Zeitschrift: Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 15 (1922-1923)

Heft: 14

Artikel: Ueber Seetemperaturen

Autor: Bachmann, Emil

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-920367

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: 12.07.2025

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

etwas anders als in Holland. Hier habe man seit Beginn des elektrischen Bahnbetriebes die dritte Schiene bevorzugt, die sich bei den beschränkten Umgrenzungsprofilen bequemer als Hochleitung verlegen lasse. Ausser den Linien London—Brighton, Heysham und Newport—Childon haben alle elektrischen Eisenbahnen in England die dritte Schiene, was den Entschluss zu deren endgültiger Annahme sehr beeinflusst habe. In Holland habe diese Leitungsart nie Anhänger gefunden, und zwar hauptsächlich wegen der zahlreichen Bahnübergänge und des schlechten Untergrundes, der häufige Ausbesserungen an den Geleisen nötig mache.

Der Bericht van Loenen-Martinets enthält dann noch einen kurzen Abschnitt über einige Ausführungsteile, hauptsächlich an Fahrleitungen; der im Anhange 3 dieses Berichts beigegebene Bericht der holländischen Kommission für die Elektrisierung der Eisenbahnen, der vorstehend in seinen Hauptteilen wiedergegeben worden ist, bringt noch verschiedene Angaben über die Elektrisierung der holländischen Eisenbahnen, insbesondere der Linie Rotterdam—Amsterdam (Abb. 2).

(Schluss folgt.)

Ueber Seetemperaturen.

Von Emil Bachmann, dipl. Ingenieur, Bern.

Der Wasserinhalt jeder Seewanne vollführt, abgesehen von der durch Zu- und Abflüsse bewirkten fortschreitenden Bewegung, auch in vertikaler Richtung einen, jährlich sich wiederholenden Kreislauf, hervorgerufen hauptsächlich durch die wechselnde Einwirkung der Sonnenwärme im Wandel der Jahreszeiten. Diese Erscheinung ist vornehmlich auf zwei Naturgesetze zurückzuführen, nämlich:

1. Zwischen der Temperatur des reinen Wassers und seiner Dichte (d. h. Schwere) besteht ein funktioneller Zusammenhang höherer Ordnung, der erstmals vom Physiker Hallström durch nachstehende Formel näher präzisiert wurde:

$$s = 1 + 0{,}000052939\,t - 0{,}0000065322\,t^2 + 0{,}00000001445\,t^3$$

wobei s das spezifische Gewicht des Wassers und t dessen zugehörige Temperatur in Celsiusgraden bezeichnet ($s = 1$ für $t = 0^0$ C). Es ist natürlich gleichgültig, was für eine Einheit dem spezifischen Gewicht zugrunde gelegt wird. Aus der vorstehenden Beziehung findet man, lediglich durch eine Rechnungsoperation, die größte Dichtigkeit des reinen Wassers bei einer Temperatur von 4^0 C.

2. Die Sonnenstrahlen werden beim Auftreffen auf eine Wasserfläche gespalten; ein Teil von ihnen dringt in abgelenkter Richtung hinein und wird mit fortschreitender Tiefe allmählich absorbiert, der andere Teil wird ebenfalls in bestimmter abgelenkter Richtung wieder in die Atmosphäre zurückgeworfen. Das Verhältnis der Intensität beider Teile wird bestimmt durch den Einfallswinkel.

Der Umstand, daß unsere Flüsse und Seen nicht reines Wasser enthalten, sondern Fremdstoffe, sowohl in chemisch gebundener Form (hauptsächlich $CaC\,0_3$) als auch in mechanischer Vermengung, die sie als Suspendiertes mit sich führen, verändert die genannte charakteristische Temperatur nicht wesentlich. Beim Meerwasser dagegen, wo der Salzgehalt alle andern gelösten Bestandteile bei weitem überwiegt, stimmt das nicht mehr. Zum Beispiel enthält das Mittelmeerwasser nach Dr. Albert Heim bis zu 4,7 % Kochsalz, der russische Eltonsee bis zu 29 % mit einem spezifischen Gewicht der Lösung bis zu 1,7. Dementsprechend gefriert Mittelmeerwasser bei einer Temperatur von —2,55° C. und es entspricht auch seine maximale Dichte einer Temperatur, die wesentlich unter 4^0 C. liegt.

Ueber die Abnahme der Lichtintensität im Wasser mit fortschreitender Tiefe sind einige Angaben vorhanden; sie sind natürlich von Fall zu Fall abhängig von Quantität und Art der im Wasser enthaltenen Fremdstoffe. Als ihre Träger kommen nicht nur die Seezuflüsse, sondern auch teilweise die staubführenden, über die Seefläche streichenden Winde in Betracht.

Mit der Intensität der Sonnenbestrahlung geht selbstredend die Erwärmung des Seewassers bis zu gewisser Tiefe Hand in Hand, aber es wirken noch andere Faktoren bestimmend mit: Die klimatische Lage, die Wassertemperaturen der Zuflüsse im Verein mit ihrer relativen Quantität gegenüber dem Seevolumen, die Berührung der Wasseroberfläche mit warmer Luft etc.

Infolge des eingangs erwähnten ersten Naturgesetzes ergeben sich nun hinsichtlich der Temperaturen zwei Schichtungen des Seewassers, nämlich:

a) Schichtung mit von der Oberfläche nach der Tiefe abnehmender Temperatur. (Sommerschichtung, Oberflächentemperatur $> 4^0$ C.)
b) Schichtung mit von der Oberfläche nach der Tiefe zunehmender Temperatur. (Winterschichtung, Oberflächentemperatur $< 4^0$ C.)

Als Uebergang zwischen den zwei Stadien sind die im Frühling und Herbst immer nur kurzfristig auftretenden Zeiten der Temperaturgleiche nach der Tiefe zu erwähnen.

Herr Prof. Dr. Forel unterscheidet in seinem Werke: „Handbuch der Seenkunde“ folgende drei

Typen von Seen je nach ihrem termischen Verhalten:

1. Tropische Seen (Oberflächentemp. im Winter > 4° C.)
2. Temperierte Seen (Oberflächentemp. im Sommer > 4°, im Winter < 4° C.)
3. Polare Seen (Oberflächentemp. im Sommer < 4° C.)

Die Seen unserer Gegend gehören zu den Forelschen Kategorien 1 und 2, zu den tropischen Seen zählen z. B. der Genfer und der Luganersee, deren Oberflächentemperatur im Winter gewöhnlich mehr als 4° C. beträgt.

Ueber die Dauer der einzelnen See-Jahreszeiten liegen uns einige Angaben vor aus den Veröffentlichungen von Herrn Oberbaurat Ing. Jak. Haßler, Vorstand der Wasserbau- und hydrographischen Abteilung des Bundesbaudienstes in Kärnten: über Wärme- und Eisverhältnisse einiger kärntnerischer Talseen, umfassend die Jahre 1908 bis 1920.

Das thermische Seejahr, von einem bestimmten Augenblick an gerechnet bis zum Wiedereintritt gleicher thermischer Wasserverhältnisse, hat, als Mittelwert einer genügend langen Reihe von Beobachtungsjahren, die Dauer eines Kalenderjahres. Die einzelnen Jahrgänge können ein plus oder minus von Monaten haben. Der Beginn des thermischen Seejahres wird von Ing. Haßler mit dem Beginn der Winterschichtung zusammenfallend angenommen, das ist der Moment, wo die Oberflächentemperatur des Seewassers beginnt, dauernd unter 4° C. zu sinken. Dieser Beginn des thermischen Seewinters als Mittelwert 8-15jähriger Beobachtungen kann verschieden ausfallen, trotz gleicher Höhenlage zweier verschiedener Seen. Dafür geben diese genannten Kärntnerseen einige typische Beispiele.

Lokalname	Höhe über Meer	Einzugsgebiet	Seefläche	Beginn des therm. Seewinters
Kloppeinersee	446 m	4,0 km²	1,125 km²	6. Januar
Wörthersee	441 m	163,7 „	19,44 „	5. Januar
Ossiachersee	490 m	151,4 „	10,6 „	16. Dez.
Millstädtersee	580 m	280,0 „	13,25 „	8. Januar
Weißensee	920 m	49,6 „	6,6 „	25. Nov.
Traunsee	422 m	1416,9 „	25,6 „	1. Febr.
Achensee	929 m	106,2 „	6,75 „	10. Januar

Vergleicht man die beiden unterstrichenen Daten von Weißensee und Achensee, die ungefähr gleiche Flächen und gleiche Höhenlage über Meer aufweisen, dann könnte man versucht sein, daraus eine Schlußfolgerung auf die verschiedenen klimatischen Verhältnisse abzuleiten. Das ist aber unrichtig. Der Weißensee mit 139 Tagen Seewinter hat zwar nur 0,5° C. mittlere Winterwassertemperatur, aber vom Juni bis November eine mittlere Temperatur in der obern, zwei Meter mächtigen Schichte von 17° C., während der Achensee mit nur 65 Tagen Seewinter von 3,7° C. mittlerer Wassertemperatur vom Juni bis November eine Wasserwärme in der obersten Lage von nur 12,5° C. aufweist. Eine weitere Ueberraschung bietet der ziemlich kühle Traunsee mit 13,8° C. mittlerer Sommertemperatur (Oberfläche), der gar im Mittel vom Januar bis März einen tropischen Seewinter mit 4,4° C. Wassertemperatur (Winterschichtung nur 20 Tage) zeigt.

Diese mitgeteilten Tatsachen erscheinen dem Nichteingeweihten als unerklärliche Widersprüche, ebenso die Randbemerkungen in den Publikationen von Ing. Haßler, die wir hier anführen und wofür unmittelbar nachher die Erklärungen folgen.

Millstädtersee	1908	Langer Winter ohne Eis, kurzer Sommer, trotzdem hohe Badewärme.
„	1909	Kontinentales Seeklima, langer thermischer Winter, größte Eisdauer, tiefste Wintertemperatur, früher Winterbeginn, trotz langem Eiswinter hohe Badewärme.
„	1910	Kurzer Winter, kurze Eisdauer, langer Sommer, unternormale Badewärme.
„	1914	Längstandauernde Sommerschichtung, längster Seesommer, normale Badewärme, kurzer Winter, trotzdem See-Eis.
Wörthersee	1912	Später und kürzester Winter, allerkürzeste Eisdauer und höchste mittlere Wintertemperatur, frühester Sommerbeginn, und dennoch unternormale Badetemperatur.
Wörthersee	1917	Kürzestes Seejahr. Später Winter und späte Eisdecke von normaler Dauer, späte Auftauung, später Sommerbeginn, kürzester Sommer, jedoch höchste Badetemperatur.

Diese angeführten Kuriositäten sind nicht etwa ein Charakteristikum der kärntnerischen Landschaft, sondern auch für unsere Gegend zutreffend. Eine verblüffend einfache Erklärung für das thermische Verhalten der See-Oberflächen gibt Prof. Dr. Ed. Brückner in Wien in der geographischen Zeitschrift, Band 15, Heft 6 unter der Ueberschrift: „Zur Thermik der Alpenseen und einiger Seen Nord-Europas". Nach dieser steht die Oberflächentemperatur eines Sees in engster Beziehung zur Größe seines Einzugsgebietes (allerdings nicht ausschließlich). Je größer bei gleicher Seefläche das Einzugsgebiet, desto größer sind auch in der Regel (je nach der Niederschlagsdichte der in Betracht kommenden Gegend) Zu- und Abflüsse. Da aber die Zuflüsse im Sommer immer kälter sind als die Seeoberfläche, im Winter dagegen häufig wärmer, sinken sie in unmittelbarer Nähe der Mündungsstellen unter und beeinflußen dadurch die Temperatur der tiefern Lagen des Seewassers. Die Seeabflüsse dagegen (meistens ist nur einer da) führen das Oberflächenwasser ab, also im Sommer die wärmsten (Forel, Kat. 1 und 2), im Winter die kältesten Seeschichten (Forel, Kat. 2 und 3). Daher wirkt die Vergrößerung des Einzugsgebietes eines Sees, damit also

die Vergrößerung seines Abflusses, mildernd auf die Wassertemperatur-Gegensätze zwischen Sommer und Winter. Ing. Haßler bezeichnet diesen Einfluß auf die Temperatur der Seeoberfläche kurz mit „Maß der Durchflutung". Mit vorstehender Erklärung verschwindet auch größtenteils der scheinbare Widerspruch in den Ausführungen über die Kärntnerseen, denn wir wissen jetzt: „Wenn von zwei zu vergleichenden Seen auf gleicher Höhenlage und mit gleichen Flächeninhalten der eine zugleich höhere Sommer- und tiefere Wintertemperatur an der Oberfläche zeigt als der andere, so wird jener gegenüber diesem ein kleineres Einzugsgebiet besitzen. Die für die Kärntnerseen angeführten Zahlen bestätigen diese Regel.

Daß es der Technik z. B. möglich ist, die Oberflächentemperatur eines Sees durch künstliche Eingriffe dauernd noch oben oder unten zu beeinflußen, erscheint nach dem Gesagten nicht mehr ungewöhnlich. Es kann dies in einzelnen Fällen von Vorteil sein. Immerhin ist die Temperatur der Seeoberflächen von den Launen der Atmosphärilien nicht ganz unabhängig und spiegelt diese bis zu einem gewissen Grade, wenn auch in abgeschwächter Form wieder.

Wie gestaltet sich nun der Temperaturverlauf eines Sees von der Oberfläche nach der Tiefe und welche Bedingungen begünstigen bezw. schwächen die periodischen Veränderungen (tägliche und jährliche)? Die Wärmeleitfähigkeit des Wassers ist sehr gering. Von F. H. Weber in Zürich wurde als Fortschritt der Wärmeleitung im Wasser der Betrag von 0,3 m in 24 Stunden und per Jahr ca. 6 m genannt. (Zeitlich zunehmende Verlangsamung des Tempos wegen sukzessiver Absorbierung der Wärme.) Auch die strahlende Wärme dringt nicht sehr weit in die Tiefe. Diese Einwirkung ist namentlich abhängig von der Art und der Quantität der im Wasser mitgeführten Fremdstoffe, d. h. von der mehr oder weniger vorhandenen Reinheit des Wassers. Wenn schlammiges Wasser sich rascher erwärmt als klares, so ist dies sowohl der Absorbtion der strahlenden Wärme durch die Fremdkörper wie auch ihrer höheren Wärmeleitfähigkeit gegenüber dem reinen Wasser, eventuell auch der Wärmeentwicklung durch den chemischen Umformungsprozeß faulender Substanzen zuzuschreiben. Weitere mehr mechanische Ursachen der Wärmeerzeugung im Wasser haben, hauptsächlich an der Oberfläche, aber auch in tiefern Lagen, nur untergeordnete Bedeutung. Um so mehr muß es überraschen, daß z. B. im Genfersee in der Nähe des tiefsten Seegrundes (310 m tief) sich Temperaturschwankungen innerhalb einiger Jahre von 3,95° bis 5,3° C. eingestellt haben, also Schwankungen von 1,35° C. (Diese tiefste Stelle im Genfersee befindet sich ca. in der Mitte der Linie Lausanne-Evian, die Seezone von über 300 m Tiefe hat daselbst eine Breite von über 5 km.) Herr Prof. Dr. Forel gibt in seinem Werk: „Handbuch der Seenkunde" folgende Erklärung für die Tiefentemperaturschwankungen (vergl. Pag. 125 Absatz e): „Der wichtigste Faktor für die Aenderung der Tiefentemperatur sind jedenfalls die hydrostatischen Ausgleichsströmungen trüber Gewässer. Die mit Schwebestoffen beladenen Wassermassen der Zuflüsse, die durch Küstenbrandung getrübten littoralen Gewässer können eine größere Dichte besitzen als diejenige der Tiefenregion des Sees. Sie können infolgedessen bis auf den Grund des Sees sinken. Noch bevor sie sich dort ihrer Schwebestoffe durch Ablagerung entledigt haben, setzen sie sich mit den umgebenden Wassermassen in ein thermisches Gleichgewicht, die tiefen Schichten des Sees haben sich erwärmt usw."

Man kann sich bezüglich der Tiefentemperaturschwankungen aber auch noch eine andere Vorstellung machen, die zwar nicht überzeugender ist als die vorstehend gegebene Erklärung. Es erscheint glaubhaft, daß die Ablagerung von Sinkstoffen aus den Zuflüssen bei einem Seebecken von so respektabler Größe wie der Genfersee (Fläche = 582,4 km²) sich schon in der littoralen Zone (Küstenregion, hier vielleicht 2 km breit) vollständig vollzieht und die pelagische Zone (mittlerer Teil) unberührt läßt. Ist nun anzunehmen, daß in den größten Seetiefen immer dasselbe Wasser liege und daß dieses nie erneuert werde? Wenn dem so wäre, dann müßte doch die Eigenwärme des Untergrundes aus dem Erdinnern sich auch diesen tiefsten Wasserschichten mitteilen und ihre Temperatur im Verlaufe von Jahrhunderten über das Maß von 4° C. zu erhöhen imstande sein. Wie wir später sehen werden, reicht diese Eigenwärme des Untergrundes beim kleinen Ritomsee aus, um die Wasserschichten unterhalb 20 m Tiefe Sommer und Winter in einer Temperatur von über 6° C. zu erhalten. Am Grunde größerer Seen finden vielleicht infolge der Eigenwärme des Bodens ähnliche Vorgänge statt wie durch die Sonnenwärme in Nähe der Oberfläche, aber in stark abgeschwächter Intensität. Berücksichtigt man dazu die dynamischen Wirkungen der in den See stürzenden vielen Zuflüsse, die zu Zeiten heftiger Niederschläge eine elementare Wucht entwickeln können, dann kann man sich wohl vorstellen, daß selbst in den größten Seetiefen stets oder zeitweilig ein Durcheinander von leisen Strömungen in Tätigkeit ist, so daß auch unmerklich schwerere (kältere) Wasserpartien über ein wenig leichtern vorübergehend schweben

können. Für eine solche Annahme sprechen auch die sogenannten Seiches, mit welchem Ausdrucke man die schaukelnde Bewegung der ganzen Seemasse (also nicht nur der oberflächlichen Schichten) bezeichnet, wobei sich auf- und absteigende Niveauveränderungen von bis zu 17 cm in ca. einer Stunde (in dieser Stärke beobachtet im Genfersee, vergl. Herr Dr. F. A. Forel: „Le Leman", zweiter Band, Pag. 112) ausnahmsweise bemerkbar machen.

In diesem Zusammenhange verdient noch Erwähnung die Publikation über thermische Tiefenlotungen im Bodensee in den Jahren 1889, 90 und 91, ebenfalls von Dr. F. A. Forel, wovon eine deutsche Uebersetzung besteht von Graf Eberhard Zeppelin unter dem Titel: „Die Temperaturverhältnisse des Bodensees" (Sonderabdruck aus dem XXII. Hefte der Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung). Bemerkenswert an dieser Veröffentlichung ist vor allem die auffallende Tatsache, daß von den in den angeführten Jahren mit einem Negretti Zambra-Thermometer vorgenommenen Tiefentemperaturmessungen alle mit einer Ausnahme in einer Tiefe von 150—165 m die konstante Temperatur von 4° C. ergaben (insgesamt 9 Messungen) und zwar in den verschiedensten Jahreszeiten (Januar, Juni, Oktober). Im Ausnahmefall jedoch, am 7. Oktober 1890 (Kontrolle am 11. Oktober) wurden von 150 m bis 235 m Tiefe (größte Tiefe an der Meßstelle = 255 m) 4,4° C. ermittelt. Eine Erklärung für diese Ausnahmeerscheinung wird in der genannten Schrift nicht gegeben, es wird sogar betont, daß man vor einem Rätsel stehe. Es ist aber möglich, daß es sich hier um eine zufällig erwischte Tiefenströmung von der Rheinmündung her handelt.

Ueber thermische Tiefenlotungen im Ritomsee in den Jahren 1904/17, vergl. folgende Figur 3 nebst den beigegebenen Erklärungen.

Zweifellos kann die Frage der Tiefenströmungen in Seebecken durch Temperaturmessungen ihrer Lösung nahe gebracht werden. Aber es genügen dazu nicht Messungen an einer und derselben Stelle, deren örtliche Lage nicht genau bekannt ist. Es müssen gleichzeitig an möglichst viel Punkten, die auf eine große Karte genau eingetragen werden können, thermische Tiefenlotungen vorgenommen werden, mit Einbeziehung von Temperaturmessungen der namhafteren Zuflüsse. Die Orientierung der Meßstellen ist bei dem heutigen Stande der Meßtechnik an hellen Tagen gut möglich.

Wenn von Oberflächentemperaturen von Seen die Rede ist, ist damit eine Schicht von 1 m bis zu 2 m Tiefe gemeint, innerhalb der keine namhafte Temperaturänderung wahrzunehmen ist. Abgesehen von der Aufwühlung des Oberflächen-

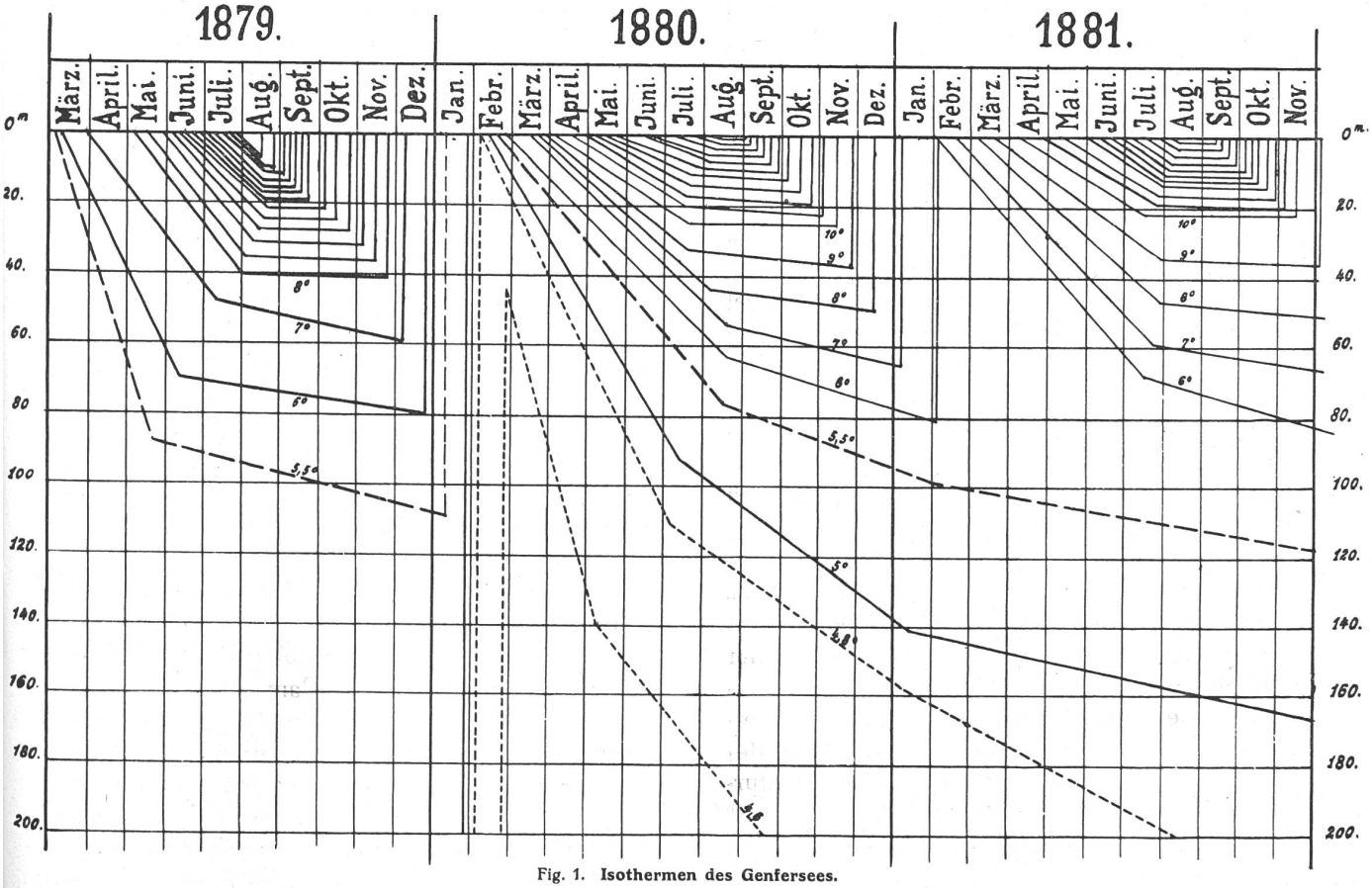

Fig. 1. Isothermen des Genfersees.

wassers durch die Schiffahrt wird durch den Wind in seiner Richtung eine oberflächliche Strömung erzeugt, die in geringer Tiefe eine rückläufige Bewegung zur Folge haben muß und die Vermischung der Wasserteilchen und ihre Temperaturausgleichung begünstigt.

Die durch den Wechsel von Tag und Nacht erzeugten Aenderungen der Oberflächentemperatur bezw. der erwähnten Schichte sind nicht von Bedeutung. Bei bedecktem Himmel macht sich überhaupt kein Unterschied bemerkbar, bei heller Witterung etwa 1—3° C. je nach der Größe des Seebeckens und andern Umständen. Die täglichen Maxima und Minima der Oberflächenwassertemperatur erleiden gegenüber derjenigen der umgebenden Luft eine zeitliche Verzögerung von 2—3 Stunden. Das Maximum der Lufttemperatur tritt um 15—16 Uhr ein, das Minimum ca. um 4 Uhr, dagegen die Maxima und Minima des Oberflächenwassers unmittelbar vor Sonnenuntergang resp. -Aufgang. Dieser Unterschied rührt daher, daß Wasser ein schlechterer Wärmeleiter ist als Luft.

Fig. 1 veranschaulicht den Temperaturverlauf nach der Tiefe im Genfersee in den Jahren 1879/81 in der Form von See-Isothermen, entnommen dem zweiten Bande von Dr. F. A. Forels dreibändigem Werke: „Le Leman". Darstellungen dieser Art ermöglichen es, Temperaturveränderungen in einer bestimmten Vertikalen während einer nach Jahren zählenden Zeitepoche bildlich vorzuführen. Aus der Figur geht hervor, daß es sich hier um einen sogenannten tropischen Seetypus handelt, da die Temperaturen durchwegs größer als 4° C. sind. Die See-Isothermen des polaren Typus unterscheiden sich in der Form von der hier wiedergegebenen nicht, sondern nur in der umgekehrten Schichtung. Dagegen zerfallen bei temperierten Seen die Jahres-Isothermen in zwei gleich oder ähnlich aussehende Teile, wovon das erste Büschel von Frühling bis Herbst die normale (Sommer-) Schichtung, das zweite Büschel von Herbst bis Frühling des folgenden Jahres die umgekehrte (Winter-) Schichtung enthält. Die vertikalen Aeste der Isothermen bezeichnen die homothermischen Schichten (Schicht gleicher Wassertemperatur) nach ihrer Mächtigkeit, zugehöriger Temperatur und jahreszeitlichem Vorkommen. Die jährliche Abflußhöhe des Genfersees oder nach Oberbaurat Haßler „das Maß der Durchflutung" beträgt 10—12 Meter (Mittelwerte).

Das direkte Auftragen der Wassertemperaturen zu den zugehörigen Seetiefen ergibt Bilder, die bald einen sehr regelmäßigen, bald mehr unregelmäßigen Verlauf zeigen. (Mit wachsender Abflußhöhe werden dem See auch mehr Sinkstoffe zugeführt, wodurch, wie bereits angeführt, die Temperaturverteilung nach der Tiefe in Mitleidenschaft gezogen wird.)

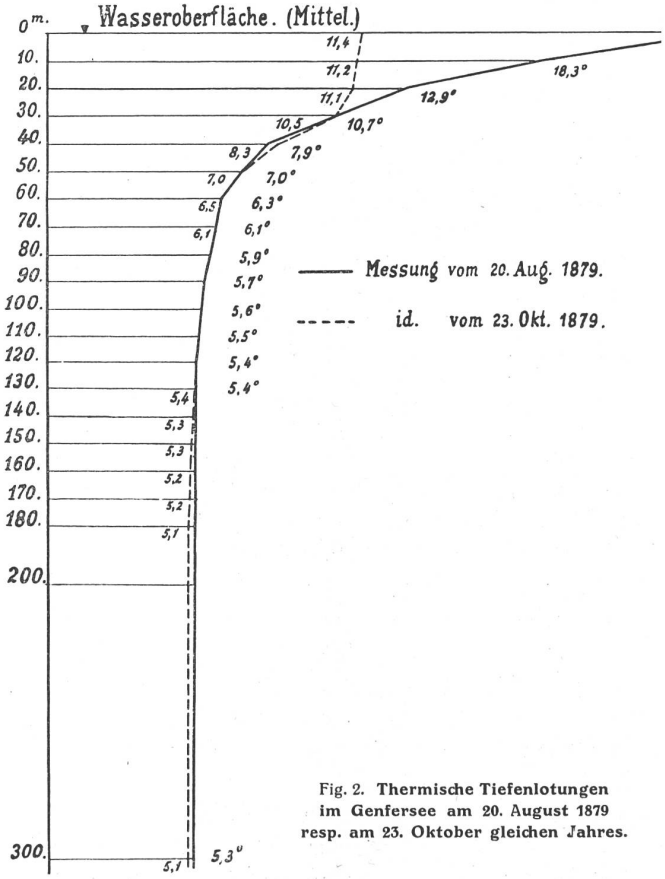

Fig. 2. **Thermische Tiefenlotungen im Genfersee am 20. August 1879 resp. am 23. Oktober gleichen Jahres.**

Als ein Beispiel der erstern Art diene Fig. 2. Es handelt sich um die thermischen Tiefenlotungen im Genfersee vom 20. August 1879 (ausgezogene Linie) resp. 23. Oktober gleichen Jahres (gestrichelter Teil), Messungen neuesten Datums können nichts Instruktiveres vorweisen. Die beiden Messungen decken sich von 30 m Tiefe an nahezu völlig. Bei der Messung vom 23. Oktober hat sich eine homothermische Schicht von 30 m Stärke vorgefunden, die sich gegen den Winter zu sukzessive noch mehr verstärkt. Die Tiefenlage, in der sich im Temperaturverlauf ein jäher Wechsel zeigt, wird mit Sprungschichte bezeichnet. Diese liegt bei der normalen Schichtung im Herbst, bei der umgekehrten Schichtung im Frühling an der Oberfläche und verliert sich dann in der Folge gegen den Winter (resp. gegen den Sommer) allmählich nach der Tiefe.

Fig. 3 gibt einige Beispiele von Tiefentemperaturmessungen im Ritomsee (Wasserspiegel ca. 1830 m hoch vor der Absenkung durch die S. B. B.), ausgeführt in den Jahren 1904—17, deren Resultate veröffentlicht sind durch das Eidgenössische Amt für Wasserwirtschaft in Bern unter dem Titel: „Il Lago Ritom". Es zeigen diese Temperaturkurven nicht die Gesetzmäßigkeit von Fig. 2, vermutlich infolge zeitweilig größerer Trübung des

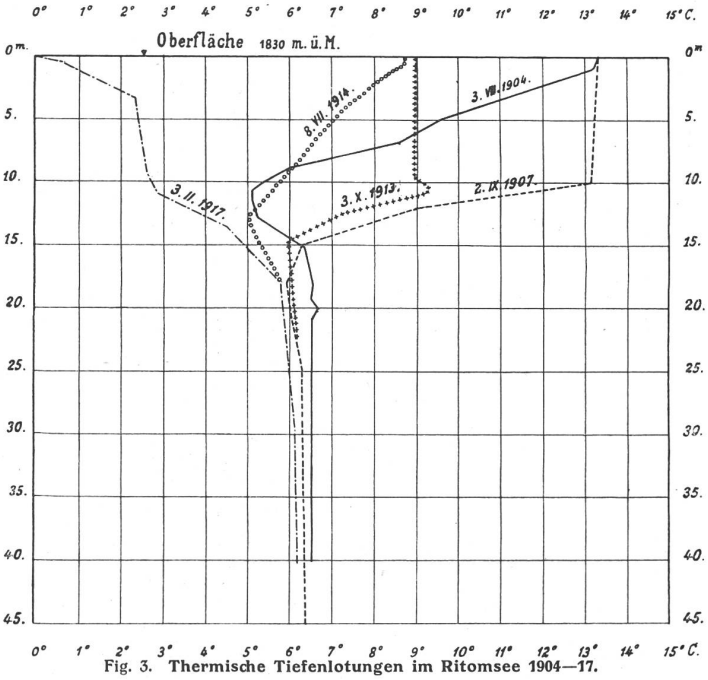

Fig. 3. Thermische Tiefenlotungen im Ritomsee 1904—17.

kleinen Sees (Fläche = 1,367 km²). Aus der charakteristischen Form der Temperaturkurve vom 3. Juli 1904 läßt sich herauslesen, daß die Absetzung von Sinkstoffen nach vorausgegangener Trübung (Gewitter) bis zu einer Tiefe von 10 m vorgeschritten war. Eine ähnliche Deutung läßt die Tatsache zu, daß bei der Tiefentemperaturmessung vom 2. September 1907 sich von 17 bis 45 m Tiefe eine fast regelmäßige Temperaturzunahme von 5,9° bis 6,4° C. zeigte. Aus diesem Ergebnis läßt sich folgern, daß der Gehalt an Sinkstoffen in der angegebenen Tiefenlage von oben nach unten zunahm. In ihrer Gesamtheit zeigen die Temperaturkurven von ca. 20 m Tiefe an nach abwärts eine nahezu konstante Wasserwärme von 6° bis 6,5° C., also eine Variation von nur ca. 0,5° C. zwischen Sommer und Winter, trotz der großen Höhenlage des Sees. Eine Erklärung für diese Erscheinung bietet nicht allein die Eigenwärme des Untergrundes, die in dieser Höhe höchstens konservierend wirkt. Das maßgebende Moment für die Tiefentemperatur von 6—6,5° C. liegt darin, daß die Winterzuflüsse gegenüber denjenigen des Sommers nahezu verschwinden, während der Abfluß oberflächlich erfolgte. (Vor Inbetriebsetzung des Kraftwerkes Ritom.)

Eine Reihe von Temperaturmessungen sind auch in den Jahren 1912/13 im Märjelensee ausgeführt worden, worüber in der umfangreichen illustrierten Publikation des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft in Bern unter dem Titel: „Der Märjelensee" (Verfasser Herr Oberingenieur Lütschg) alles Wissenswerte, auch über das Kapitel der Eisbildung, mitgeteilt wird.

Elektrizitätsexport und Elektrizitätswirtschaft.

Die Diskussion über diese Fragen, die wir in der letzten Nummer der „Schweiz. Wasserwirtschaft" zusammengefasst haben, ging seither in der Oeffentlichkeit weiter. Es wurden bestimmte „Fälle" herangezogen, um zu zeigen, dass da und dort etwas nicht stimmt, viele technische, wirtschaftliche und politische Vereinigungen behandelten das Thema in Versammlungen.

Wir wollen auch hier wieder das Wesentliche aus der Diskussion kurz zusammenfassen:

Nationalrat Weber (St. Gallen) hatte folgende kleine Anfrage an den Bundesrat gerichtet:

„Ist dem Bundesrat bekannt, dass sich gegen die zunehmenden Bewilligungen zur Ausfuhr elektrischer Energie zu stark herabgesetzten Preisen aus schweizerischen Kraftwerken ins Ausland in den Kreisen der Industrie und des Gewerbes eine starke Opposition geltend macht? Wird durch diese Ausfuhr nicht die Konkurrenzfähigkeit schweizerischer Industrien geschwächt oder gar gefährdet? Gedenkt der Bundesrat diesen Bedenken Rechnung zu tragen?

Die Antwort des Bundesrates lautet: 1. Da jedes Ausfuhrgesuch veröffentlicht wird, mit der Aufforderung, allfällige Einsprachen einzureichen, ist dem Bundesrat sehr wohl bekannt, dass die Ausfuhr elektrischer Energie in Konsumentenkreisen einer Opposition ruft, die nicht übergangen werden darf. Deshalb werden die Energielieferungsverträge und besonders die Preise jeweilen mit der grössten Sorgfalt geprüft.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass die Erteilung der definitiven Bewilligungen zur Ausfuhr elektrischer Energie nach den Werken in Waldshut, welche hauptsächlich Gegenstand der Kritik waren, bereits in die Jahre 1913 und 1915 zurückreicht. Provisorische Bewilligungen für eine Ausfuhr an denselben Abnehmer wurden vom Bundesrat auf Grund eines Vertrages aus dem Jahre 1919 erteilt. Ein Gesuch um eine entsprechende definitive, bis 1929 gültige Bewilligung ist hängig und unterliegt gegenwärtig einer gründlichen Prüfung. Der Zeitpunkt, in welchem die vorerwähnten Energielieferungsverträge abgeschlossen wurden, hat in beträchtlichem Masse zur Festsetzung eines eher niedrigen Preises für die ausgeführte Energie beigetragen, wobei jedoch auch die übrigen, für die energieliefernden Werke günstigen Bedingungen beachtet werden müssen.

Die gegenwärtige Lage der Industrie ist in allererster Linie der ungünstigen Einwirkung und den beständigen Schwankungen der Wechselkurse zuzuschreiben. Dieser Tatsache gegenüber kommt der Ausfuhr elektrischer Energie nur sekundäre Bedeutung zu. Die Prüfung der Ausfuhrgesuche durch die eidgenössische Kommission für Ausfuhr elektrischer Energie bietet eine sichere Gewähr dafür, dass die verschiedenen in Frage kommenden Interessen in Berücksichtigung gezogen werden. Die Kommission gibt ihr Gutachten jeweilen erst nach eingehender Beratung über alle einschlägigen Fragen ab, unter denen die des inländischen Bedarfes ganz besonders berücksichtigt werden.

2. Der Bundesrat erachtet eine Ausfuhr der überschüssigen elektrischen Energie aus der Schweiz als notwendig und den wirtschaftlichen Interessen des Landes entsprechend unter der Bedingung jedoch, dass die notwendigen Massnahmen zum Schutz der einheimischen Industrie getroffen werden. Das beste Mittel, um zu diesem Resultat zu gelangen, besteht darin, dass die ausgeführte Energie zu einem Preise bezahlt wird, der, wenn möglich, gleich oder sogar höher ist als der bei der Abgabe im Inlande