anderswo nicht gelingen wollen. . . . Erst über Inschi, jenseits des Wassener Waldes, beginnt die Gotthardwildnis und fast plötzlich. Bis dorthin herrscht Ueppigkeit und Segen.“

„Wie der untere Kanton Tessin mit den italienischen Seen vor der lombardischen Ebene, so ist das untere Uri mit Vierwaldstättersee und Zugersee vor der Schweizer Hochebene klimatisch ausgezeichnet.“ . . . .

Wie stellen wir uns zu dieser von südlicher Luft durchwehten Auffassung Spittelers von der Milde des Klimas an unserm See und speziell an den Ufern des Urnersees? Dieselbe erscheint uns zutreffend mit folgender Einschränkung. Diese Milde des Klimas, dieses „über den Gotthard gesprengte Stück Italien“ reicht so weit, als eine kräftige Föhnwirkung geht. Aber dies hindert nicht, dass bei gewissen Konstellationen der meteorologischen

Faktoren (richtige Lage der Luftdruck-Minima und -Maxima) auf Wochen und Monate hinaus der Föhn ansbleibt und strenge Kälte auch in die bevorzugten Täler und auf die Seen der Zentralschweiz sich lagert. Ob auch dann das Urital und der Urnersee wärmer gebettet seien, mehr Sonnenschein und weniger Nebeldecke haben, als die Partien von Gersau, Vitznau, vom Zugersee, daran ist nach der obigen Vergleichung der kalten Wintermonate von 1890/91 in Altdorf und Gersau noch immer zu zweifeln erlaubt. Vermutlich wird im Frühling, Sommer und Herbst durch vorwiegende Föhnwirkung im Urnersee eine grössere Wärmemenge aufgespeichert, als in den westlichern Teilen des Sees und durch dieses Plus von Wärmevorrat schützt sich der Urnersee während der Zeit einer Eisperiode vor dem gleichzeitigen Zufrieren mit dem Gersauersee. Das ist der Hauptpunkt bei den Gefrierunterschieden der beiden Seebecken. Ein paar föhnarme Sommer und ein darauf folgender strenger Winter würden den betreffenden Unterschied vernichten. Nicht den Differenzen der Winterkälte, sondern den Differenzen in der Qualität der Sommer verdankt der Urnersee sein Zurückbleiben im Gefrieren gegenüber dem Gersauersee. Die Seeuntersuchung wird, wie wir hoffen, die noch offene Frage später definitiv erledigen.

11. Frühere Zufrierungen des Vierwaldstättersees.

Das Zufrieren des Vierwaldstättersees im Jahre 1891 ist hiemit erledigt. Es scheint uns jedoch am Platze, noch eine Reihe *historischer Notizen über frühere Zufrierungen dieses Sees* zusammenzustellen. Wir stützen uns dabei auf «*Chr. B. Brügger, Beiträge zur Naturchronik der Schweiz,* I—VI, Chur 1876—1888», sodann auf Prof. «*B. Amberg, Beiträge zur Chronik der Witterung und verwandter Naturerscheinungen,* I und II, Luzern 1890 und 1892». Die letztere Sammlung von Chroniknachrichten reicht gegenwärtig bis zum Jahre 1550. Für die folgenden Jahrhunderte hat uns Hr. Kollega Amberg entgegenkommend seine Auszüge aus R. Cysat, Collectaneen, und aus einigen andern Quellen mitgeteilt, wofür wir ihm sehr dankbar sind.

Bis zum 14. Jahrhundert treffen wir in den Chroniken wohl oft Nachrichten von so kalten Wintern, dass alle Wasser über-

froren, dass Weinstöcke und Bäume erfroren, dass Bäume und Berge vor Kälte auseinandersprangen u. s. w., aber von unserm See ist keine spezielle Rede. Zum ersten Mal finden wir vom Jahre 1277 die Angabe, dass der Bodensee ganz überfroren war. (Amberg I, 30). Vom 14. Jahrhundert an werden dann folgende grössere partielle Zufrierungen des Vierwaldstättersees überliefert.

1319. War ein grausam strenger Winter, dass grosse schifferische Flüsse über zwei Monate lang zugefroren waren und man mit geladenen Wagen darüber fahren konnte. Sogar die Wildenten kamen bis in die Stadt Luzern, um Nahrung zu suchen. Das Eis erstreckte sich von der Reussbrücke bis Küssnach, Stansstad und Alpnach und trug drei Wochen lang schwere Lasten. (*Amberg* II, 7, nach Cysat und Luzerner Wochenblatt, Jahrg. 1782).

1364. Weit herum waren alle Gewässer überfroren. Der Luzernersee überfror den 22. Jänner, dass man während dreier Wochen mit Ross und Schlitten bis Küssnach und Alpnach fahren konnte. (*Amberg* II, 15, nach Melchior Russens Chronik.)

Im 15. Jahrhundert sind bei Brügger und Amberg drei sehr strenge Winter aufgezählt, in welchen die Schweizer Flüsse und Seen gefroren, nämlich der Winter 1407/08, die Winter 1435 und 1491. Aber nirgends wird eine Zufrierung des Luzernersees speziell erwähnt. Ob dieselben ganz ausblieben oder nur unbedeutend waren?

1534. Der Winter war so kalt, wie seit 40 Jahren nicht. Die Kälte begann etwa 8 Tage vor Weihnachten (1533) und war so mächtig, dass der *Luzernersee* bis in den Trichter zufror. Dies dauerte etwa einen Monat; hienach kam gut fein Wetter. (*Amberg* II, 49, nach Hans Salats Tagebuch.)

1565 und 1571 waren sehr kalte Winter, so dass viele Seen und Flüsse zufroren. cf. *Brügger* II, pag. 11 und 15. Vom Vierwaldstättersee wird nichts gesagt.

1573. Es war dieses Jahr eine sehr strenge Winterkälte. Boden- und Genfersee, *Luzerner-* und Neuenburgersee waren so fest überfroren (im Januar), dass man mit Lastwagen darüber fuhr. (*Brügger* II, pag. 17, nach Zürcher und Neuenburger Chroniken. — Die Auszüge *Ambergs* nach Cysat enthalten nichts über diese Zufrierung.)

1684. War der erschrecklich kalte Winter. Die Kälte fing zu Weihnachten an und dauerte bis 25. Jänner. Der Bodensee war so dick gefroren, dass man mit schweren Lasten darüber fahren konnte. (*Brügger* IV, pag. 12.)

Im Jänner 1684 brach eine grausame, anhaltende Kälte ein. Am 12. Hornung überfror der ganze Vierwaldstättersee zwischen Gersau, Beckenried und Buochs. Dienstag den 14. Hornung brachen die Brunner bis Gersau, die Gersauer bis an die untere Nase das Eis auf; von Luzern ward auch gearbeitet, um die Schifffahrt wieder herzustellen. Mit Mühe erreichte man, dass die Marktschiffe nach Luzern und zurückfahren konnten. Das Urner und Schwyzer Schiff hatten am 22. Hornung so harten Stand, dass sie vier Stunden brauchten, um von der Gersauer Schifflände bis an das St. Niklausenegg, also eine Strecke von ½ Viertelstund, sich durchzueisen. In der Nacht darauf kam glücklicherweise ein Sturm aus Nordwest (Aarbise), welcher das Eis gänzlich zertrümmerte. Hierauf folgte ein zeitiger und schöner Frühling und ein günstiger Sommer. (*Schwyzerisches Volksblatt,* Jahrgang 1830, No. 8.)

1685. Es brach im Januar schon wieder eine heftige Kälte ein. Der (Vierwaldstätter)-See gefror im Hornung und blieb 6 Wochen geschlossen. Noch am 17. März zog man Kornsäcke, Käsespallen, Salzfässer und Saghölzer über das Eis. Die Beckenrieder und Gersauer besuchten sich gegenseitig zu Fuss übers Eis und bewirteten die Besucher gastfreundlich. — Der Sommer war regnerisch und kalt. Am 26. Heumonat fiel Schnee bis in die tiefsten Talgegenden. Die Ufer des Vierwaldstättersees blieben davon den ganzen Tag bedeckt. (*Schwyzerisches Volksblatt,* Jahrgang 1830, No. 8.)

Anno 1685 war eine grimmige Kälte, dergestalt, dass schier der ganze Luzernersee zugefroren ist, der ganze Trichter bis gen Küssnach, bis gen Uri fast alles, so dass die Marktschiffe vier oder fünf Wochen daheim bleiben mussten, woraus sonderbar zu Uri das Brot ziemlich teuer geworden. . . . . Am 13. Brachmonat hat es einen Schnee gegeben, welcher erst auf den Abend zerschmolzen, auf dem Rooterberg erst den andern Tag. (*Urbar des Zehntens,* Bodenzinses etc. der Pfarrpfründe zu Inwil; Auszug von Amberg.)

1695. War ein herber und kalter Winter, dass der Luzernersee bis über die Nase zugefroren ist. (Jahrzeitbuch Buttisholz, vergl. Geschichtsfreund XXV., 82.) — Nach *Brügger,* IV., 17, waren in diesem Jahre auch der Bodensee, der Zürichsee und der Neuenburgersee stark zugefroren. Von Rorschach bis Lindau konnte man mit schweren Lasten über den Bodensee fahren. Vom Vierwaldstättersee wird daselbst, resp. in der dort zitierten Quelle (Gugelberg) nichts gesagt. — Die Notiz von *Forel* in «La congélation des lacs etc.», pag. 71, dass der Vierwaldstättersee im Jahre 1690 bis über Gersau hinaus gefroren sei, scheint auf einer Verwechslung zu beruhen. Dieselbe bezieht sich wahrscheinlich auf das oben genannte Jahr 1685 oder dann auf das Jahr 1695.

1708/09. Nach *Brügger,* V. 10, war es ein grimmig kalter Winter. Die Kälte dauerte vom 24. Dezember bis über Lichtmess und war ausserordentlich heftig. Am 21. Januar war der Zürichsee bis zur Stadt zugefroren und blieb es bis am 29. März. (*Waser* und *Müller,* landwirtschaftliche Chronik.) Vom Vierwaldstättersee wird bei Brügger nichts gemeldet. Wir vermuten, die Kälte habe zu wenig lange gedauert, um den letztern zum Gefrieren zu bringen.

1785. Am 22. Februar war eine solche Kälte, wie 1740 zu Paris. Auch war ein grosser Schnee und bis in den März hinein eine grosse Kälte. Am 1. März stand das Thermometer 17 ° unter dem Gefrierpunkt. In der Nacht vom 1./2. März ist *der (Luzerner) See* vom Inseli bis zum Hoftor und zum Neuenplatz und von der Schiffhütte bis zum Hoftor ganz überfroren, so dass kein Schiff mehr fahren konnte. Am 12. bis 14. März fiel ein über 2 Fuss hoher Schnee in Luzern. Die Kälte dauerte bis 27. März. Von Zeit zu Zeit schneite es bis zum 6. April, worauf gut Wetter wurde. (Aus einem *Manuskript des Luzerner Staatsarchivs,* Abschrift von Amberg.) — Diese Zufrierung scheint sich auf die Luzerner Bucht des Vierwaldstättersees beschränkt zu haben.

1788/89. Der harte Winter, der kälteste im ganzen Jahrhundert, begann Ende November und dauerte bis im April. Vom 7.—25. Jänner war der Bielersee überfroren und gangbar. In

Zürich war die Kälte am Sylvester auf 16° gestiegen und der Zürichersee bis in die Stadt hinein gefroren. *Auf dem Vierwaldstättersee froren Schiffe ein.* Von Lindau nach Bregenz und bis auf eine Stunde vom Ufer des Bodensees ging man zu Fuss; dass er nicht überfror, wird aus der stürmischen Witterung erklärt. Am 8. Jänner liess die strenge Kälte wieder nach. — Nach der heftigen Kälte um Weihnacht und Neujahr trat in Bern am 11. Jänner Tauwetter, dann aber wieder mildes Frostwetter ein. Am 3., 4. und 5. Februar verschwand in Bern bei einem sehr starken Sturm aus SW der grösste Teil der alten dicken Schneedecke vollends. (*Brügger,* VI, 49 und 50).

In Hier (Luzern) war das Thermometer am 29. Dezember auf 17° R., den 30. und 31. Dezember auf 20°, 21° und 22° unter dem Gefrierpunkte, den 1. Jänner auf 18°; den 2. und 3. Jänner war leidliche Kälte, den 4. Jänner wieder ziemlich grosse Kälte und hielt dieselbe drei bis vier Tage an; nachher wurde es allmälig gelinder. (*Manuskript aus dem Luzerner Staatsarchiv,* Abschrift von Amberg.) — Von dem Zufrieren des hiesigen Sees wird in dieser Lokalchronik nichts gesagt. Nach der Dauer der Kälte zu schliessen, wird diese Zufrierung keine energische gewesen sein. Die obige Angabe von Brügger bedarf der Bestätigung und der Ergänzung.

1829/30. Zu Anfang November fing kaltes Wetter an mit einem kleinen Schnee. Die Kälte nahm zeitweise unerträglich zu. *Der ganze See (von Luzern) war zugefroren.* Der Urinauen war hier (anfangs Hornung) vom Montag bis Mittwoch am Ufer hart eingefroren, so dass die Urner über Land nach Brunnen gehen mussten, wo sie in kleinen Schiffen nach Uri fahren konnten. *Auch dort war alles zugefroren* und nur mit Mühe konnte für kleine Schiffe eine enge Strasse offen gehalten werden. Wohl bei 14 Tagen konnten die Urner und Schwyzer nicht (nach Luzern) kommen. Vom Horwerland konnte man nach Kehrsiten über das Eis gehen. Von Winkel fuhr ein Mann mit 24 Kühen nach Stansstad und ein anderer mit einem schwerbeladenen Schlitten mit drei Pferden. Auf dem Alpnachersee fuhr man ohne Gefahr mit Schlitten und Wagen. Auch konnte man von Meggen nach Greppen gehen und von Luzern nach Winkel, und von der Schiffhütte bis unter die Egg war wohl 14 Tage lang ein Weg. Zwei

Herren sind vom Hoftor in 7 Minuten nach Meggenhorn geschliffen. (*Manuskript aus dem Luzerner Staatsarchiv,* Abschrift von Amberg.)

In Schwyz hatte man am 28. Dezember 16° Kälte und anfangs Hornung gar 18°. Der Zugersee ist ganz zugefroren, was seit 100 Jahren nie mehr geschehen sei; stellenweise drei (?!) Schuh dickes Eis. — *In Zürich* war der letzte Sonntag des vorigen Jahres (1829) der kälteste Tag seit vielen Jahren. Der Zürchersee ist auch ganz zugefroren, was seit 14 Jahren nicht mehr der Fall war; Murtner- und Neuenburgersee ebenso, letzterer seit 1709 nicht mehr; dieser hatte stellenweise 9 Zoll dickes Eis . . . Bodensee und Rhein oberhalb der Stadt Schaffhausen zugefroren; ersteres ist seit 1695 nie mehr der Fall gewesen . . . . *Der Vierwaldstättersee* war schon früher von Stansstad bis Alpnach zugefroren. *Anfangs Hornung aber fror er bis zur sogen. Nasegg und eines Tages bis Flüelen ganz zu.* In Luzern ist das Marktschiff von Uri eingefroren und der italienische Kourier musste einige Wochen im Schlitten (von Luzern) bis Brunnen (auf dem Landweg) fahren. Ueber die zugefrorene Reuss bestand ein lebhafter Verkehr zwischen Klein- und Grossstadt. . . . In höhern Gegenden der Schweiz war nie so empfindliche Kälte; auf den Bergen im Wallis bei wenigem Schnee mässige Kälte. Zwar war der obere Teil des *Thunersees* den 1. Februar zugefroren, aber der untere Teil blieb immer für die Schiffahrt offen. In den höchsten Bergdörfern, z. B. in Muoren und Grindelwald war es so mild, dass die Sonne den Schnee fast täglich zum Schmelzen brachte, daher hier die Zuflucht der Vögel. — Mitte Hornung kam überall mildere Temperatur und Tauwetter, aber vielerorts grosse Ueberschwemmungen. Auch die *Reuss* begann am 10. Hornung das Eis zu brechen und drängte am 11. gleichen Monats vier Joche der Brücke zu Windisch in wenigen Minuten weg. . . . (*Schwyzerisches Volksblatt,* Jahrgang 1830, No. 6 und ff.

Der Winter 1829/30 begann den 16. November mit Schneefall und mässiger Kälte bis — 4° R. Vom 21. Dezember an, nach neuem Schneefall, stieg die Kälte und erreichte am 28. Dezember — 13° R. (— 16,2° C.). Die Kälte dauerte ununterbrochen bis zum 30. Jänner, stieg neuerdings und erreichte den 2. Februar — 22° R. (— 27,5° C.), fiel dann bis zum 7. Februar

auf — 10° R. (— 12,5° C.), wechselte mit etwas Tauwetter und Regen, stieg vom 12. an wieder auf — 5° bis — 8° R. und endigte den 23. Februar. — *Der Luzernersee* gefror bis an die Reussbrücke. Die italienische Post musste von Luzern bis Brunnen den Landweg gebrauchen. Von Winkel bis Stansstad wurden 14 Tage lang schwere Lasten auf Schlitten geführt und ganze Herden Rindvieh über das Eis getrieben. (*Kasimir Pfyffer, Gemälde der Schweiz,* III., 1. Abteilung, topographisches Witterungsbild von Luzern nach *Dr. Cölestin Segesser.*)

1880. Ueber den strengen Winter 1879/80 haben wir aus den Tabellen der Luzerner meteorologischen Station, welche mit dem Jahre 1879 beginnt und zuerst bloss ein privates Unternehmen des Referenten war, folgende meteorologische Ziffern zusammengestellt. Die Kälte begann zu Mitte November, erreichte den grössten Wert im Dezember und dauerte mit einzelnen Unterbrechungen durch Tauwetter bis zum 15. Februar. Die Zahl der Frosttage, d. h. der Tage mit Tagestemperaturen unter Null Grad, betrug in den Monaten November, Dezember, Jänner und Februar = 10 + 28 + 27 + 11, also zusammen 76. Die Summe der Kältegrade der Tagestemperaturen dieser vier Monate war — 430,5° C., wovon auf den Dezember allein — 216,4° C. fielen. Die tiefste Tagestemperatur war — 12,8° am 9. Dezember und die niedrigste beobachtete Morgentemperatur auf der Station (im Obergrund, oberhalb „Himmelreich") war — 17,8° C. am 9. Dezember 1879.

Am 27. Jänner 1880 hat Hr. Prof. *F. A. Forel* und am 4. Februar Hr. Dampfschiffkapitän *F. Geiger* die *Temperatur der Oberfläche des Vierwaldstättersees* vom Dampfschiffe aus gemessen. Die Ziffern lauten nach Forel:

	27. Januar.	4. Februar.
Von Luzern nach Weggis	1,8° bis 2,8° C.	0,4° bis 1,4° C.
Von Weggis bis zu den Nasen	2,1° „ 2,7° „	1,2° „ 1,9° „
Von den Nasen bis Brunnen	4,0° „ 4,3° „	2,5° „ 3,7° „
Von Brunnen bis Flüelen	4,6° „	3,7° „

Nach diesen Zahlen war zu Ende Januar der untere Teil des Sees schon in einem zur Gefrierung günstigen Zustande, die Wassermasse war auf 4° und die Oberfläche unter 4° C. erkaltet; am 4. Februar war das Gleiche auch beim Gersauer und Flüeler Becken der Fall. — Am 6. Februar traten im untern See viele

schwimmende Eisinseln auf. Am 7. Februar war der See zwischen Kastanienbaum, Kehrsiten und Stansstad mit einer Eisschicht von 3 cm Dicke bedeckt. Am 8. Februar musste das Dampfschiff „Stadt Mailand“ in Buochs anhalten, da es die Enge zwischen den Nasen nicht zu durchbrechen vermochte. Die Schiffahrt auf dem untern See war unterbrochen; das Dampfschiff konnte erst am 10. abends nach Luzern zurückkehren. Der obere See, von den Nasen bis Flüelen, ist vollständig eisfrei geblieben. (*Forel*, La congélation des lacs suisses et savoyards pendant l'hiver 1879/80, extrait de «l'Echo des Alpes», N⁰ 2 et 3, 1880, p. 18 et 19.)

Der Dampfschiffverkehr war *auf dem untern See* unterbrochen vom 8.—12. Februar. Die gesamte Gefrierperiode, vom Alpnacher See abgesehen, dauerte vom 5. bis 16. Februar, also 12 Tage. Die Eisdicke auf der Mitte des Kreuztrichters war 5—6 cm. *Auf dem Alpnachersee* war der Dampfschiffverkehr eingestellt vom 26. Dezember 1879 bis 8. März 1880, also 73 Tage, gegenüber 82 Tagen, vom 9. Jänner bis und mit 31. März, im Winter 1890/91. (Nach Mitteilungen von Hrn. Stadtschreiber *Schürmann* in Luzern und Zeitungsinseraten der Dampfschiffgesellschaft.)

Die Reihenfolge des Zufrierens der einzelnen Teile des Sees war nach Hrn. *Karl von Segesser* folgende: 1) Innerer Teil des Alpnachersees samt südlichem Ufer gegen Rotzloch und Rotzwinkel; 2) äusserer Teil des Alpnachersees, die Hergiswiler Bucht, das Ufer gegen Ennethorw und bei Stansstad; 3) die Fläche Winkel-Spissenegg, Spissenegg-Kastanienbaum und gegen den Bürgenstock, zuletzt das Ufer von Stansstad nach Kehrsiten und bis an die Matt; 4) die Bucht von Luzern, die Uferpartien von Meggen, Greppen, Zinnen, Weggis und Vitznau; 5) der Kreuztrichter, die Mitte des Küssnacher Arms bis nach Mörlischachen, die Mitte des Weggiser Beckens bis an die Nasen; 6) Der Buochser-, Gersauer- und Urnersee und die Küssnacher Bucht von Küssnach bis Mörlischachen blieben eisfrei; ebenso der Seeausfluss in Luzern. Nach einem von Hrn. *Segesser* kolorierten Dampfschiffkärtchen, im Besitze des Hrn. O. Suidter befindlich, dargestellt.)

Nach diesen Ueberlieferungen erhalten wir folgende *Uebersicht über die historisch bekannten bedeutenderen Zufrierungen des Vierwaldstättersees.* Die Termine für den Beginn des Gefrierens

beziehen sich meistens auf den untern See, in drei Fällen auf das Gersauer Becken; vom Alpnacher Arm ist dabei aus früher angegebenem Grunde abgesehen; auch die Chronikberichte erwähnen den frühern Gefrierbeginn auf demselben nicht.

Uebersicht.

Winter	Zugefrorene Teile des Sees	Beginn des Zufrierens
1319	Von Luzern bis Küssnach, Stansstad und Alpnach	?
1364	Wie oben	22. Jänner.
1534	Von Luzern bis in den Trichter . .	?
1573	Unbestimmt	?
1684	Von Luzern bis Brunnen	12. Februar.
1685	Von Luzern über den Trichter bis nach Küssnach und über Gersau hinaus	Im Februar.
1695	Von Luzern bis über die Nasen hinaus	?
1789	Unbestimmt	?
1830	Von Luzern bis zu den Nasen, bis Winkel, Stansstad, Alpnach, Meggen und Greppen; eines Tages der ganze See bis Flüelen	Anfangs Februar
1880	Von Luzern bis zu den Nasen, bis Stansstad und Alpnach und bis Mörlischachen	6. Februar.
1891	Von Luzern bis Stansstad und Alpnach und bis Küssnach	20. Jänner.
	Das Gersauer Becken bis Treib; das Weggiser Becken; einige Stellen des Urner Beckens leicht . . .	16. Februar.
1895	Teilweises Gefrieren auf allen Buchten des untern Sees	18. Februar.
	Dünne Eisschichten auf dem Gersauer Becken	19. u. 23. März.

Die letzte Gefrierung von 1895 ist der Vollständigkeit der Uebersicht wegen anticipiert worden.

Wenn wir diese Eischronik unseres Sees überblicken, so können wir daraus etwa folgende Schlüsse ziehen:

1. Eine feste totale Zufrierung des Vierwaldstättersees mit durchgehender Tragfähigkeit und Ueberschreitbarkeit des Eises ist keine bekannt.

2. Einer totalen Zufrierung am nächsten scheint die Gefrörne von 1829/30 gekommen zu sein; jedoch wird vom Weggiser, Gersauer und Urner Becken keine Ueberschreitbarkeit des Eises gemeldet.

3. Nur von zwei Wintern, nämlich von 1684 und 1685 wird berichtet, dass das Gersauer Becken so stark zugefroren gewesen sei, dass es überschritten werden konnte. Eisdicken sind keine angegeben.

4. Der Anfangstermin des energischen Zufrierens des untern Sees (vom Alpnachersee abgesehen), fällt meistens erst in den Februar, nur zweimal in den Jänner. Von fünf Zufrierungen fehlt allerdings der Anfangstermin. Der Grund dieses späten Termins ist klar. Es braucht eben nicht bloss eine strenge, sondern auch eine langanhaltende Kälte, bis in den tieferen Becken die Abkühlung der grossen Wassermasse auf 4° C. vollzogen ist und der See gefrierfähig geworden ist. Im Jahre 1891 brauchte es bis zum Ueberfrieren des Gersauer Beckens am 16. Februar 74 Frosttage und eine Kältesumme von —411° C., diese meteorologischen Daten in Luzern gezählt.

5. Die Seegefrörne von 1891 zählt jedenfalls zu den grössten, welche der Mensch je hier erlebt hat; sie dürfte etwa die viertgrösste der überlieferten Zufrierungen gewesen sein.

6. Wären nicht die vielen und grossen Dampfschiffe und speziell der neue zum Eisbrechen so geeignete Schraubentrajektdampfer von 100 Pferdekräften zur Verfügung gestanden, welcher auch dickes Eis zerbrach und die Wasserschichten mischte, so würden wir auch diesmal eine festere Eisdecke erlebt haben, welche Leute und Schlitten und Lasten zu tragen vermocht hätte. Die Natur wurde durch die gesteigerten Mittel der Technik zum Teile besiegt. Darin liegt wohl der Hauptunterschied der diesmaligen gegenüber den frühern grossen Seegefrierungen des Vierwaldstättersees.

Wir schliessen diesen Abschnitt mit der Bitte, es möchte dieser oder jener freundliche Leser, welcher noch andere *Chroniknachrichten* kennt oder gelegentlich auf solche Quellen und näheres Detail über frühere Zufrierungen unseres Sees stösst, *die Berichte dieser Quellen genau kopieren und die Kopie dem Referenten oder Herrn Rektor Amberg in Luzern für die Fortsetzung seiner „Beiträge zur Chronik der Witterung und verwandter Naturerscheinungen“ mitteilen.* Nur durch vereintes Schaffen wird nach und nach eine gewisse Vollständigkeit erreicht werden können.

IV.

Das Gefrieren der zentralschweizerischen Seen im Winter 1891/92 und 1892/93.

Der Winter 1891/92 war ein sehr milder Winter gewesen. Die Zahl der Frosttage vom Dezember bis Februar betrug nur 39; die Mitteltemperatur der drei Monate war 0,23°. Nur die kleinen und wenig tiefen Seen der Ebene, wie Mauensee, Rotsee, Lungernsee, kamen zum gänzlichen Zufrieren. Es sind nur zwei Berichte über den Mauensee und über den sogen. „Trichter“ des Sempachersees von Hrn. *J. Bächler* in Sursee eingegangen. Dieselben sind in der Uebersichtstabelle VII eingestellt worden. Das Detail ist folgendes.

Der Mauensee fror dreimal zu und auf. Die erste Gefrörne dauerte vom 20. bis 30. Dezember 1891, also 10 Tage; die zweite Gefrörne vom 10. bis 28. Jänner 1892, also 18 Tage; die dritte vom 12. Februar bis 28. März, also 45 Tage. Ganze Gefrierdauer 73 Tage; grösste Eisdicke 20 cm am 13. März.

Der Trichter des Sempachersees war teilweise zugefroren vom 6./7. März bis 17. März 1892, also 10 Tage. Grösste Eisdicke 12 cm am 13. März.

Der Winter 1892/93 brachte unserer Gegend einen intensiv kalten Jänner. Die Mitteltemperatur desselben in Luzern war — 5,6°, anstatt nach normalem Mittel — 1,4°. Zahl der Frosttage des ganzen Winters 52, davon 26 im Jänner und darunter

16 strenge. Die Frostperiode dauerte vom 24. Dezember bis 23. Jänner ohne Unterbrechung. Zur Zeit der grössten Kälte, um den 17. und 18. Jänner, begann das Zufrieren mancher unserer Seen. Die Gefriertabelle III giebt eine Uebersicht über die Daten der Gefriervorgänge und die Eisdicken. Vom Lungernsee, Baldegger-, Hallwiler- und Zugersee fehlen Berichte.

1. Der Mauensee.

Die Gefrierperiode dauerte vom 20. Dezember 1892 bis 8. März 1893, also 78 Tage; die Dauer des totalen Geschlossenseins vom 25. Dezember bis 1. März, also 65 Tage. Grösste Eisdicke zu Ende Jänner 30 cm.

2. Der Rotsee.

Derselbe fror in einer Nacht, nämlich in der Nacht vom 31. Dezember zum 1. Jänner, vollständig zu. Hr. *Berchtold* schreibt, er könne sich nicht erinnern, dass dies je vorgekommen sei. Am 9. Jänner war die Eisdicke 11 cm, am 17. Jänner 20 cm, am 24. Jänner 28 cm, am 27. Jänner 24 cm. Das Wachstum war also bis ans Ende der Frostperiode sehr gleichmässig und betrug vom 1. bis 24. Jänner per Tag 1,2 cm. Das Auffrieren begann am 1. März und dauerte 12 Tage.

3. Der Sempachersee.

Die seichte Bucht am Nordende, der sogen. „Trichter", war vom 28. Dezember bis anfangs März geschlossen. Am 17./18. Jänner bildete sich auf der obern Hälfte des Sees eine schwache Eisdecke, die tagsüber von den Wellen wieder zerstört wurde. In der folgenden Nacht entstand dieselbe in grösserer Dicke wieder und in der Nacht vom 19./20. Jänner fror der See total zu. Am 8. Februar begann das Auffrieren. Die Dauer der totalen Zufrierung war also 20 Tage. Von Ueberschreitbarkeit des Eises wird nichts gemeldet. Grösste Eisdicke 20 cm am 29. Jänner. Diese Dicke bezieht sich wahrscheinlich nur auf das Eis im sogen. Trichter.

4. Der Aegerisee.

Ein plötzliches Zufrieren in einer Nacht zeigte sich auch beim Aegerisee und zwar in der Nacht vom 17./18. Jänner. Am 19. Jänner war die Eisdicke in der Nähe des Ufers schon 6 cm, weiter aussen, ca. 300 m vom Lande, 5,5 cm. Die Eisdicke nahm also sehr rasch zu. Grösste Eisdicke 26—28 cm. Das Datum des Auftretens des ersten freien Wassers fällt in die letzten Tage des Februars, das gänzliche Verschwinden des Eises auf den 16. März. Dauer der Gefrierperiode 58 Tage, der totalen Zufrierung 40 Tage. Die Beobachtungen und Messungen sind zum Teil von Schülern ausgeführt, sind jedoch genau, bemerkt der Berichterstatter, Herr Lehrer *Nussbaumer* in Unterägeri.

5. Der Sarnersee.

Das Gefrieren beginnt am 18. Jänner am Ufer des Sees und erstreckt sich am 19. bis Sachseln. Am 21. ist nur noch ein schmaler Streifen bei Giswil frei; Eisdicke 3,5 cm und Wassertemperatur unter dem Eise an der Oberfläche 1,2° C. Am 22. Eisdicke 8 cm. Am 23. und 24. Regen, das Eis steht unter Wasser. Am 26. helles Wetter, die Lufttemperatur sinkt wieder; am 27. ist der ganze See mit Eis bedeckt, Eisdicke 11 cm. Am 29. entsteht ein schmaler Spalt von Sachseln bis Wylen. Maximum der Eisdicke am 30. Jänner 19 cm. Temperatur des Wassers 0,6° C. Am 1. und 2. Februar folgt Regen, das Eis kommt unter Wasser. Am 5. wird ein kleiner Teil bei Giswil eisfrei. Am 6. und 7. Stauungen des Eises am Ostufer. Am 9. ist das Ufer meistens eisfrei; Eisdicke noch 15 cm. Das Eis schmolz langsam von Giswil her und an den Ufern. Am 22. Februar war die südliche Hälfte eisfrei; vom 23. an entstanden auch auf der nördlichen Hälfte eisfreie Stellen. Am 3. März mittags 11 Uhr führte die Aa die letzten Eisreste fort. Gefrierdauer 45 Tage, totale Zufrierung 9 Tage lang. Von der Tragfähigkeit des Eises wird nichts gemeldet.

Der Bericht des Hrn. P. *H. Felderer* enthält eine Reihe von Ablesungen der Maximum- und Minimum-Temperaturen der Luft in Sarnen. Wir entnehmen demselben die Minimum-Temperaturen einiger Tage und fügen die Minimum-Temperaturen von Luzern bei.

1893.	*Minimum-Temperaturen.*		
	Sarnen.	*Luzern.*	*Differenz.*
18. Jänner	— 14,4° C.	— 14,6° C.	— 0,2° C.
19. „	— 13,1° „	— 12,7° „	+ 0,4° „
20. „	— 10,6° „	— 10,4° „	+ 0,2° „
21. „	— 9,4° „	— 8,6° „	+ 0,8° „
22. „	— 5,2° „ (?)	— 6,6° „	— 1,4° „ (?)
29. „	— 8,8° „	— 7,2° „	+ 1,6° „
30. „	— 1,2° „	— 0,4° „	+ 0,8° „
31. „	— 4,7° „	— 2,2° „	+ 2,5° „
1. Februar	— 1,9° „	0,0° „	+ 1,9° „
2. „	+ 3,1° „	+ 2,8° „	— 0,3° „
5. „	— 5,6° „	— 6,0° „	— 0,4° „
6. „	— 8,1° „	— 7,5° „	+ 0,6° „
7. „	— 8,1° „	— 7,5° „	+ 0,9° „
8. „	— 1,2° „	— 0,5° „	+ 0,7° „

Sarnen hatte auch diesmal, wie im Winter 1891, meistens etwas tiefere Morgentemperaturen, als Luzern; jedoch ist der Unterschied erheblich kleiner, als früher. Vergl. oben pag. 76.

6. Der Alpnachersee.

Die Kälteperiode beginnt am 24. Dezember. Die erste Eiskruste erscheint am 13. Jänner; am 14. Jänner verschwindet die Eisdecke durch Witterungsumschlag und Sturm. Vom 15. bis 18. war die Kälte intensiv (— 10° bis — 12°); das Gefrieren beginnt neuerdings, am 18. und 19. muss der Dampfschiffverkehr eingestellt werden. Also auch hier ein rasches gänzliches Zufrieren. Am 17. und 18. war, wie Herr *R. Winkler* schreibt, die Witterung hell; in Luzern war es neblig bedeckt. Die Eisdicke in ca. 100 m vom Ufer war am 20. Jänner 7 cm, am 24. Jänner 6 cm, am 27. Jänner 10 cm, am 31. 10 cm, am 8. Februar 13 cm, am 10. Februar 12 cm, am 14. Februar 11 cm, am 17. Februar 12 cm, am 21. Februar 10 cm, von da an war wegen Auftauung die Messung unmöglich. Am 26. morgens wird der Dampfschiffverkehr wieder aufgenommen und am 1. März verschwinden die letzten Eisschollen in der Bucht von Alpnachstad. Die totale Zufrierung währte also, nach diesen Angaben zu

schliessen, vom 19. Jänner bis 21. Februar oder 34 Tage, die Einstellung des Dampfschiffverkehrs bis 25. Februar oder 38 Tage lang. Die Wassertemperaturen unter dem Eise wurden an der Oberfläche zu 2°, 1° und 1½° C., diejenigen in 5 m Tiefe zu 3°, 1½°, 2°, 2½° gemessen. Das Thermometer war nicht kontrolliert. Die Gefrierperiode dauerte hier vom 18. Jänner bis 1. März oder 42 Tage lang.

7. Der Vierwaldstättersee.

a) Vom 13. bis 24. Jänner traten schwache Eisbildungen *im Hafen von Luzern* auf und zwar meistens dem rechtseitigen Quai entlang. Vom 17. Jänner abends 7 Uhr berichtet Hr. *Schürmann:* „Der See raucht mehr als gewöhnlich, es liegt eigentlich ein leichter Nebelflor, ca. 3 m hoch, auf der Oberfläche. Die Lufttemperatur ist stark unter Null (— 12° C.); das Wasser besitzt noch etwas Wärme und verdunstet; der Dunst kondensiert sich wieder in der kalten Luft. Der Westwind treibt den Nebelschleier seewärts fort.“ — Am 31. Jänner und 7. Februar morgens zeigte die Bucht dünne, jeweilen über Nacht entstandene Eisschichten, die gleichen Tages wieder verschwanden.

Von Hrn. Ingenieur *O. Gelpke* wurde folgende Meldung gemacht: „Am 31. Jänner 1893, nach einer hellen Nacht, überzieht sich am Morgen der See in Luzern bei der Halde, in der Gegend von Seefeld, mit leichten dünnen Eisschichten und es spiegelt der See wunderschön den Pilatus und die Berge, ähnlich wie es a. 1891 bei Weggis der Fall war.“ — Herr Gelpke vertrat seiner Zeit immer die Ansicht, es müsse die geringe Oberflächentemperatur des Wassers, das nahe am Gefrieren steht, oder die Dichtigkeit und molekulare Beschaffenheit dieses Wassers bei dieser Spiegelung eine Rolle spielen. Wir legen den Gedanken Gelpkes hier zur Diskussion vor und werden später noch einmal darauf zu sprechen kommen.

b) Von der *Küssnacher Bucht* berichtet Herr *A. Zimmermann* in der Eichi bei Greppen, dass sich dieselbe am 31. Jänner morgens nach einer ganz hellen Nacht mit einer feinen Eisschicht überzog („übersplitterte sich“, so lautet seine Bezeichnung), die stellenweise noch bachartig von eisfreiem Wasser durchzogen war. Woher diese letztere Erscheinung? Zu weitern Eisbildungen

kam es nicht. Der Vorgang zeigt, dass auch diese Bucht nahe daran war, vom Eise genommen zu werden; das Wasser an der Oberfläche war nahe bis an Null Grad abgekühlt. Das leichte Gefrieren war die Folge der Ausstrahlungskälte. In Luzern war am 30. nachmittags die Lufttemperatur 8,6° C., am Morgen des 31. — 2,2° und stieg dann tagsüber wieder bis 5,4°.

c) In der *Bucht von Flüelen* machte Bestäter *A. Arnold* wie früher Messungen der Temperatur der Wasseroberfläche jeweilen morgens 8 Uhr vom 16. Jänner bis 26. Februar. Die Seetemperatur war unter 4° C. vom 16. bis 23. Jänner und weiter vom 1. bis 8. Februar. Meistens wurde $3^3/_4$° C. gemessen, am 5. Februar jedoch $2^1/_2$° und am 6. Februar 3° C. Das Thermometer war nicht kontrolliert. — Auf dem offenen Flüeler Becken, über der grossen Seetiefe des Beckens, wurden keine Messungen gemacht.

V.

Das Gefrieren der zentralschweizerischen Seen im Winter 1893/94.

Der Winter 1893/94 war meteorologisch ein ziemlich normaler Winter. Der Dezember mässig kalt, der Januar in der ersten Hälfte von strenger Kälte, in der zweiten Hälfte mild, der Februar am Anfang mild, vom 16. bis 23. wieder kalt. Die Mitteltemperatur des Dezembers war in Luzern — 0,7° C., des Jänners — 2,3° oder 0,9° unter dem Mittel, des Februar 0,9°. Die Zahl der Frosttage der drei Wintermonate betrug immerhin 70; die Temperatur des ganzen Winters war 0,4° zu tief, nämlich — 0,7° statt — 0,3°.

Ein totales Zufrieren ist von folgenden Seen gemeldet worden: Vom Mauensee, Rotsee, Aegerisee, Sarner- und Baldeggersee. Vom Lungernsee, Alpnacher- und Zugersee fehlen die Berichte. Partielle Gefriererscheinungen sind gemeldet vom Hallwiler- und Sempachersee und von der Luzerner Bucht des Vierwaldstättersees. Die Gefriertabelle IV enthält die Uebersicht der Eisdaten.

Im Einzelnen heben wir folgende Punkte heraus.

1. Mauensee.

Der Mauensee machte zwei totale Erfrierungen durch, eine im Dezember, eine im Jänner und Februar. Der Beobachter, Herr *J. Bächler,* legt Gewicht darauf, dass dieses Faktum ein ganz sicher konstatiertes sei. Er bemerkt weiter: Der Mauensee gefriert regelmässig alle Winter ein und zwar meistens mehrmals, im Wechsel mit Auftauen. — Die Gefrierperiode ging diesmal vom 3. Dezember bis 16. Dezember und vom 31. Dezember bis 10. März. Das Auftauen begann am 3. März. Grösste Eisdicke 25 cm. Dauer der totalen Gefrierung 13 + 62 = 75 Tage.

2. Der Rotsee.

Auch der Rotsee hat ein zweimaliges Einfrieren erlitten, wie der Mauensee, wovon das erste aber bloss zwei Tage dauerte, vom 23. bis 25. Dezember 1893. Das zweite Gefrieren begann am 28. Dezember und endigte am 8. März. Am 3. Jänner war der ganze See fest zugefroren. Das erste Auffrieren konnte vom Beobachter nicht angegeben werden; der Referent setzte es mit wahrscheinlicher Annahme auf den 26. Februar, da in Luzern am 24. Februar die positiven Tagestemperaturen begannen. Man vergleiche auch die Daten vom Sarner- und Baldeggersee damit. Grösste Eisdicke 22 cm.

3. Der Sempachersee.

Von demselben gefror nur die nördliche Seebucht bei Mariazell, der sog. „Trichter“, welcher durch den Höhenzug von Schenkon und Eich gegen den kalten Nordwind geschützt ist. Der Sempachersee, so schreibt der Beobachter, gefriert überhaupt nur bei anhaltender Kälte und vollständiger Windstille ganz. Letztere war aber gegen Ende Dezember 1893 keineswegs vorhanden. Die kalten Tage vom 14. bis 23. Februar 1894 vermochten den „Trichter“ nicht mehr zum Schliessen zu bringen, trotzdem Sursee am 21. Februar eine Minimumtemperatur von — 14,2° C. erreichte. Luzern hatte am gleichen Morgen — 9,2° C. als Minimum, war also 5° wärmer. Die Gefrörne im „Trichter“ dauerte vom 1. Jänner bis 12. Februar oder 42 Tage; die grösste Eisdicke war 15 cm.

4. Der Baldeggersee.

Auch dieser See erlitt eine zweimalige gänzliche Zufrierung, einmal vom 7./8. Jänner bis 10. Februar, sodann vom 21. bis 25. Februar, also 34 + 5 Tage = 39 Tage. Beim ersten Einfrieren gefror zuerst die untere nördliche Hälfte des Sees zu und es bildete sich vom 6. bis zum 7. Jänner daselbst 3 cm dickes Eis. Vom 26. Februar an taute der See bei Regen allmälig auf. Der Zeitpunkt des letzten Eises ist nicht angegeben; der Referent setzte ihn angenähert auf den 28. Februar, vielleicht ist er auch erst anfangs März eingetreten. Vom 14. Februar an war die untere Hälfte einige Tage eisfrei. Die ganze Gefrierperiode dauerte vom 6. Jänner bis 28. Februar oder 54 Tage, die totale Zufrierung dagegen 39 Tage.

5. Der Hallwilersee.

Der Berichterstatter, Herr Prof. *Fr. Heller,* sagt nur, dass ungefähr der zum Kanton Luzern gehörende südliche Teil gleichzeitig mit dem Baldeggersee zugefroren, der übrige Teil aber immer eisfrei geblieben sei. Es wurden daher die gleichen Daten wie für den Baldeggersee in die Tabelle eingestellt, die möglicherweise nicht ganz genau sind. Es ist merkwürdig, dass der weniger tiefe Hallwilersee nur partiell und wie es scheint, nur zum kleinern Teil gefror, der tiefere Baldeggersee aber gänzlich zufror. Die Anwohner der Seen mögen den Widerspruch lösen.

6. Der Aegerisee.

Herr Lehrer *Nussbaumer* übermittelte uns einige kurze Angaben von der Direktion der Spinnereien in Unterägeri. Die erste Eisdecke bildete sich auf dem untern See in der Nacht vom 3./4. Jänner bei einer Kälte von — 14° R. = — 17,5° C. (Luzern hatte in jener Nacht — 15,6° C.) Am 8. war der ganze See überfroren. Die grösste Eisdicke betrug im Durchschnitt 20 bis 21 cm. Das Auftauen der Eisdecke begann anfangs März (wir haben den 2. März als Endtermin eingesetzt); das letzte Eis verschwand den 13. März infolge Föhnwetters. Dauer der Gefrierperiode 69 Tage, der gänzlichen Zufrierung 53 Tage.

7. Der Sarnersee.

Auch dieser See erlitt ein zweimaliges totales Einfrieren und zwar vom 16. Jänner bis 11. Februar und vom 19. bis 26. Februar, zusammen 34 Tage dauernd. Das Gefrieren begann am 6. Jänner am Seeufer zwischen Giswil und Sachseln. Am 13. Jänner war der See bis an kleine Strecken an den Mündungen der Bäche zugefroren; Eisdicke am Ufer 10 cm, im Innern 5 cm. Am 16. gänzliche Zufrierung. Am 22. Eisdicke 15 cm. Weitere Dickenmessungen unterblieben wegen Erkrankung des Beobachters an Influenza. Am 11. Februar wurde das Eis in der Mitte des Sees durch Föhnsturm in der Richtung von Osten nach Westen gespalten. Am 13. Februar waren Süd- und Nordende des Sees eisfrei. Am 15. und 16. zeigte das Eis prächtige wellenförmige Furchen von Westen nach Osten. Vom 19. bis 26. war der See wieder ganz eisbedeckt; am 27. wurde er im Norden und Süden eisfrei. Am 1. und 2. März rasches Schmelzen des Eises; am 6. März abends der ganze See eisfrei. Dauer der Gefrierperiode vom 6. Jänner bis 6. März oder 59 Tage.

8. Der Vierwaldstättersee.

In der *Luzerner Bucht* hatte der Seeausfluss am 4. Jänner von der Seebrücke bis zum Wasserturm und zur Kapellbrücke dem Ufer entlang viele Eistafeln. Das Eis war also diesmal auf dem linken Ufer zuerst erschienen. Vom 5. und 6. Jänner, die ebenfalls noch sehr kalt waren, fehlen Beobachtungen. Am 23. Februar nachts wurde der See oberhalb und unterhalb der Seebrücke leicht mit Eis überzogen. Es war eine helle Nacht mit starker Ausstrahlung; Morgentemperatur am 24. Februar — 3,7 ° C. Und dem 24. waren 8 Frosttage unmittelbar vorausgegangen.

VI.

Das Gefrieren der zentralschweizerischen Seen im Winter 1894/95.

In diesem Winter trat die Kälte wieder viel intensiver auf. Der Dezember war normal (— 0,6 °), der Jänner 3 ° zu kalt (— 4,3 °) und der Februar 7,5 ° zu kalt. Die Mitteltemperatur des Februar war — 6,6 ° C., anstatt + 0,9 °. Das war ein denkwürdiger, eisiger Monat Februar im weitesten Umkreise! Die Mitteltemperatur des ganzen Winters (— 3,83 °) steht um 3,5 ° C. zu tief und dieser Winter kommt denjenigen von 1879/80 und 1890/91 sehr nahe. Die Kälte dauerte bis am 9. März. Die Zahl der Frosttage (= Tage mit Tagestemperaturen unter Null Grad) bis dorthin betrug 80, bis Ende Februar 71, darunter 33 Tage mit strenger Kälte (unter — 5 °). Die Totalsumme der Kältegrade der Tagestemperaturen beträgt bis zum 9. März — 398 ° C., bis Ende Februar — 365 ° C., wovon auf den Februar allein — 183,6 ° fallen. Die tiefsten Kältegrade waren in Luzern — 17,8 ° C. am 29. Jänner morgens und — 16,0 ° C. am 2. Februar morgens. Auf der Bahnstation Sempach sollen die Temperaturen bis — 20 ° C. gegangen sein. (Bericht im „Tagblatt".) Diesen Temperaturen entsprechend waren auch die Gefriererscheinungen auf den Seen wieder sehr ausgiebig. Wir verweisen auf die Uebersicht in der Gefriertabelle V und fügen aus den Berichten folgende Detailergänzungen hinzu.

1. Der Mauensee.

Der Mauensee hatte auch diesmal zwei Gefrierperioden; zwischen beide war aber ein gänzliches Auffrieren getreten, was im vorigen Winter nicht der Fall gewesen ist. Die erste Periode der Zufrierung reichte vom 3. bis 19. Dezember, die zweite vom 22. Dezember bis 5. April. Die ganze Gefrierdauer währte 120 Tage und übertrifft selbst diejenige des Rotsees um 21 Tage. Dauer der totalen Gefrierung währte 100 Tage; die grösste gemessene Eisdicke war 30 cm am 20. Februar. An diesem Tage

hat Herr *Bächler* auch die Wassertemperatur des Sees gemessen und an der Oberfläche unter dem Eise 0°, 10 cm unter der Oberfläche + 2° C. gefunden.

2. Der Rotsee.

Der Bericht des diesmaligen Beobachters, des Hrn. *Julius Hurter,* Besitzer des Rotsees, enthält ausser den Gefrierdaten (siehe Tabelle V) die Bemerknng: „Durch Schneefall kommen Löcher im Eise zum Vorschein, durch die das Wasser sich dem Schnee mitteilt und so entstand eine Doppelschichte Eis. Stellenweise war die Eisdicke noch am 19. März über 40 cm.“ — Diese Eisdicke ist die grösste diesen Winter gemeldete. Ein ähnliches Verhalten der Eisdicke, wie hier, wird auch vom Alpnachersee berichtet. Es ist uns nur nicht recht klar, wie die Löcher durch den Schneefall entstanden sind. Hat der Rotsee vielleicht auch wärmere Stellen, die nur schwach überfrieren?

3. Der Sempachersee.

Das Gefrieren begann im mehrerwähnten Trichter am 7. Jänner; am 15. Jänner fror der Trichter und am 31. Jänner der ganze See vollständig zu. Am 28. März begann das Auftauen und am 1. April schmolz das Eis vollständig. Dauer des Einfrierens 24 Tage, der totalen Zufrierung 56 Tage, der Eisschmelze 4 Tage; Summa: 84 Tage. Grösste Eisdicke 20 cm am 7. Februar. Am gleichen Tage wurde die Temperatur der Wasseroberfläche zu Null Grad, des Wassers in 10 cm Tiefe zu + 2° C. gefunden, also genau gleich wie beim Mauensee. Sämtliche Aufzeichnungen enthalten die persönlichen Beobachtungen und Messungen des Berichterstattters *J. Bächler.*

Im „Vaterland“ vom 7. Februar berichtet ein Korrespondent: „Seit einigen Tagen ist der Sempachersee zugefroren und das Eis hat an manchen Stellen 20 cm Dicke erreicht. Zahlreiche Schlittschuhläufer benutzen die herrliche Eisfläche. Leider ist der See immer ein recht gefährliches Eisfeld. Derselbe zählt zahlreiche warme Quellen, die zuweilen von unten auf das Eis zum Schmelzen bringen. Die schlimmen Stellen, die ganz sicher aussehen, brechen beim Betreten ein. Daher grosse Vorsicht! —

Das Brüllen des Sees hört man gegenwärtig nachts auf grosse Entfernungen und es macht dasselbe oft einen recht unheimlichen Eindruck.“ (Ueber die Art und Grösse der entstandenen Spalten berichtet der Einsender nichts. Arnet.)

4. Der Lungernsee.

Herr *Jos. Kathriner-Hess* in Sarnen hatte die Güte, auf Ansuchen in Lungern Erkundigungen über die Hauptdaten einzuziehen und uns Bericht zu geben, nachdem seit 1890/91 über diesen See die Berichte ausgeblieben waren und wir daselbst nach dem Tode des Hrn. Imfeld keinen Gewährsmann und Beobachter kannten. Die Gefrörne dauerte vom 3. Jänner bis 28. März, also 84 Tage; das totale Gefrorensein vom 19. Jänner bis 19. März, also 59 Tage. Die maximale Dicke des Eises ging an einigen Stellen bis auf 30 cm. Die Gefrierdauer erscheint bei der hohen Lage des Sees etwas kurz. Jedoch zeigt auch der Aegerisee ein ähnliches Verhalten.

5. Der Baldeggersee.

Das erste Eis erscheint am 9. Jänner, die totale Zufrierung am 10./11. Jänner nachts. Eisdicke am 1. Februar 34½ cm; von nun an ist der See mit Schnee bedeckt und die Eisdicke nimmt nicht mehr zu. Am 29. März ist die untere Hälfte, am 31. ist der ganze See eisfrei. Dauer der beiden Perioden 81 und 72 Tage. Berichterstatter sind die Herren *J. H. Spieler* und *F. Heller,* Seminarlehrer in Hitzkirch.

6. Der Hallwilersee.

Die Beobachtungen sind nicht vollständig. Herr *Heller* berichtet bloss: „Für den Hallwilersee treffen dieselben Daten zu, wie für den Baldeggersee.“ Herr *Spieler* giebt die Anfangstermine (11. und 12. Jänner) an, aber die Endtermine nicht. Die Eisdicke fehlt. Wir haben in der Tabelle V dieselben Gefrierdauern eingestellt, wie beim vorigen See. Nach der Verschiedenheit des Gefrierverhaltens der beiden Seen im vorigen Winter wäre es sehr erwünscht gewesen, jetzt auch vom zweiten See genaue

Angaben zu besitzen. Die Allüren dieses Sees sind noch zu wenig bekannt.

7. Der Aegerisee.

Das Eis beginnt in der Nacht von 9./10. Jänner, das Zufrieren erfolgt am 11. Jänner. Vom 13. bis 15. Jänner stellt sich Tauwetter ein und ein gewaltiger Föhnsturm, die Eisdecke hält aber fest; durch Regen hat sich ziemlich Wasser auf der Eisdecke gesammelt. Am 15. und 16. tritt wieder hartes Gefrieren ein. Es kommt abermals stürmischer Wind, diesmal Westwind und der untere Teil wird offen. (Das Datum fehlt; wir haben nach den Luzerner meteorologischen Tabellen den 24. Jänner eingesetzt). In der Nacht vom 28./29. gefriert der See wieder ganz fest. Am 21. Februar wurde die Eisdicke an zwei Orten gemessen und dieselbe zu 26 und 28½ cm gefunden. An diesem Tage war der Wasserstand 0,512 m unter normal. Vom 26. bis 29. März allmäliges Auftauen, zuerst auf dem untern Teil. Am 1. April, nachdem zwei Tage vorher das Eis ganz verschwunden war, entsteht stellenweise abermals, jedoch nur wenige Stunden, eine ganz leichte Eisdecke.

8. Der Sarnersee.

Am 11. Jänner sind einzelne Stellen des nördlichen Teiles zugefroren, am 12. ist der See zwischen Sachseln und Sarnen ganz mit Eis bedeckt; Dicke 4 cm. Am 13. morgens war in der nördlichen Hälfte durch die ganze Breite ein ½ Meter breiter klaffender Spalt vorhanden. Am 14. heftiger Föhnsturm; am 15. das Eis auf eine kleine Fläche im Norden wellenförmig zurückgetrieben, Dicke 12 cm. Am 16. und 17. Regen; am 19. steht das Eis unter Wasser. Vom 20. bis 26. nimmt die kleine Eisfläche im Norden immer ab. Vom 26. bis 31. Jänner vergrössert sich die Eisfläche wieder von Tag zu Tag und am 31. morgens ist der ganze See zugefroren. Am 1. Februar Eisdicke beim alten Eise 15 cm, beim jungen Eise 4 cm; am 8. Februar 9½ cm beim jungen Eise. Am 10. morgens war ein grosser Spalt an der Grenze des alten Eises bis Sachseln; in der Nacht hörte man das Brüllen des Sees. Vom 12. bis 23. Februar nahm die

Eisdicke im jungen Eise von 12 bis 18 cm zu, beim alten Eise war sie auf 29 cm gestiegen. Am 25. Februar wurde die Eisfläche mit 7 cm hohem Schnee bedeckt; am 27. Februar lag der Schnee 28 cm hoch auf dem Eise. Vom 2.—6. März schneite es meistens und es konnten keine Eismessungen mehr vorgenommen werden. Am 10. und 11. März Föhnsturm; der Schnee auf dem Eise wird stellenweise geschmolzen. Am 19. März das Eis teilweise unter Wasser. Am 24. und 25. Föhn und Regen, die Schmelzung des Eises macht Fortschritte; in der Nacht vom 25./26. März gewaltiger Sturm und am 26. März morgens ist der ganze See eisfrei. Die Gefrierperiode hat 74 Tage, die totale Schliessung 61 Tage gedauert.

9. Der Alpnachersee.

Erst am 20. Jänner erscheint die erste leichte Eisdecke am Ufer bei Alpnachstad; sie wird vom Dampfschiffe gebrochen und verschwindet am 21. Am 29. Jänner, nach zwei hellen Tagen, ist die Alpnacher Bucht bis auf die Höhe Delli-Rotzloch, mit Ausnahme der Aaeinmündung, überfroren; Eisdicke am Schiffsleist in Alpnachstad 2,5 cm. Die Schiffe verkehren mit Schwierigkeiten. Am 30. Jänner ist die Eisdicke schon 6,5 cm und der Schiffsverkehr Rotzloch-Alpnach wird eingestellt. Vom 3. Februar an kommen die Schiffe noch bis Stansstad; Dicke des Eises 10 cm. Bis zum 21. Februar nimmt die Eisdicke, in ca. 100 m Abstand vom Ufer in Alpnachstad gemessen, bis auf 18 cm zu. Vom 21. Februar bis 9. März wurden von Vorarbeiter *Jenny* ausser den Eisdicken auch Wassertemperaturen gemessen und zwar an der Oberfläche des Wassers entweder 0° oder — 1° C., in 5 m Tiefe immer + 2° C. Am 2. und 3. März erheblicher Schneefall. Durch den Schneedruck senkte sich die Eisdecke; durch die Spalten und nicht überfrorenen „Kochbrunnen“ (Sumpfgasquellen, die sehr zahlreich und kontinuierlich tätig sind) drang Wasser herauf zum Schnee und es bildete sich eine zweite obere Eisschicht. Diese setzte sich am 5. März auf die untere Schicht hinab, beziehungsweise wurden durch das Steigen des Sees die beiden Schichten zusammengeschoben. Dicke der beiden Schichten am 3. März 36 cm, am 5. März 26 cm, am 9. März 26 cm, am

11. März noch 25 cm. Weitere Messungen waren wegen Tauwetter unmöglich. Am 24. März Eisbruch durch das Trajektschiff, den sogenannten „Mathys“. Am 25. Wiederaufnahme des Schiffverkehrs; am 26. März alles Eis verschwunden.

Die Einstellung der Schiffskurse hatte also vom 30. Jänner bis 24. März inklusive oder 54 Tage gedauert (a. 1891 war diese Dauer 82 Tage); die Dauer der Gefrierperiode war 58 Tage, diejenige der gänzlichen Zufrierung des Beckens 50 Tage.

10. Der Zugersee.

Das erste Eis tritt am 30. Jänner bei Arth und bei Buonas auf. Am 3. Februar ist einerseits der Obersee bei Arth, andererseits die Bucht von Buonas und Cham bis in die Mitte des Sees gefroren. In Zug war bloss bis auf 20 m Entfernung vom Ufer eine 1—2 cm dicke Eisschicht vorhanden. Am 4. Februar ist die Eisdicke bei Arth 6 cm, das Dampfschiff fährt mit Mühe. Am 5. muss das Dampfschiff oberhalb Oberwil des Eises wegen umkehren. Am 8. Februar ist der Obersee bei Arth, sowie die Buonaser und Chamer Bucht fest zugefroren; die Zuger Bucht ist eisfrei, das Wasser ist durch Wind bewegt. Den 9. Februar rückt die Eisbildung vom Obersee und von Cham her langsam gegen Zug vorwärts; die Temperatur des Wassers in 20 cm Tiefe ist 0,5° C. Der 12. Februar bringt den ganzen Tag Schneefall; am 13. ist die Zuger Bucht grösstenteils und am 14. der ganze See zugefroren. Folgenden Tages ist die Eisdicke 6 cm in 30 m Entfernung und 3—4 cm in 100 m Entfernung vom Ufer in Zug. Am 18. Februar bilden sich in der Richtung Zug-Cham viele kleinere dem Ufer parallel laufende Spalten und das Seebrüllen tritt auf; Eisdicke 11,5 cm, drei Tage später 16 cm. Am 23. und 24. Februar je vormittags 11 Uhr bei Sonnenschein treten längs des Ufers Zug-Arth unter heftigem Getöse und erdbebenartigen Erschütterungen Spaltenbildungen auf. Bei den vom Ufer entfernten Bewohnern bildet sich die Meinung, es habe ein Erdbeben stattgefunden. Am 17. März ist die Eisdicke auf 20 bis 22 cm angewachsen und das Eis ist strukturlos. Am 22. März ist die Eisdicke am Lande nur noch 5 cm und das Eis hat stengelige-

faserige Struktur. Ein 100 Kg. schwerer Stein, der vor einiger Zeit in 100 m Entfernung vom Ufer auf das Eis gebracht worden war, sinkt unter. Den 26. März beginnt das Auftauen durch Regen und Wind und den 28. März ist der See gottlob wieder eisfrei.“ So der Bericht des Herrn *Bieler*.

Die totale Zufrierung hat 40 Tage, die Gefrierperiode insgesamt 57 Tage gedauert. Die letztere Dauer ist nur um einen Tag kleiner, als diejenige beim Alpnachersee. Dies muss bei der gewaltigen Verschiedenheit der Tiefen der beiden Seen als sehr merkwürdig auffallen.

Ueber die Spaltenbildung und das heftige Getöse am 22. und 23. Februar noch folgende Bemerkung von meiner Seite. Dieses Spaltenwerfen vormittags 11 Uhr bei Sonnenschein bekräftigt meine frühere Erklärung des Vorganges durch Ausdehnung des Eises bei steigender Temperatur desselben. Die Spaltenränder müssen sich hiebei wohl gequetscht, sich übereinander geschoben haben. Der Beobachter, Herr Professor *Bieler* in Zug, erwähnt allerdings nichts hievon. Es würde sich fragen, ob ausserdem auch die Eisdicke während des Vormittags sich vergrössert hat oder nicht. Wir denken, die Eisbildung sei vorzüglich während den hellen kalten Nächten vom 17. bis 23. Februar erfolgt, durch die Sonnenerwärmung am Tage habe sich Fläche und Volumen der Eisdecke durch Ausdehnung vergrössert, dadurch seien grosse Spannungen im Eise und schliesslich ein gewalttätiges Brechen und Uebereinanderschieben der Ränder erfolgt. Das Getöse und Krachen war hiebei besonders heftig, weil die Eisdecke damals bereits 16 cm erreicht oder selbst überschritten hatte und daher grosse Festigkeit besass. Und das Zischen und Klingen und Singen, ist das nirgends wahrgenommen worden? Die Zuger Berichte erwähnen nichts derartiges.

11. Der Vierwaldstättersee.

Dieser See hat auf allen seinen Buchten mehr oder weniger starke partielle Zufrierungen erlitten. Auf der Horwer und Hergiswiler Bucht erscheinen dieselben stärker, auf den übrigen Buchten weniger stark, als im Winter 1891.

a. *Die Luzerner Bucht.*

Lokale Eisbildungen traten ein vom 29. Jänner bis 3. Februar, stärkeres Gefrieren vom 18.—23. Februar. Am 19. Februar war das ganze Luzerner Becken von Meggenhorn-Stutz bis Luzern überfroren; die Marktschiffe von Weggis hatten grosse Arbeit und mussten schliesslich bei dem Garten der Villa Zingg ausserhalb Seefeld anlegen. Selbst die Dampfboote hatten am Morgen viel Mühe, durchzubrechen. Nach Stansstad musste das Trajektschiff dem Kursschiff vorausfahren. Auch auf dem Trichter war viel Eis. — Am 19. und 23. März morgens zeigten sich jeweilen wieder die bekannten Frühlingsgefrierungen, besonders auf der Strecke Luzern-Tribschen, eine Folge von starker Wärmeausstrahlung des Wassers während der vorausgegangenen hellen Nacht. Eisdicke einige Millimeter.

Herr Ingenieur *O. Gelpke,* der diese Nachtgefrierungen auch beobachtet hat, sagt in seinem Berichte, dass auch diesen Winter wieder jeweilen, wenn der See auf dem Gefrierpunkt angelangt und ganz ruhig war, *die wunderschönsten Spiegelungen* sich einstellten; er schliesst daraus neuerdings, dass die Spiegelungen von einer gewissen Temperatur, beziehungsweise Dichtigkeit des Wassers, abhängen. — Der Referent erinnert an die früheren Darlegungen (vide pag. 94, 101 und 129) und stellt an die Mitglieder und Beobachter insgesamt die Frage, wer da im Falle sei, einen plausiblen Zusammenhang zwischen der Wassertemperatur von 0° und jenen schönen Spiegelungen herzustellen. Bildet die verkehrte thermische Lagerung der Wasserschichten, die kältern Schichten von 0° bis 4° oben, die Ursache, welche die absolute Ruhe der Wasseroberfläche hervorbringt? Die kältern und daher leichtern Schichten schwimmen dann auf den untern Schichten von 4° Temperatur und die vertikale Zirkulation des Wassers hat bei diesem Zustande ganz aufgehört. So wäre es begreiflich, dass diese feinen Spiegelungen nur dann eintreten, wenn der See auf dem Gefrierpunkt angelangt ist. Oder sind noch andere Umstände dabei im Spiele? Und warum wird von keinen andern Seen während der Gefrierzeit etwas derartiges berichtet? Vom Zugersee? Vom Sarnersee? Fehlt die Erscheinung daselbst, oder fehlen nur die Beobachtungen und Berichte? Dann wollen wir den letztern hier gerufen haben.

b. Die Horwer Bucht.

Den 13. Februar begannen die Eisbildungen an beiden Ufern und am 23. Februar überfror die ganze Bucht. Die grösste Eisdicke betrug 15 cm. Dem Ufer entlang bei Winkel und Ennethorw hat es warme Quellen und das Eis war an solchen Stellen bloss 3—4 cm dick. Dieser Umstand war Veranlassung zu einem Unglücksfalle. Ein Mann, welcher das Eis überschreiten wollte, brach ein und ertrank. Das letzte Eis verschwand am 25. März bei Regen und Wind; die Gefrierdauer betrug 40 Tage.

Diese Notizen verdanken wir mündlichen Mitteilungen von Hrn. *Isenegger,* Wirt in Ennethorw. Der frühere Beobachter, Bannwart S. Kaufmann, hat nichts berichtet.

c. Die Hergiswiler Bucht.

Diesmal konnten wir bald nach Ablauf der Gefrörne einen nachträglichen Bericht von Hrn. *Sidler,* Stationsvorstand in Hergiswil, erwirken. Ein ständiger Beobachter fehlte uns daselbst. Die Gefrierperiode begann am 16. Februar und endete am 30. März, dauerte also 42 Tage. Die Bucht war fest zugefroren vom 19. Februar bis 16. März, also 25 Tage. Am 16. März wurde das Eis mit dem Trajektschiff durchbrochen und der Dampfschiffverkehr mit Hergiswil wieder hergestellt. Das Eis war oben weich, unten hart. Es war also ein ähnlicher Zustand, wie auf dem Alpnachersee. Ursache waren die starken Schneefälle im Februar und März. Am 24. Februar war die Eisdicke schon auf 15 cm angewachsen. Die grösste Eisdicke wird zu 20 cm angegeben. Es ist, vom Alpnacher Arm abgesehen, dies die grösste Dicke des Eises von allen Buchten des Waldstättersees und sie ist erheblich grösser, als die Eisdicke der gleichen Bucht im Winter 1891. Dieser Unterschied ist um so auffälliger, als die Küssnacher Bucht, der Trichter etc. dieses Jahr viel schwächer gefroren, als im Winter 1891. Wir wissen nicht, wie dieses gegensätzliche Verhalten der Hergiswiler Bucht zu erklären ist. Die Maximaltiefe in der Hergiswiler Bucht ist 75 m, in der Küssnacher Bucht (Vordermeggen) 76 m. Es ist nun um so mehr zu bedauern, dass wir vom Jahre 1891 von der Hergiswiler Bucht keine genaueren Beobachtungen besitzen.

d. Die Küssnacher Bucht.

Ein Bericht von dem früheren Beobachter, Hrn. Bannwart *A. Zimmermann,* Eichihof bei Greppen, giebt hier viele Details. Die erste Eisbildung trat erst am 20. Februar, vormittags 10 bis 11 Uhr, bei hellem Sonnenschein, dem Ufer entlang, auf. Der See übersplitterte sich leicht bei einer Wassertemperatur von 1,6° C. (Das gebrauchte Thermometer, ein neuangeschafftes Badethermometer nach Réaumur, wurde nachträglich in Luzern vom Referenten kontrolliert und mit einem Fehler von 0,9° C. behaftet gefunden. Soviel waren die Angaben desselben zu hoch. Die Aufzeichnungen von Zimmermann wurden alle um diesen Betrag korrigiert. Der Fall zeigt, wie stark man durch gewöhnliche, unkontrollierte Thermometer irregeführt werden kann. Arnet.) Gegen 3 Uhr nachmittags war das Eis durch den Nordwind, der auf diesem gegen Norden offenen Seearm oft eine Rolle spielt, wieder verspühlt. Am 21. Februar morgens dicker Nebel und kein Eis. Nachmittags 1 Uhr bei Wegzug des Nebels und Eintritt der Sonne überzog sich der See neuerdings dem Ufer entlang mit Eis; am Abend war es wieder teilweise verschwunden. Auf mündliches Befragen fügte der Beobachter noch folgende Ergänzung bei: Gewöhnlich sehe man bei diesem Gefrieren im Sonnenschein etwa ½ Meter hoch über dem Wasser weg in der Ferne einen leichten dünnen Nebel, wenn die Sonne passend darein scheine; es sei dies nicht das eigentliche Seerauchen. Das letztere komme vor, wenn das Wasser noch wärmer sei, bei Eintritt der ersten starken Kälte; so z. B. sei am 10.—13. Jänner 1895 das Rauchen eingetreten wegen der damaligen grimmigen Kälte; damals sei der ganze See bis an den Bürgenstock hinüber nebelbedeckt gewesen. Am 22. Februar vormittags 9—10 Uhr, nach Ankunft der Sonne, übersplitterte sich der See wiederum dem Ufer entlang fast gänzlich und auch auf der Weite des Küssnachersees waren grössere Eisschollen sichtbar. Wassertemperatur am Ufer 1° C. Gegen Nachmittag 2 Uhr trat ziemlich starker Nordwind auf, der alles Eis wieder verspühlte.

Am 23. Februar morgens Wassertemperatur 1½ bis 2° C. Ueber der Weite des Küssnachersees mehrere Eisdecken sichtbar, dem Ufer nach nichts von Eis. An windstillen Orten beobachtete

ich auch gegen Weggis hin am gleichen Tage viel Eis, bis zu 1 cm Dicke.

Am 24. Februar sah man auf der Weite des Weggiser Beckens grosse Eisdecken, namentlich bei Kehrsiten und dem Bürgen entlang, welche in der aufgehenden Sonne glänzten wie Silber. Auf dem Küssnacher Becken lag leichter Nebel und weniger Eis, nur dem Ufer entlang ein dünner Ueberzug. Nachmittags wurden auf der Weite des Küssnachersees lange Eisstreifen sichtbar; ich bin hinausgefahren und habe als Eisdicke 1—2 cm gemessen; Wassertemperatur 0,3° bis 1° C.

Am 25. Februar lagen dem Weggiser Ufer nach zerscheiterte Eisstücke von 2 bis 2½ cm Dicke. Vom 26. Februar an war kein Eis mehr zu sehen; die Witterung war fast immer trübe bis am 5. März. Am 5. März aber war heller Sonnenschein und von mittags 12 Uhr an begann der Küssnachersee sich wieder mit Eis zu übersplittern und das Eis erreichte eine Dicke von bereits 1 cm. Abends kam starker Nordwind und am 6. März morgens war alles verschwunden. Ende des Eises.

Diese Beobachtungen von Herrn Zimmermann sind ganz interessant und wertvoll. Es geht aus denselben hervor, dass bei 1½ bis 1° C. Wassertemperatur und bei längerm Auftreffen von Sonnenschein auf das Wasser das Gefrieren der oberflächlichen Schicht eintritt und dass hiebei in einer geringen Höhe über dem Wasser weg in der Ferne leichter dünner Nebel wahrzunehmen ist. Dieser leichte Nebel passt vortrefflich zu der früher von uns vorgetragenen Erklärung des Vorganges. Das Wasser verdampft unter den Sonnenstrahlen, die unterste am meisten erwärmte Luftschicht kann diesen Dunst in Dampfform halten, die höhere Luftschicht, die weniger warm ist, kann das nicht mehr, sie ist übersättigt und lässt einen Teil des aufgestiegenen Dampfes kondensieren. Ich glaube wirklich, das Rätsel dieses Gefrierens im hellen Sonnenschein sei nach unserer Erklärung richtig gelöst.

e. *Das Gersauer Becken.*

Es scheint, dass auch dieses Becken am Ende der Kälteperiode (9. März) hart an der Grenze der Widerstandsfähigkeit angelangt war. Denn nach Bericht von Hrn. Kapitän *Herger* war in der ganz hellen Nacht vom 18./19. März auf der ganzen

Fläche Beckenried-Gersau eine Eisschicht von gut 1 cm Dicke aufgetreten. Die Fläche Buochs-Beckenried hatte nur stellenweise eine leichte Eisschicht, ebenso auch die Strecke Luzern-Tribschen. Auf dem Trichter und gegen Stansstad hin sei dagegen den 19. morgens kein Eis sichtbar gewesen infolge Wellenschlag vom Nordwind. Am 23. morgens wiederholte sich der obige Vorgang; Eisdicke ca. 3 Millimeter.

Am 24. März hat Referent *Arnet* den Gersauersee besucht und vor Gersau an der Oberfläche die Wassertemperatur zu 3,6° C. gemessen, vor Beckenried dagegen 4,1° und in der Bucht beim Rotenschuh sogar 5,5° C. gefunden. Vor Gersau hatte also das Wasser damals noch, trotz schönem warmem Wetter (15° bis 18° Luftwärme) und Sonnenschein, die verkehrte thermische Lagerung der Schichten. Bei Rotenschuh scheinen warme Quellen eine Rolle zu spielen. Das Wasser daselbst sei im Winter wärmer, im Sommer kühler als der See im allgemeinen. (Wirt *Nigg* im Rotenschuh.)

f. Das Flüeler Becken.

Nach Bericht des Hrn. Kapitän *Karl v. Segesser* war am 19. März morgens auch die Strecke Flüelen-Gruonbach zugefroren. Auch am 23. März morgens traf das Dampfschiff bei Sisikon und bei Bauen dünne Eisschichten an. Wie a. 1891, so sind also auch dieses Jahr in beiden tiefsten Seebecken die ersten Eisbildungen gleichzeitig aufgetreten, immerhin mit dem Unterschiede, dass bei Flüelen nur eine kleine und wenig tiefe Uferstrecke, bei Gersau dagegen das ganze offene und tiefe Becken Eis bekam. Das Gersauer Becken ist also im Gefrieren wiederum vorausgeeilt.

VII.

Das Gefrieren der zentralschweizerischen Seen im Winter 1895/96.

Die meteorologischen Verhältnisse dieses Winters für Luzern sind folgende: November und Dezember sehr mild (Temperaturmittel 6,3° und 2,1° C.), Januar mässig kalt (— 1,2°), Februar ebenso (— 1,0° anstatt des normalen Mittels 0,9°). Der gesamte Winter hat die Mitteltemperatur — 0,03°; er ist um 3,8° wärmer als der vorherige Winter und 0,3° wärmer als unser normaler Winter. Die Zahl der Frosttage betrug im November 1, im Dezember 9, im Jänner 19, im Februar 20, im März 0, zusammen 49 gegenüber 80 solchen Tagen im Vorjahre. Die Summe der Kältegrade dieser 49 Frosttage beläuft sich auf — 118° gegenüber — 398° im vorigen Winter. Die tiefsten Temperaturen gingen bloss in drei Nächten, vom 11. bis 13. Jänner, auf — 10° bis — 11°, gegenüber — 16° bis — 18° im vorigen Winter. Strenges Frostwetter herrschte nur vom 9.—13. Jänner.

Und trotz dieses milden Winters haben wir doch bei vier Seen unserer Liste totale Zufrierungen, bei fünf Seen zögernde partielle Gefrierungen und bei drei Seen (Alpnacher-, Zuger- und Luzernersee) ganz schwache temporäre Eisbildungen über Nacht. Man muss ob diesen starken Gefriererscheinungen zuerst billig staunen. Die Erklärung dazu liegt darin, dass im vorigen Winter die Seen fast bis Ende März vom Eise gefangen waren und ihre Wassermasse bis auf den Grund sich auf 4° C. abgekühlt hatte, dass sodann während des Sommers 1895 die Erwärmung des Wassers von oben herab nicht stark und weit in die Tiefe vorrückte und daher in diesem Winter eine geringe Kälte schon genügte, die Abkühlung auf die kritische Temperatur von 4° und an der Oberfläche bis auf 0° zu vollziehen. Man kann in populärer Sprache auch sagen, die Seen hatten sich von der Kälte des vorigen Winters nicht erholt und erlagen dem neuen Angriffe der Kälte viel schneller, als in andern Jahren bei normalem Zustande. Das wird auch in frühern Zeiten so gewesen sein und wird immer so sein müssen. Die Gefriervorgänge bei den Seen sind als eine Art Winterkrankheit derselben aufzufassen.

Wenn der laufende Winter 1896/97 ein strenger wird, wie manche Propheten es im Oktober schon angekündigt haben, so wissen wir, dass wir uns nach den zwei Gefrierwintern, die vorausgegangen sind, abermals einer tüchtigen Gefrierperiode der Seen zu versehen haben werden.

Die Gefriertabelle VI über den Winter 1895/96 ergänzen wir nunmehr mit folgendem Detail aus den eingegangenen Berichten.

1. Der Mauensee.

Die Gefrierperiode dauerte 58 Tage, vom 9. Jänner, dem ersten strengen Frosttage unserer Gegend, bis zum 7. März, die totale Zufrierung vom 10./11. Jänner bis 5. März, also 54 Tage. Am 28. Jänner war die Eisdicke 10 cm, am 11. Februar 15 cm.

2. Der Rotsee.

Die Gefrierperiode begann am 12./13. Jänner und dauerte bis 7. März, also 55 Tage; die totale Zufrierung dauerte vom 13. Jänner bis 3. März, also 50 Tage. Für Fussgänger war der See passierbar vom 25. Jänner bis 27. Februar, also 34 Tage. Als Eisbahn wurde der See benutzt vom 30. Jänner bis 13. Februar, 15 Tage lang; Eis gewonnen wurde vom 28. Jänner bis 28. Februar, 32 Tage lang. Die grösste Eisdicke am 15. Februar betrug 16 cm. Berichterstatter war diesmal *Paul Purtschert* zum Seehof in Ebikon, Student der VI. Gymnasialklasse in Luzern.

5. Der Sempachersee.

Die kleine Bucht bei Mariazell am nördlichen Ende des Sees fror den 9. Jänner zu. Am 10./11. Februar bedeckte sich der untere See mit dünner Eisschicht, der obere südliche Teil blieb teilweise offen. Am 15. Februar fror der ganze See zu. Es war eine ganz helle Nacht mit bloss — 2 ° Minimaltemperatur in Luzern. Am 28. Februar begann das Eis auf dem offenen See zu schmelzen und am 1. März war der See wieder eisfrei. Dauer des Gefrierens überhaupt 52 Tage, der totalen Schliessung 13 Tage. Dicke des Eises im Trichter am 26. Jänner 10 cm, am 15. Februar 15 cm. Auf dem offenen See ist keine Eisdicke

gemessen; sie kann offenbar nicht gross gewesen sein. Beobachter ist hier wie beim Mauensee Herr *Jost Bächler*, Vorsteher der meteorologischen Station in Sursee.

4. Der Lungernsee.

Gefrieranfang am 11. Jänner, Gefrierende am 10. März bei warmem Regenwetter. Dauer der gänzlichen Zufrierung vom 20. Jänner bis 3. März, also 43 Tage. Die grösste Eisdicke betrug 18 cm am 3. Februar (nach dem Bericht von Hr. *Kathriner* bis 30 cm) und das Eis war ganz hell wie selten.

Den ersten Bericht erhielten wir auf persönliches Ansuchen nach Ablauf der Gefrörne von Hrn. *Jos. Gasser* zum Löwen in Lungern; in demselben waren aber die Termine nicht bestimmt angegeben. Auf ein weiteres Gesuch gab uns Hr. Landweibel *J. Kathriner* in Sarnen, gestützt auf in Lungern mündlich eingezogene Erkundigungen, noch genauern Bericht. Ohne dieses Opfer des Hrn. Kathriner hätten die Kolonnen der Termine nicht ausgefüllt werden können. Es fehlt uns immer noch ein ständiger Beobachter und Berichterstatter in Lungern. Wer hilft uns zu einem solchen?

Herr *J. Gasser* bemerkt noch: „In unserm See befinden sich viele sog. „*Kochbrunnen*“, so dass das Begehen des Eises oberhalb der Insel gefährlich ist; überhaupt ist die Eisdecke nur unterhalb (nördlich) der Insel bedeutend dick, oberhalb der Insel kaum halb so dick.“ — Man vergleiche hiezu den Bericht von 1891 auf pag. 72.

5. Der Baldeggersee.

Den 18./19. Jänner entstehen auf dem untern Teil des Sees inselartige Eisflecken von 1—2 cm Stärke. Nach vier Tagen ist dieses Eis bis auf eine etwa 1 ha grosse Fläche am untern Saume aufgetaut. Dieser letztere hielt bis 29. Februar an. Am 5./6. Februar friert der See zu bis auf einen Ufersaum auf der Ostseite und einen Streifen bei Baldegg von der Einmündung des Aabaches bis gegen die Mitte des Sees hinunter, die Fortsetzung des Aabaches bildend. Dieser Aabachstreifen friert nie zu. Das Eis erreicht 3—4 cm Dicke und kann nie betreten werden. Am

26. Februar beginnt das Auftauen und am 29. Februar ist der See eisfrei. Der grösste Teil des Sees, der Aabachstreifen ausgenommen, war also zugefroren vom 6. Februar bis 26. Februar, 20 Tage lang. Die Gefrierperiode währte 42 Tage.

6. Der Hallwilersee

erhält den 5./6. Februar eine Eisdecke von seinem obern südlichen Ende bis gegen Beinwil hin. Dieselbe hält bis gegen Ende Februar an, also etwa 23 Tage lang. Der übrige Teil des Sees war immer eisfrei. Berichterstatter über die beiden Seen No. 5 und 6 ist Hr. Prof. *Fr. Heller* in Hitzkirch.

Wir haben hier wieder die gleiche Erscheinung wie im Winter 1893/94. Der Baldeggersee mit der grössern Maximaltiefe (66 m) gefriert nahezu ganz zu; der Hallwilersee mit der geringern Maximaltiefe (48 m) gefriert nur zu einem kleinen Teil und zwar auf derjenigen Seite, wo die zwei grössern Bäche einmünden. Wie kommt dieser Gegensatz und Widerspruch?

7. Der Aegerisee.

„Beginn der Eisbildungen am 17. Jänner; sehr langsames Fortschreiten derselben. Der See kam nicht zum ganzen Ueberfrieren; ein kleiner Teil im SW blieb stets offen, wohl infolge der Luftströmung. Völlig verschwunden ist die Eisdecke am 8. März, nachdem schon 8 Tage früher ein heftiger Sturm derselben arg zugesetzt hatte. Messungen der Eisdicke am 1. Februar ergaben an drei verschiedenen Stellen 8½, 9 und 9½ cm. Einige Tage später fand ein zuverlässiger Schüler 14 bis 15 cm Dicke.“ Bericht von Hrn. Lehrer *J. Nussbaumer*.

8. Der Sarnersee.

„Am 25. Jänner entstanden die ersten Spuren des Eises inmitten der nördlichen Hälfte des Sees. Die folgenden Tage war die Eisfläche abwechselnd im Zunehmen und Abnehmen. Am 30. Jänner war das Eis bis auf eine kleine Fläche im NW, zirka 60 Aren, geschmolzen. Dieser Zustand blieb so bis am 11. Februar, an welchem Tage sich auch am südöstlichen Ufer

etwas Eis einstellte. Vom 12.—21. Februar ist der See grösstenteils unter Eis, immerhin ist am östlichen Ufer in der Mitte desselben eine grosse Strecke eisfrei. Am 17. ist der See bis auf eine kleine Fläche in der Mitte des östlichen Ufers zugefroren. Am 21. Februar beginnt das Abnehmen des Eises und am 24. ist nur ein Viertel des Sees im Norden zugefroren. Am 1. März entsteht an der Grenze des alten und neuen Eises ein Spalt; am 2. März wird ein grosser Teil des Eises geschmolzen. Am 4. März morgens 8—9 Uhr hört man, dass „*der See pfeift*". Von 8 Uhr an trat nämlich SW-Wind, Stärke 4, auf; die Töne, die der Wind am Eise bewirkte, waren den oberen Tönen einer Oboë ähnlich. Am 4. März abends war der See wieder eisfrei."

Die von Hrn. Prof. *Felderer* hier angeführte Wahrnehmung am Ende der Gefrierperiode, dass der See „pfeift" resp. dass der Wind und das Eis zusammen oboë-ähnliche Töne erzeugen, ist neu und eine nähere Erklärung der Sache fehlt vorderhand. Doch sei aufmerksam gemacht, dass oben pag. 101 vom Küssnacher Arm vom 3. März 1891 ein vielleicht verwandtes Geräusch, „ein gewaltiges Getöse unter der Eisdecke, wie wenn ein mächtiger Strom dahinbrauste", erwähnt wird.

„Am 14. Februar war die Dicke des alten Eises im Nordwesten von Sarnen 7 cm, am 18. Februar die grösste Eisdicke daselbst 8 cm. Diese Fläche im NW, zirka 60 a gross, war vom 25. Jänner bis 4. März zugefroren; durch die Aa von Sarnen abgeschnitten, war sie zu Messungen nicht leicht zugänglich. — Im Osten, zwischen Sachseln und dem Ausfluss der Melchaa, war eine Fläche von zirka 40 a stets eisfrei geblieben."

Der See war also nicht total zugefroren und das Eis konnte auf dem grössten Teil des offenen Sees offenbar gar nicht stark geworden sein, da die Gefrierdauer desselben bloss etwa 10 Tage, vom 12.—21. Februar, währte; für die obgenannte kleine Fläche des alten Eises im Nordwesten war die gesamte Dauer 39 Tage.

9. Der Alpnachersee.

Nur an zwei Tagen, je am Morgen des 14. und 19. Februar hatte der See längs der Ufer eine leichte Eisdecke von etwa 1 cm Dicke, die im Laufe des Tages wieder verschwand. Der

Berichterstatter, Hr. Pilatusbahndirektor *R. Winkler* in Alpnachstad, meldet des weitern folgende gemessene Luft- und Wassertemperaturen:

Datum.	*Lufttemperatur.*	*Wassertemperaturen.*	
		An der Oberfläche:	*In 4 m Tiefe:*
Januar 20.	— 1,5° C.	+ 3,5° C.	+ 4,0° C.
„ 23.	— 3,0° „	+ 4,0° „	+ 4,0° „
„ 27.	— 1,0° „	+ 3,5° „	+ 3,5° „
Februar 3.	— 4,0° „	+ 3,0° „	+ 3,5° „
„ 6.	— 3,0° „	+ 2,5° „	+ 3,5° „
„ 10.	— 8,0° „	+ 3,0° „	+ 3,5° „
„ 13.	— 6,0° „	+ 3,0° „	+ 2,5° „
„ 17.	— 4,0° „	+ 2,5° „	+ 2,0° „
„ 20.	— 1,0° „	+ 3,5° „	+ 3,0° „
„ 24.	— 2,0° „	+ 4,5° „	+ 4,0° „

Ueber die Zeit des strengen Frostes, vom 9.—13. Jänner, liegen keine Messungen vor. Die vorhandenen Messungen ergeben, dass seit 20. Jänner (vermutlich aber noch früher) die ganze Wassermasse des Sees bis auf 4° abgekühlt und dass seit anfangs Februar die oberste 4 m dicke Schicht unter 4° und bis auf 2½° abgekühlt war, dass aber hiebei die verkehrte thermische Lagerung der Oberflächenschichten, das kältere Wasser oben, wie es normaler Weise sein sollte, vom 13. Februar an fehlte. Das letzte Resultat begreifen wir nicht. Es ist nicht verständlich, warum die Oberflächenschicht bei negativen Lufttemperaturen hätte wärmer sein sollen, als das Wasser in 4 Meter Tiefe. Das Wasser an der Oberfläche musste sich ja nach jeder Durcheinandermengung durch den Wellenschlag der Dampfschiffe (vier Schiffskurse täglich nach Alpnach und vier zurück), in Berührung mit der Luft und durch Ausstrahlung wieder abkühlen und musste daher etwas kälter sein, als in 4 m Tiefe. Von 4° an bleibt ja das kältere, weil leichtere Wasser obenauf.

Wir bemerken noch, dass das verwendete Thermomete nicht kontrolliert war und ferner, dass auch die Tiefentemperaturen mit dem gewöhnlichen Thermometer gemessen wurden. Genaue Resultate sind nun in letzter Beziehung nicht möglich, wenn auch das Thermometer noch so schnell durch die 4 m dicke Wasserschicht hinaufgezogen wird. Hiezu braucht es sogenannte

Umkehrthermometer oder Tiefseethermometer, die aber sehr teuer sind (60 bis 70 Franken das Stück).

Aber wie kommt es, dass das Wasser an der Oberfläche so lange unter 4° stand bei fortgesetzten negativen Lufttemperaturen und doch nie zum Gefrierpunkt herabsank und nicht zum Gefrieren kam? Die Umstände, welche dies herbeiführten, sind wohl folgende: 1) Die geringen Kältegrade dieses Winters; 2) die häufige Mischung des Wassers durch die Dampfschiffwellen; 3) die zahlreichen Kochbrunnen im Seebecken; 4) einzelne wärmere Tage, an denen die Lufttemperatur mehrere Grade über Null stieg.

10. Der Zugersee.

Herr Prof. *Bieler* in Zug berichtet uns, gestützt auf Erkundigungen bei Uferanwohnern und Matrosen, folgendes: „Von einer auch nur partiellen Seegefrörne des Zugersees kann diesmal keine Rede sein. Während der ersten schönen *Märztage* zeigte sich vorübergehend am Morgen in der Bucht von Buonas bis hinüber nach Lothenbach eine Eisschicht von 1,5 cm Dicke im Maximum. Am Ufer Zug-Cham und im Obersee trat gar keine Eisbildung auf.“ — Die genannten Eisschichten sind also einfache Frühlingsgefrierungen, die durch Ausstrahlung des Sees während einer kalten Nacht entstanden sind. Immerhin war die Abkühlung der Wassermasse wieder weit vorgerückt.

11. Der Luzernersee.

Auch hier wurden am 11. und 12. Februar vormittags leichte, über Nacht entstandene Eisschichten wahrgenommen oberhalb der Seebrücke, im Hafen von Luzern und auf dem Seeausfluss. Von den übrigen Buchten und Becken des Vierwaldstättersees ist nichts von Eisbildungen bekannt.

VIII.

Vergleichende Uebersicht der Gefrierperioden der Seen von 1890/91 bis 1895/96; Zusammenhang mit den Kälteverhältnissen.

Zur Erleichterung der Uebersicht der Gefrierverhältnisse in den behandelten sechs Wintern haben wir die *Vergleichstabelle VII* über die zwei Gefrierdauern und über die grösste Eisdicke in jedem Winter angelegt und knüpfen an diese Tabelle etwelche Betrachtungen und Spekulationen. Von dem milden Winter 1891/92 werden wir hiebei am besten ganz absehen, da nur zwei Beobachtungen vorliegen. Für die Winter 1892/93 und 1893/94 sind die Berichte zwar zahlreicher, aber auch unvollständig, so dass es untunlich erscheint, die in der Tabelle berechneten Mittelwerte der drei Kolonnen für die Vergleichung zu benutzen. Dagegen haben wir es versucht, die Methode der Vergleichung der Mittelwerte von allen Seen an den drei Wintern 1891/92, 1894/95 und 1895/96 in Anwendung zu bringen, da hier ziemlich vollständige Beobachtungen vorliegen. Wir finden in der Tabelle VII folgende Verhältniszahlen für die drei letztgenannten Winter:

Das Verhältnis der durchschnittlichen *Gefrierdauer* vom ersten bis zum letzten Eis auf 11 (bezw. 10) Seen ist 96 : 79 : 35 oder gekürzt 19 : 16 : 7.

Das Verhältnis der durchschnittlichen *Dauer der totalen Zufrierung* von 9, bezw. 10 und 4 Seen ist 75 : 65 : 40 oder gekürzt 15 : 13 : 8.

Das Verhältnis der durchschnittlichen *maximalen Eisdicken* von 10 Seen ist 59 : 29 : 9 oder gekürzt 13 : 10 : 3.

Diesen Eisverhältnissen auf den Seen stellen wir nun nach den meteorologischen Beobachtungen in Luzern das Verhältnis der hier vorhandenen *Frosttage* (Tagestemperatur unter Null Grad), dann *der sehr kalten Tage* (Tagestemperatur unter — 5° C.) und endlich *der Summe der Kältegrade* der drei betreffenden Winter 1890/91, 1894/95 und 1895/96 für die Monate November, Dezember, Januar und Februar an die Seite. Dieselben lauten:

Das Verhältnis der Zahl der Frosttage der drei Winter ist 84 : 71 : 49 oder gekürzt 14 : 12 : 8.

Das Verhältnis der Zahl der sehr kalten Tage der drei Winter ist 43 : 33 : 4 oder gekürzt 14 : 11 : $1^1/_3$.

Das Verhältnis der Summe der Kältegrade ist 426 : 365 : 118 oder gekürzt 21 : 18 : 6. Genauer wäre es = 21,2 : 18,2 : 5,9.

Die Untereinanderstellung der gekürzten Verhältnisse lautet daher:

Verhältnis der ganzen Gefrierdauer	. . . =	19 : 16 : 7.
„ „ Dauer der totalen Zufrierung	=	15 : 13 : 8.
„ „ Eisdicken	=	13 : 10 : 3.
„ „ Zahl der Frosttage	=	14 : 12 : 8.
„ „ Zahl der sehr kalten Tage .	=	14 : 11 : $1^1/_3$.
„ „ Summe der Kältegrade . .	=	21 : 18 : 6.

Aus diesen Zahlen lesen wir nun folgendes über den Zusammenhang der genannten Erscheinungen heraus:

1) Das Verhältnis der ganzen Gefrierdauer der Seen in den drei Wintern stimmt nicht gut mit dem Verhältnis der Zahl der Frosttage, viel besser dagegen mit dem Verhältnis der Summe der Kältegrade in diesen drei Wintern überein. Die Gefrierdauer scheint daher nicht sowohl von der Anzahl der Frosttage, als von der Summe der Kältegrade aller dieser Frosttage abzuhangen. Dieser Zusammenhang ist auch sofort einleuchtend.

2) Die Dauer der totalen Zufrierung der Seen in den drei Wintern einerseits und die Zahlen der Frosttage andererseits verhalten sich ziemlich nahe gleich. Eine bestimmte Zahl der Frosttage bedingt also auch eine bestimmte Dauer der gänzlichen Zufrierung der Seen. Der Vierwaldstättersee, der niemals gänzlich zugefroren ist, kommt hiebei nicht in Betracht. Die Zahl der Frosttage der drei Winter (84, 71, 49) ist hiebei um 6 bis 9 Tage grösser, als die mittlere Dauer der totalen Zufrierung (75, 65, 40).

3) Hinwider ist das Verhältnis des Mittelwertes der maximalen Eisdicken der Seen in den drei Wintern angenähert gleich dem Verhältnis der Zahlen der sehr kalten Tage der betreffenden Winter. Es scheint also, dass die Anzahl der sehr kalten Tage hauptsächlich die Grösse der maximalen Eisdicke bestimme.

Die Tabelle VII sagt uns in dieser Beziehung noch weiter, dass die Anzahl Centimeter der mittlern Eisdicke (39, 29, 9) etwas kleiner, aber nahezu gleich sei der Anzahl der strengen

Frosttage des betreffenden Winters (43, 33, 4). Beim letzten Winter stimmt die Sache allerdings nicht und die Differenz ist im umgekehrten Sinne vorhanden: die mittlere Zahl der Eisdicken ist grösser als die Zahl der sehr kalten Tage. Wir interpretieren diese verkehrte Differenz so, dass wir sagen, die mittlere Eisdicke ist im Winter 1895/96 viel zu gross gewesen gegenüber der geringen Strenge der Kälte dieses Winters und die Ursache dieser kuriosen Abweichung von den andern beiden wirklich strengen Wintern liegt in dem schon oben erwähnten Wärmeerschöpfungszustande der Seen von dem vorhergehenden Winter her.

Wir haben also *folgende Hauptergebnisse* aus den Vergleichen gefunden:

1) Die Dauer des Frostes oder die Anzahl der Frosttage bestimmt die Dauer der totalen Zufrierung.

2) Die Dauer des intensiven Frostes oder die Anzahl der sehr kalten Tage bestimmt die Grösse der maximalen Eisdicke.

3) Die Summe der Kältegrade bestimmt die ganze Gefrierdauer.

Wir stellen diese Ergebnisse zur Diskussion. Weitere Beobachtungen und Vergleiche mögen zeigen und lehren, ob dieser Zusammenhang auch anderwärts besteht und Anspruch auf ein Naturgesetz machen könne oder ob derselbe nicht allgemein gültig und hier, wo wir ihn angetroffen haben, nur ein Spiel des Zufalls gewesen sei und ob statt dessen ein anderer ähnlicher Zusammenhang gefunden werden könne. Es ist uns ja ganz klar, dass aus drei Jahrgängen solcher Beobachtungen, in denen gewisse meteorologische Differenzen der verschiedenen Seen nicht berücksichtigt sind und in denen auch etwelche Beobachtungsfehler in den Gefrierzahlen enthalten sein mögen, noch keine zuverlässigen Gesetze abgeleitet werden können. Aber wir wollten einmal sehen, wohin uns die bisherigen Zahlen führen. Es ist ein erster Versuch.

Wir wollen unserem Zahlenmaterial noch eine andere Seite abgewinnen und lassen eine Betrachtung und Zusammenstellung folgen über *das Mass der Kälte, welches die zwei grössten Seen unserer Serie, den Zugersee und das Gersauer Becken des Vierwaldstättersees, zum Gefrieren bringt.* Wir packen die Frage so an.

1) *Der Zugersee* beginnt im Winter 1890/91 sein Gefrieren am 16. Jänner, also nach Ablauf von 51 Frosttagen dieses Winters,

mit — 270° C. summierter negativer Tagestemperaturen, die Frosttage und die Kältegrade nach den meteorologischen Beobachtungen in Luzern gezählt, da uns diese Zahlen weder von Zug noch von einer andern Uferstation des Zugersees bekannt sind. Derselbe See gefriert total am 21. Jänner 1891, also nach Ablauf von 57 Frosttagen mit — 329° C. Kälte.

Der Zugersee beginnt im Winter 1894/95 zu gefrieren am 30. Jänner nach Ablauf von 42 Frosttagen mit — 170° C. und gefriert total am 14. Februar nach Ablauf von 57 Frosttagen mit — 291° C. Kälte.

Der Zugersee verlangt also im Mittel eine Periode von 46 Frosttagen zum Beginn des Gefrierens und eine Periode von 57 Frosttagen zum gänzlichen Zufrieren. Diese Frostperiode braucht nicht eine ganz zusammenhängende zu sein. Die Summe der für das totale Zufrieren nötigen Kältegrade der Tagestemperaturen beträgt abgerundet — 290° bis — 330°; der Mittelwert ist — 310° C.

2) *Der Vierwaldstättersee.* Das tiefste Becken desselben, das Gersauer Becken, beginnt im Winter 1890/91 zu gefrieren am 12. Februar, nach Verfluss von 70 Frosttagen und einer Summe von 388 Kältegraden. Der Hauptakt des Zufrierens vollzog sich am 16. und 17. Februar nach Ablauf von 74 Frosttagen (16. Februar) und 411 Kältegraden.

Im Winter 1894/95 enthalten die Berichte nichts von einem lokalen Beginnen des Gefrierens des Gersauer Beckens im Februar, sondern sie erwähnen nur ein solches lokales Gefrieren im Weggiser Becken vom 23. und 24. Februar. Dagegen überzog sich die ganze Fläche Beckenried-Gersau in der Nacht vom 18./19. März mit Eis, nachdem bis zum 9. März, dem Ende der Kälteperiode des Winters, 80 Frosttage und — 398° Kälte aufgelaufen waren.

Der *Gefrieranfang* erscheint also auf dem Gersauer Becken im Jahre 1891 (1895 muss hier weggelassen werden) gegenüber dem Zuger See um 19 Frosttage und um — 118° Kälte *verspätet.* Zum Ueberfrieren der ganzen offenen Seefläche bedarf das Gersauer Becken im Mittel von zwei Gefrierwintern eine Reihe von (74 + 80) : 2 = 77 Frosttagen und eine Summe von rund (410 + 400) : 2 = 405 Kältegraden. Es ist also auch *das Zu-*

frieren dieses Beckens gegenüber dem Zugersee um 77 — 57 = 20 Frosttage und um 405 — 310 = 95 Kältegrade *verspätet.*

Die Frosttage und die Kältegrade sind auch hier nach den Notierungen der meteorologischen Station Luzern gezählt. Von der meteorologischen Station Gersau kennen wir aus den Annalen der schweizerischen meteorologischen Zentralanstalt nur die mittlern Monatstemperaturen, dagegen nicht die einzelnen Tagesmittel und die Zahl der Frosttage daselbst. Ohne Zweifel sind die beiden Werte in Gersau erheblich kleiner.

Eine Periode von 90 Frosttagen und 450 summierten Kältegraden eines Winters würden sicher auch das Gersauer Becken mit einer festen Eisdecke schliessen und die Dampfschifffahrt unmöglich machen, zumal wenn diese 90 Frosttage nicht durch Tauwetter oder Föhnwetter mehrmals unterbrochen würden. Wie aus den frühern historischen Angaben über den Vierwaldstättersee hervorgeht, ist eine derartige Winterkälte in unserer Gegend doch ein äusserst seltenes Vorkommnis.

Der Leser wird die Frage bereit halten, woher es denn komme, dass zwischen Zuger- und Vierwaldstättersee eine solche *Differenz* in der zur Zufrierung nötigen Kälte vorhanden sei. Eine präzise Antwort können wir nicht geben, aber doch einige Andeutungen der Umstände, welche den Unterschied bewirken mögen.

Die Maximaltiefe des Zugersees ist 198 m, diejenige des Gersauer Beckens 214 m; die Differenz ist bloss 16 m. Wichtiger als diese Maximaltiefe wäre aber hier die genaue Kenntnis der *mittlern Tiefe* der beiden Seebecken und die Kenntnis *der Wassertemperaturen und des gesamten Wärmevorrates,* der bei Beginn eines Winters in denselben aufgespeichert ist. Wahrscheinlich ist die mittlere Tiefe des Zugersees um mehr als 16 m kleiner, als die mittlere Tiefe des Gersauer Beckens. Es wird also auch die beidseitige ganze Wassermasse und, wenn wir ungefähr gleiche Temperaturen der entsprechenden Wasserschichten voraussetzen, der in den beiden Wassermassen angesammelte Wärmevorrat am Anfang des Winters, dieser Vorrat auf die gleiche Wasseroberfläche, z. B. auf die Flächeneinheit von 1 km² bezogen, beim Zugersee kleiner sein müssen, als beim Gersauer Becken. Daher wird im Laufe des Winters der Wärmeinhalt durch die Ausstrahlungs-

und Leitungsverluste beim Zugersee eher ausgegeben und erschöpft sein, die ganze Wassermasse wird dort früher auf 4° und die Oberfläche früher auf Null Grad abgekühlt sein, als beim Gersauer Becken. Das ist ein Umstand zur Erklärung.

Ein zweiter Punkt dürfte darin liegen, dass das Klima in Gersau auch während der kalten Winter milder, die Zahl der Frosttage und die Summe der Kältegrade daselbst kleiner ist, als in Zug. Die Frosttage und die Kältegrade von Luzern, die wir bei der Vergleichung der beiden Seen benutzt haben, sind bei Gersau viel mehr als bei Zug ein unrichtiger Masstab zur Messung der die beiden Seen fest angreifenden Winterkälte. Wie viel von der erhaltenen Differenz dem einen und dem andern Umstand beizumessen sei, ist gegenwärtig nicht auszumachen; die Frage kann erst später erledigt werden, wenn die meteorologischen und die Gefrier-Beobachtungen getreulich weiter fortgesetzt sind und auch die Messung der Seetemperaturen an der Oberfläche und in der Tiefe in regelmässigen Zwischenräumen hinzugekommen ist.

Wäre uns das nötige Beobachtungsmaterial und die nötige Zeit zur Verfügung gestanden, so hätten wir die Erörterung über *das Mass der Kälte, welches die einzelnen Seen zum Gefrieren bringt,* weiter ausgeführt. Wenn man für jeden Winter, vom Beginn der Frosttage an a) bis zum Beginn des Zufrierens eines Sees, b) bis zum Tage der gänzlichen Zufrierung, c) bis zum Zeitpunkt des Aufhörens des Wachstums des Eises, die Summe der Frosttage und der Kältegrade an der dem See nächstgelegenen meteorologischen Station berechnen würde, so würde sich, wie wir glauben, für jeden See eine gewisse, innert nicht weiten Grenzen variierende Grösse dieser Summen als Norm ergeben, nach deren Erreichung der See die betreffende Phase des Gefriervorganges durchläuft, also das Gefrieren beginnt, gänzlich zufriert, die maximale Eisdicke erlangt. Mit der so erhaltenen normalen Kältesumme könnte man dann weitere Untersuchungen anstellen und sie in Beziehung setzen zu der zu suchenden mittlern Tiefe des Sees, zu der Wassertemperatur des Sees, zu dem erst noch zu ermittelnden Wärmeinhalt der Wassermasse des Sees u. s. w. Wir denken uns, dass später einmal die Gefriervorgänge auf diese oder ähnliche Weise der Rechnung unterworfen werden.

Vorderhand müssen wir es bei diesen Andeutungen bewenden lassen. Vielleicht wird durch unsern Gedankengang da oder dort ein Mitarbeiter auf diesem noch unbebauten Gebiete der Limnologie angeregt, dass er die Aufgabe unternimmt, für seinen heimatlichen See die oben genannten Grössen in nähern Zusammenhang zu bringen und die Ergebnisse in den Mitteilungen unserer Gesellschaft zu publizieren. Wir würden uns freuen, den Anstoss dazu gegeben zu haben.

Es wurde bis jetzt nur davon gesprochen, wie die winterliche Abkühlung der Seen und die Gefriererscheinungen auf denselben von den meteorologischen Vorgängen im Luftmeere, speziell von der Dauer und Intensität des Frostes der betreffenden Winter abhängig seien. Die Beziehung zwischen derartigen Vorgängen ist aber auch hier, wie anderwärts in der Natur, eine wechselseitige. Die Seen wirken ausgleichend und mildernd auf die klimatischen Gegensätze der Jahreszeiten; im Sommer speichern sie Wärmevorrat auf, im Winter geben sie denselben wieder ab und mildern die Stärke der Kälte. Besonders im Laufe eines sehr strengen Winters werden die Wärmevorräte der Seen sehr stark angegriffen und bis zu einem tiefern Niveaupunkte verbraucht und reduziert. Ein schöner Teil der vom See durch Strahlung und Leitung ausgegebenen Wärmemenge kommt den Ufern und der Atmosphäre zu gut und macht den Frost milder und erträglicher, als er ohne diese stille und unbeachtete Tätigkeit der Natur sein würde. Ein grosser Teil jener ausgestrahlten Wärmemenge geht allerdings auf Nimmerwiedersehen in den Weltraum hinaus und trägt nur zur Vermehrung der Entropie des Universums bei. Könnten wir einmal den Wärmevorrat eines grössern Sees, in Kalorien ausgedrückt, am Anfange des Winters und wiederum am Ende des Winters, nach Ablauf einer intensiven Gefrierung ermitteln, so wäre damit auch das Mass der vom See während des Winters ausgegebenen Wärmemenge bekannt geworden und wir würden erstaunen über die Grösse dieses Umsatzes und über die bedeutende Rolle, welche die Seen auch in diesem Punkte im Haushalte der Natur spielen. Einen ersten derartigen Versuch der *Wärmebilanz* eines Sees hat Hr. *F. A. Forel* in seiner Monographie «Le Leman, T. II, Lausanne 1895» pag. 400 ff. für den Genfer See und den Winter 1879/80 angestellt

und ein ganz kolossales Resultat erhalten. Der Wärmeverlust des Sees betrug per Quadratkilometer der zentralen Seefläche 750 Milliarden Kalorien. Die Oberfläche des Sees aber zählt 582 km². Aehnliche Betrachtungen können, wenn einmal genügende thermometrische Sondierungen der Seen in allen Tiefen vorhanden sind, auch über unsere Hauptseen der Zentralschweiz angestellt werden. Praktischen Zweck haben sie zwar keinen, aber sie gewähren einen tiefern Einblick in das imponierende Getriebe, den gesetzmässigen Gang und die innige Wechselbeziehung der hier in Untersuchung stehenden Naturerscheinungen. Es sind ideale Zielpunkte, welche das Interesse an solchen Studien wecken und stärken.

Hiemit schliessen wir unsere Vergleichungen und bedauern nur, dass wir durch dieselben nicht weiter und tiefer vorzudringen vermochten.

IX.

Was soll weiter bezüglich Gefrierbeobachtungen geschehen?

Wir tragen uns mit der Hoffnung, dass der Inhalt dieser Arbeit den Lesern die Ueberzeugung verschaffe, dass die daran gesetzte Zeit und die Mühe der Beobachter und des Referenten keine nutzlose gewesen ist und dass es sich lohnt, auf dem betretenen Pfade weiter zu schreiten, das begonnene Studium durch vereinte Kraft noch mehr zu vertiefen und dadurch zu noch besserer Einsicht und zu höhern Gesichtspunkten in der Auffassung, Vergleichung und dem Verständnis jener Naturvorgänge zu gelangen. Wenn das der Fall ist, so wird die Beantwortung der gestellten Frage gegeben sein. Wir versuchen, dieselbe im Interesse der Beobachter noch näher zu präzisieren.

I.

Die Mitglieder der naturforschenden Gesellschaft, die Freunde der Naturkunde und Heimatkunde müssen neuerdings den Vorsatz fassen, jeder an seinem Ort das begonnene Werk nach Kräften

fortzusetzen und noch andere regelmässige Mitarbeiter dazu zu gewinnen. Wir müssen darnach trachten, dass nicht bloss einige, sondern *dass alle unsere bedeutendern Seen der Zentralschweiz,* sagen wir genauer alle Seen von Nummer 5 bis Nummer 16 in unserer Tabelle I, *in jedem strengen Winter beobachtet, die Gefriervorgänge aufgezeichnet* und von einer Zentralstelle zusammengestellt, verglichen und publiziert werden. Die Erzielung einer gewissen Vollständigkeit ist eine Hauptsache.

In erster Linie ist *das Hauptgewicht auf die Gefrierdaten zu legen.* Es sollen *die Anfangs- und Endtermine des Gefrierens überhaupt,* dann *der Termin oder die Termine des einmaligen oder wiederholten gänzlichen Zufrierens und des ersten Auftauens* oder des ersten freien Wassers, dann *die wachsenden Eisdicken* von drei zu drei Tagen oder von Woche zu Woche und *besonders die grösste Eisdicke und die Zeit derselben* richtig konstatiert und fortlaufend registriert werden, unter Beifügung der als wichtig erachteten Zustände des Wetters. Es ist misslich und leicht zu Fehlern führend, wenn diese Punkte erst nachträglich durch Erkundigungen bei nicht avisierten Leuten ergänzt werden müssen. Immerhin ist es schliesslich besser, es werde nachträglich auf solche Weise noch etwas ergänzt, als dass der betreffende Punkt oder der ganze Bericht weggelassen wird. Das letztere führt zu den fatalen Fragezeichen in der Tabelle und macht die Vergleichungen und das Operieren mit Mittelwerten und die Ableitung der Differenzen der Gefriervorgänge in verschiedenen Jahren unmöglich. Diese Berichte der Beobachter sollen so knapp und präzis als möglich und in chronologisch geordneter Uebersicht abgefasst und eingereicht werden. Bei stückweisem Einschicken der Berichte über einzelne Vorkommnisse durch Briefchen, Korrespondenzkarten entstehen gewöhnlich fatale Lücken in dem zu entwerfenden Gesamtbilde eines Sees. Man erhält nur Bruchstücke von den Gefriervorgängen.

II.

In zweiter Linie ist zu wünschen, dass die Beobachter ihr spezielles Augenmerk auf alle diejenigen Punkte richten, welche noch unklar sind oder noch verschieden aufgefasst und erklärt werden. Hier ist es am Platze, die Beobachtungen ausführlich

und mit eigenen Erläuterungen oder Fragen aufzuzeichnen, dieselben dem Referenten direkt mitzuteilen oder Beobachtungen anderer Personen durch Zusendung von allfälligen bezüglichen Zeitungsartikeln zur Kenntnis zu bringen. Als solche *Punkte zum Detailstudium* möchten wir empfehlen:

1) Die verschiedenen Arten des Aufspaltens des Eises und die Zeit, die Witterungs- und Kälteverhältnisse, unter denen sie auftreten, das Wachstum und die Dicke des Eises vor und bei dem Spaltenwerfen;

2) das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von gepresster oder verdünnter Luft unter dem Eise, das Hohlliegen oder Aufliegen des Eises;

3) das Knallen, Krachen und Brüllen, das Zischen und Singen, das Pfeifen und Tosen der Eisdecke;

4) die Ergründung der Ursachen, warum grössere Flächen oder Buchten offen bleiben oder nur schwache Eisbildungen zeigen; Einzeichnung solcher Stellen in Kartenpausen des Sees, in Dampfschiffkärtchen, in Handzeichnungen;

5) das interessante Phänomen des Gefrierens des Sees bei hellem Sonnenschein und die Begleitumstände dabei;

6) die feinen Spiegelungen des auf Null Grad erkalteten Wassers;

7) andere interessante Wahrnehmungen mehr, die den Beobachtern auffallen mögen.

III.

Den Beobachtern endlich, welche noch ein Uebriges tun und *Temperaturmessungen* vornehmen können, sind folgende Punkte zu empfehlen:

1) Prüfung des Thermometers auf die Richtigkeit des Nullpunktes und Angabe des gefundenen Fehlers und Korrektur der Ablesungen danach. Gewöhnlich sind die angeschriebenen Nullpunkte zu tief und folglich die Angaben des Instrumentes zu hoch;

2) Ermittlung des Datums, an welchem die Oberfläche des Sees a) in der Nähe des Ufers, b) auf dem offenen und tiefen See draussen auf 4° C. (nach korrigierter Temperaturablesung)

ankommt; hiezu sind während der kritischen Zeit regelmässige Messungen, z. B. morgens 8 Uhr, in Zwischenräumen von einem oder zwei Tagen nötig;

3) Beobachtung der Abnahme der Temperatur des Wassers von 4° bis auf 0° auf der Dünne am Ufer sowohl, als auf der Weite des tiefen Sees;

4) bei tragfähiger Eisdecke und gleichzeitigem intensivem Froste eine bis zwei Messungen folgender Temperaturreihe: a) der Temperatur der Luft in 1½ m Höhe über dem Eise; b) der Temperatur der Luft hart über dem Eise (1 cm oberhalb der Eisfläche); c) der Temperatur des Eises hart unter der Oberfläche (1 cm unter der Oberfläche); d) der Temperatur des Eises in 10, 20 u. s. w. Centimeter Tiefe und in der untersten Eisschicht; e) der Temperatur des Wassers direkt unter dem Eise. Diese Temperaturreihe in einem Zuge durchgeführt, würde lehrreich für den Beweis, dass der See auch im zugefrorenen Zustand der Atmosphäre Wärme übermittelt und mitteilt;

5) Messungen der Lufttemperaturen am Seeufer jeweilen morgens während der Zeit des grössten Frostes;

6) Eventuell Angabe der Zahl der kalten Tage (Tagestemperatur unter 0°) und der Summe der Kältegrade des ganzen Winters bis zum Tage des totalen Zufrierens des Sees, diesen Tag eingeschlossen, und bis zum Ende der Frostperiode des Winters. Diese Feststellung würde voraussetzen, dass in der Nähe des Sees eine meteorologische Station mit täglichen dreimaligen Notierungen der Lufttemperatur vorhanden ist, deren Beobachter sich der Sache widmen kann und will.

7) Bestimmung der Tiefentemperaturen des Wassers im Herbste und Frühling mit einem Umkehrthermometer oder auch mit einem guten Maximum- oder Minimum-Thermometer. Hauptsächlich wäre es erwünscht, die Tiefe zu wissen, wo die Temperatur von 4° *beginnt*. Es hat keinen Erfolg, solche Messungen mit einem gewöhnlichen Thermometer zu machen.

Wir sind nun ja nicht der Meinung, diese umständlichen Temperaturmessungen sollten von jedem oder von vielen Beobachtern vorgenommen werden. Das würde ein schreckliches Zahlenmaterial absetzen. Wir wollten nur jenen Beobachtern,

welche Interesse und Zeit hätten oder einen Untergebenen mit einem Stück betrauen könnten, eine Wegleitung geben, wie sie je nach Umständen sich mit Nutzen für die ganze Untersuchung betätigen könnten. *Die Feststellung der Gefriertermine und der Eisdicken und sonstige spezielle Notizen haben auch ohne Temperaturen einen schönen Wert, wenn sie genau und vollständig sind.*

Allen bisherigen Beobachtern und Mitarbeitern verdanken wir namens der naturforschenden Gesellschaft und namens der jungen Wissenschaft der Limnologie alle ihre Sorge und Mühe und Opfer für die bisherige Untersuchung aufs wärmste und rufen ihnen zu:

Es lebe auch fernerhin das Studium der Seen unseres Vaterlandes!

Tabellen II—VI. Gefriertabellen der zentralschweizerischen Seen in den einzelnen Wintern 1890/91 bis 1895/96.

Tabelle VII. Uebersichtstabelle über die Gefrierverhältnisse der zentralschweizerischen Seen mit Beigabe von meteorologischen Beobachtungen von Luzern und Gersau in den Wintern 1890/91 bis 1895/96.

Tabelle II.

Das Gefrieren der Seen in der Zentralschweiz

No.	See	Beobachter
1.	Rotsee	*J. Berchtold,* Maihof, Luzern
2.	Sempachersee	*Th. Lang*, Seesatz; *A. Rüttimann,* Sempach; *J. Bächler,* meteorologische Station Sursee
3.	Lungernsee	*B. Imfeld,* Forstinspektor, Lungern
4.	Baldeggersee	Prof. *Fr. Heller* und Prof. *J. Spieler*, Hitzkirch
5.	Hallwilersee	Prof. *J. Spieler,* Hitzkirch
6.	Aegerisee	Lehrer *J. Nussbaumer,* Unterägeri
7.	Sarnersee	Prof. P. *J. Felderer,* Kollegium Sarnen
8.	Alpnachersee	Direktor *R. Winkler,* Alpnachstad
9.	Zugersee	Lehrer *A. Moos,* Zug; Prof. *A. Bieler*, Zug
10.	Vierwaldstättersee, ohne Alpnacher Arm	Mehrere
	a. Luzerner Bucht	*K. v. Segesser,* Luzern; *A. Schürmann,* Stadtschreiber; *E. Röthelin,* Lehrer und *X. Arnet,* Prof., Luzern
	b. Bucht von Horw und Hergiswil.	*Siegfr. Kaufmann,* Bannwart, Ennethorw
	c. Bucht von Küssnach	*Andr. Zimmermann,* Eichehof, Weggis
	d. Becken von Weggis	Kapitän *F. Geiger,* Luzern; *A. Schürmann,* Luzern
	e. Becken von Gersau	Hotelier *Alb. Müller,* Gersau: *Dampfschiffverwaltung,* Geschäftsbericht
	f. Urner Becken	*F. Geiger, Karl v. Segesser,* Luzern; Bestäter *A. Arnold* in Flüelen

Tabelle II.

im Winter 1890|91.

Gesamte Gefrierperiode		Periode der totalen Zufrierung		Grösste Eisdicke	
Beginn und Ende	Dauer	Beginn und Ende	Dauer	Dicke	Datum
	Tage		Tage	cm	
10. XII. 90—5. IV. 91	115	12. XII. 90—24. III. 91.	103	62	1. März
4. I. 91—9. IV. 91	95	17. I. 91—2. II. 91 6. II. 91—2. IV. 91	71	45	22. Febr.
16. XII. 90—10. IV. 91	114	30. XII. 90—15. III. 91	75	43	1. März
29. XII. 90—5. IV. 91	98	1. I. 91—28. III. 91	87	45	Ende Februar
15. XII. 90—6. IV. 91	113	4. I. 91—27. III. 91	82	32	3. Febr.
15. XII. 90—17. IV. 91	123	6. I. 91—20. III. 91	72	50	Anfangs März
3. I. 91—31. III. 91	86	10. I. 91—6. III. 91	55	32	27. Febr.
1. I. 91—1. IV. 91	90	10. I. 91—25. III. 91	74	36	21. bis 28. Febr.
16. I. 91—25. III. 91	68	22. I. 91—22. III. 91	59	31	28. Febr.
12. I. 91—11. III. 91	58	—	—	12	Ende Februar
12. I.—23. I.; 25. I.—1. II.; 8. II.—2. III.; 6. u. 7. III.	41	—	—	7—8	20. Jänner
19. I.—29. I.; 10. II.—11. III.	39	—	—	12	Ende Febr.
20. I.—23. I.; 27. I.—29. I.; 9. II.—12. II.; 16. II.—7. III.	28	—	—	9—10	27. Febr.—2. März
16. II.—6. (?) III.	18	—	—	5	28. Febr.
29. I.; 12. II.—6. III.	22	—	—	4—6	28. Febr.
29. I.; 16. II.—28. II.	13	—	—	1—3	28. Febr.

Tabelle III.

Das Gefrieren der Seen in der Zentralschweiz

No.	See	Beobachter
1.	Mauensee	*Jost Bächler,* Sursee
2.	Rotsee	*Joh. Berchtold,* Maihof, Luzern
3.	Sempachersee	*X. Schürmann,* Posthalter, Sempach *Jost Bächler,* Sursee
4.	Aegerisee	*J. Nussbaumer,* Lehrer, Unter-Aegeri
5.	Sarnersee	P. *Hieron. Felderer,* Professor, Sarnen
6.	Alpnachersee	*Rob. Winkler,* Direktor, Alpnachstad
7.	Vierwaldstättersee	—
	a. Luzerner Bucht	*A. Schürmann,* Stadtschreiber, Luzern
	b. Küssnacher Bucht	*Andr. Zimmermann,* Eichehof, Weggis
	c. Flüeler Bucht	*A. Arnold,* Bestäter, Flüelen

Tabelle III.

im Winter 1892|93.

Gesamte Gefrierperiode		Periode der totalen Zufrierung		Grösste Eisdicke	
Beginn und Ende	Dauer	Beginn und Ende	Dauer	Dicke	Datum
	Tage		Tage	cm	
20. XII. 92 -8. III. 93	78	25. XII. 92—1. III. 93	65	30	30. Jänner
31. XII. 92/1. I. 93—12. III. 93	71	1. I. 93—1. III. 93	59	28	24. Jänner
28. XII. 92—3. III. 93	65	19./20. I. 93—8. II. 93	20	20	29. Jänner
17./18. I. 93—16. III. 93	58	17./18. I. 93—26. II. 93	40	28	?
18. I. 93—3. III. 93	45	27. I. 93—5. II. 93	9	19	30. Jänner
18. I. 93—1. III. 93	42	19. I. 93—21. II. 93	34	13	8. Februar
—	13	—	—	2	17. u. 18. Jänner
13. I. 93—24. I. 93; 31. I. 93; 7. II. 93	13	—	—	2	17. u. 18. Jänner
31. I. 93	1	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—

Tabelle IV.

Das Gefrieren der Seen in der Zentralschweiz

No.	See	Beobachter
1.	Mauensee	*Jost Bächler,* meteorologische Station Sursee
2.	Rotsee	*Joh. Berchtold,* Maihof, Luzern
3.	Sempachersee, die Bucht „der Trichter“	*Jost Bächler,* Sursee
4.	Baldeggersee	*Friedr. Heller,* Seminarlehrer, Hitzkirch
5.	Hallwilersee	*Fr. Heller,* Seminarlehrer, Hitzkirch
6.	Aegerisee	*Joh. Nussbaumer,* Lehrer, Unter-Aegeri
7.	Sarnersee	P. *Hier. Felderer,* Kollegium Sarnen
8.	Luzerner Bucht des Vierwaldstättersees	*X. Arnet,* Prof., Luzern

Tabelle IV.

im Winter 1893|94.

Gesamte Gefrierperiode		Periode der totalen Zufrierung		Grösste Eisdicke	
Beginn und Ende	Dauer	Beginn und Ende	Dauer	Dicke	Datum
	Tage		Tage	cm	
3. XII. 93—16. XII. 93 31. XII. 93—10 III. 94	13 69 82	3. XII. 93—16. XII. 93 31. XII. 93—3. III. 94	13 62 75	— 25	—
23. XII. 93—25. XII. 93 28. XII. 93—8. III. 94	2 70 72	— 3. I. 94—26. II. 94	— 54 54	— 22	—
31. XII. 93/1. I. 94 bis 12. II. 94	43	—	—	15	—
6. I. 94—28.(?) II. 94	54	7./8. I 94—10. II. 94; 21. II. 94—25. II. 94	39	10	—
6. I. 94—28.(?) II. 94	54	—	—	?	—
3./4. I. 94—13. III. 94	69	8. I. 94—2. III. 94	53	21	—
6. I. 94—6. III. 94	59	16. I. 93—11. II 93; 19. II. 94—26. II. 94	34	15	22. Jänner
4. I. 94 und 23. II. 94	2	—	—	—	—

Tabelle V.

Das Gefrieren der Seen in der Zentralschweiz

No.	See	Beobachter
1.	Mauensee	*Jost Bächler,* meteorologische Station Sursee
2.	Rotsee	*Julius Hurter,* Luzern.
3.	Sempachersee	*Jost Bächler,* Sursee
4.	Lungernsee	*J. Kathriner,* Landweibel, Sarnen
5.	Baldeggersee	*Fr. Heller* und *J. Spieler,* Seminarlehrer, Hitzkirch
6.	Hallwilersee	Die Obigen: *Fr. Heller* und *J. Spieler*
7.	Aegerisee	*J. Nussbaumer,* Lehrer, Unter-Aegeri
8.	Sarnersee	P. *Hier. Felderer,* Prof., Kollegium Sarnen
9.	Alpnachersee	*R. Winkler,* P.-B.-Direktor, Alpnachstad
10.	Zugersee	*A. Bieler,* Prof., Zug
11.	Vierwaldstättersee, ohne Alpnachersee	Mehrere
	a. Luzerner Bucht	*A. Schürmann,* Stadtschreiber; Kapitän *Herger;* Ingenieur *O. Gelpke;* Prof. *Arnet,* Luzern
	b. Horwer Bucht	*J. Isenegger,* Wirt, Ennethorw
	c. Hergiswiler Bucht	*J. Sidler,* Stationsvorstand, Hergiswil
	d. Küssnacher Bucht	*A. Zimmermann,* Bannwart, Weggis
	e. Gersauer Becken	Kapitän *Stocker* und Kapitän *D. Herger*
	f. Flüeler Becken	Kapitän *K. von Segesser*

Tabelle V.

im Winter 1894|95.

Gesamte Gefrierperiode		Periode der totalen Zufrierung		Grösste Eisdicke	
Beginn und Ende	Dauer	Beginn und Ende	Dauer	Dicke	Datum
	Tage		Tage	cm	
3. XII. 94—19. XII. 94 22. XII 94—5. IV. 95	16 104 120	13. XII. 94—15. XII. 94 24. XII. 94—1. IV. 95	2 98 100	30	20. Februar
21. XII. 94—30. III. 95	99	23. XII. 94—19. III. 95	86	32 40	4. Februar 19. März
7. I. 95—1. IV. 95	84	31. I. 95—28. III. 95	56	20	7. Februar
3. I. 95—28. III. 95	84	19. I. 95—19. III. 95	59	30	?
9. I. 95—31. III. 95	81	11. I. 95—24. III. 95	72	34	1. Februar
11. I. 95—?	81 (?)	12. I. 95—?	72 (?)	?	?
9./10. I. 95—29. III. 95	79	11. I. 95—24. I. 95; 29. I. 95—26. III. 95	69	28	21. Februar
11. I. 95—26. III. 95	74	31. I. 95 - 24. III. 95	52	29	23. Februar
20. und 21. I. 95; 29. I. 95—26. III. 95	58	2. II. 95—24. III. 95	50	36 26	3. März 5. März
30. I. 95—28. III. 95	57	14. II. 95—26. III. 95	40	22	17. März
29. I. 95—3. II. 95; 13. II. 95—30. III. 95	50	—	—	20	1. März
29. I. 95—3. II. 95; 18. II. 95—23. II. 95; 19. III. und 23. III. 95	12	—	—	2	19. Februar
13. II. 95—25. III. 95	40	—	—	15	?
16. II. 95—30. III. 95	42	—	—	20	1. März
20. II. 95—26. II. 95; 5. III. 95—6. III. 95	8	—	—	2½	25. Februar
19. III. 95 und 23. III. 95	2	—	—	1	19. März
19. III. 95	1	—	—	—	—

Tabelle VI.

Das Gefrieren der Seen in der Zentralschweiz

No.	See	Beobachter
1.	Mauensee	*Jost. Bächler,* Sursee
2.	Rotsee	*Paul Purtschert,* Stud., VI. Gymn., Seehof in Ebikon.
3.	Sempachersee	*Jost. Bächler,* Sursee
4.	Lungernsee	*J. Gasser,* z. Löwen, Lungern; *J. Kathriner,* Landweibel, Sarnen
5.	Baldeggersee	Prof. *Fr. Heller,* Hitzkirch
6.	Hallwilersee	Prof. *Fr. Heller,* Hitzkirch
7.	Aegerisee	*Joh. Nussbaumer,* Lehrer, Unterägeri
8.	Sarnersee	Prof. P. *J. Felderer,* Kollegium Sarnen
9.	Alpnachersee	Direktor *R. Winkler,* Alpnachstad
10.	Zugersee	*A. Bieler,* Prof., Zug
11.	Luzerner Bucht des Vierwaldstättersees	Erziehungsrat *J. L. Brandstetter;* Prof. *X. Arnet,* Luzern

Tabelle VI.

im Winter 1895|96.

Gesamte Gefrierperiode		Periode der totalen Zufrierung		Grösste Eisdicke	
Beginn und Ende	Dauer	Beginn und Ende	Dauer	Dicke	Datum
	Tage		Tage	cm	
9. I. 96—7. III. 96	58	10./11. I. 96—5. III. 96	54	15	11. Febr.
12./13. I. 96—7. III. 96	55	13. I. 96—3. III. 96	50	16	15. Febr.
9. I. 96—1. III. 96	52	15. II. 96—28. II. 96	13	15	15. Febr.
11. I. 96—10. III. 96	59	20. I. 96—3. III. 96	43	18	Anfangs Febr.
18./19. I. 96—29. II. 96	42	—	—	4	?
5./6. II. 96—28. II. 96	23	—	—	?	?
17. I. 96—8. III. 96	55	—	—	15	10. Febr.
25. I. 96—4. III. 96	39	—	—	8	18. Febr.
11. II. und 19. II. 96 morg.	2	—	—	1	11. und 19. Febr.
3. III. 96—5. III. 96 morg.	3	—	—	$1^1/_2$	3.—5. März
11./12. II. 96 nachts 11. und 12. II. 96 vorm.	2	—	—	1	11. und 12. Febr.

Tabelle VII.

Zusammenstellung der Gefrierdauern und der grössten Eisdicken

No.	Name des Sees	Höhe ü. M.	Winter 1890/91			Winter 1891/92		
			Gesamte Gefrierperiode	Dauer der totalen Zufrierung	Grösste Eisdicke	Gesamte Gefrierperiode	Dauer der totalen Zufrierung	Grösste Eisdicke
		m	Tage	Tage	cm	Tage	Tage	cm
1.	Mauensee	508	?	?	?	73	?	20
2.	Rotsee	423	115	103	62	?	?	?
3.	Sempachersee	507	95	71	45	10	—	12
4.	Lungernsee	657	114	75	43	?	?	?
5.	Baldeggersee	466	98	87	45	?	—	?
6.	Hallwilersee	452	113	82	32	?	—	?
7.	Aegeriseee	728	123	72	50	?	—	?
8.	Sarnersee	473	86	55	32	?	—	?
9.	Alpnachersee	437	90	74	36	?	—	?
10.	Zugersee	417	68	59	31	—	—	—
11.	Vierwaldstättersee . .	437	58	—	12	—	—	—
Summe der Gefrierdauern und Eisdicken .			960	678	388	—	—	—
Zahl der beobachteten Seen			10	9	10	2	—	2
Mittelwert der Gefrierdauern und Eisdicken			96	75	38,8	—	—	—
Meteorologische Beobachtungen.								
1. *Zahl der Frosttage* (Tagestemperatur unter 0°) in Luzern			. .	84	. .	. .	42	. .
2. *Zahl der sehr kalten Tage* (Tagestemperatur unter — 5°) in Luzern . .			. .	43	. .	. .	11	. .
3. *Summe der Kältegrade* vom November bis Februar in Luzern			. .	— 426°	. .	. .	— 143°	. .
4. *Mittlere Temperatur des Winters* (Dezember bis Februar) in Luzern . . .			. .	— 4,3°	. .	. .	+ 0,2°	. .
5. *Mittlere Temperatur des Winters* (Dezember bis Februar) in Gersau . . .			. .	— 2,8°	. .	. .	+ 1,5°	. .

Anmerkung. Die eingesetzten Fragezeichen (?) bei den Seen bedeuten, dass in den Berichte eingegangen sind. Die Striche (—) bedeuten, dass ein solches Gefrieren nicht

Tabelle VII.

der Seen in den Wintern 1890|91 bis 1895|96.

Winter 1892/93			Winter 1893/94			Winter 1894/95			Winter 1895/96		
Gesamte Gefrierperiode	Dauer der totalen Zufrierung	Grösste Eisdicke	Gesamte Gefrierperiode	Dauer der totalen Zufrierung	Grösste Eisdicke	Gesamte Gefrierperiode	Dauer der totalen Zufrierung	Grösste Eisdicke	Gesamte Gefrierperiode	Dauer der totalen Zufrierung	Grösste Eisdicke
Tage	Tage	cm	Tage	Tage	cm	Tage	Tage	cm	Tage	Tage	cm
78	65	30	82	75	25	120	100	30	58	54	15
71	59	28	72	54	22	99	86	40	55	50	16
65	20	20	43	—	15	84	56	20	52	13	15
?	?	?	?	?	?	84	59	30	59	43	18
?	?	?	54	39	10	81	72	34	42	—	4
?	?	?	54	—	?	81	72	?	23	—	?
58	40	28	69	53	21	79	69	28	55	—	15
45	9	19	59	34	15	74	52	29	39	—	8
42	34	13	?	—	?	58	50	36	2	—	1
?	—	?	?	—	?	57	40	22	3	—	1
13	—	2	2	—	?	50	—	20	2	—	1
372	227	140	435	255	108	867	656	289	390	160	94
7	6	7	8	5	6	11	10	10	11	4	10
53	38	20	54	51	18	79	65	28,9	35	40	9,4
. .	52	. .	. .	45	. .	. .	71	. .	. .	49	. .
. .	21	. .	. .	12	. .	. .	33	. .	. .	4	. .
. .	— 234°	. .	. .	— 163°	. .	. .	— 365°	. .	. .	— 118°	. .
. .	— 1,4°	. .	. .	— 0,7°	. .	. .	— 3,8°	. .	. .	— 0,03°	. .
. .	— 0,2°	. .	. .	+ 0,8°	. .	. .	— 2,0°	. .	. .	+ 1,1°	. .

betreffenden Jahren über das (vermutlich) vorhandene partielle oder totale Gefrieren keine stattgefunden hat.