

# Die Tiefentemperaturen des Zürich- und Walensees

Autor(en): **Maurer, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schifffahrt**

Band (Jahr): **9 (1916-1917)**

Heft 3-4

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-920616>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# SCHWEIZERISCHE WASSERWIRTSCHAFT



OFFIZIELLES ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN WASSERWIRTSCHAFTSVERBANDES

ZEITSCHRIFT FÜR WASSERRECHT, WASSERBAUTECHNIK, WASSERKRAFTNUTZUNG, SCHIFFFAHRT ·· ALLGEMEINES PUBLIKATIONSMITTEL DES NORDOSTSCHWEIZERISCHEN VERBANDES FÜR DIE SCHIFFFAHRT RHEIN-BODENSEE

GEGRÜNDET VON DR. O. WETTSTEIN UNTER MITWIRKUNG VON a. PROF. HILGARD IN ZÜRICH UND ING. GELPKE IN BASEL



Erscheint monatlich zweimal, je am 10. und 25.  
Abonnementspreis Fr. 15. — jährlich, Fr. 7.50 halbjährlich  
für das Ausland Fr. 2.30 Portozuschlag  
Inserate 35 Cts. die 4 mal gespaltene Petitzeile  
Erste und letzte Seite 50 Cts. Bei Wiederholungen Rabatt

Verantwortlich für die Redaktion: Ing. A. HÄRRY, Sekretär  
des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, in ZÜRICH  
Telephon 9718 ······ Telegramm-Adresse: Wasserverband Zürich  
Verlag und Druck der Genossenschaft „Züricher Post“  
Administration in Zürich 1, Peterstrasse 10  
Telephon 3201 ······ Telegramm-Adresse: Wasserwirtschaft Zürich

№ 3/4

ZÜRICH, 10. November 1916

IX. Jahrgang

## Inhaltsverzeichnis:

Die Tiefentemperaturen des Zürich- und Walensees. — Die Versicherung gegen Hochwasserschäden. — Der Dammbruch an der Weissen Desse. — Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband. — Linth-Limmatverband. — Verband Aare-Rheinwerke. — Schifffahrtsverbände. — Wasserkraftausnutzung. — Wasserbau und Flusskorrekturen. — Wasserwirtschaftliche Bundesbeiträge. — Schifffahrt und Kanalbauten. — Geschäftliche Mitteilungen. — Zeitschriftenschau.

### Die Tiefentemperaturen des Zürich- und Walensees.

Von Dr. J. Maurer, Direktor der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt.

Im Jahre 1903 bereits hat die Physikalische Gesellschaft Zürich eine Kommission<sup>1)</sup> bestellt, die eine limnologische Erforschung des Zürich- und Walensees vornehmen sollte. Im Programm des physikalischen Teiles waren insbesondere vorgesehen: Untersuchungen über die Temperatur der Wasseroberfläche und des Tiefenwassers, sowie Beobachtungen über die Gefriervorgänge; dann auch optische Untersuchungen zur Bestimmung der Sichtbarkeitsgrenze (Sichttiefe), Beobachtungen über die Grenze des Eindringens des Lichtes (in welcher Tiefe photochemische Wirkungen noch wahrnehmbar sind), Lichtabsorption des Wassers und dessen Farbenverhältnisse, sowie auch möglichste Feststellung der sehr interessanten „Seiches“.

<sup>1)</sup> Sie setzte sich anfänglich zusammen aus den Herren: Professor Weilenmann (gestorben 1906), Professor Schweitzer und Professor Seiler, denen später noch beitraten Professor Stierlin, Dr. Rothenberger, Sekundarlehrer Michel, sowie Schreiber dieses. Die Messungen wurden grösstenteils ausgeführt von den Herren Schweitzer, Seiler und Stierlin.

Mit dem Jahre 1905 begannen die eigentlichen Messungen. Die Grundlage für eine ausgiebige Bearbeitung bildeten in erster Linie die von genannter Kommission auf 71 Fahrten in den Jahren 1905 bis 1912 ausgeführten thermischen Messungen, die sich im Zürichsee auf vier Stellen, jeweils nahe der See mitte, erstreckten, unbeeinflusst von den oft wesentlich verschiedenen Wassertemperaturen an den flacheren Uferpartien. Die Meßstellen sind auf beigegebener Karte mit P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> und P<sub>4</sub> bezeichnet und verteilen sich ziemlich gleichmässig auf den untern und obern Teil des Sees. (Abbildung 1). Auf dem Walensee wurden dann noch drei Untersuchungsstellen gewählt, mit P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub> und P<sub>7</sub> bezeichnet. Auch diese hatten ungefähr gleiche Abstände von einander, nahe der Seeachse. Im Hinblick darauf, dass durch ein wissenschaftliches Organ unseres städtisch-chemischen Laboratoriums — Herrn Dr. Leo Minder — in den letzten Jahren ebenfalls wertvolle Untersuchungen, teils physikalisch-chemischer, teils biologischer Natur, im Zürichsee ausgeführt worden sind, stellte die Kommission, auf unsern Antrag hin, das nun vorhandene reiche Material vorgenanntem jungen Gelehrten zur Verfügung zwecks gleichzeitiger Verarbeitung mit seinen eigenen Untersuchungen, veröffentlicht demnächst im „Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde“. Auf diese Weise war am ehesten eine möglichst weitgehende Verwertung unserer Beobachtungen für die Zwecke der Seenforschung zu erwarten.

Im Dezember 1905 erging dann an die Zürichsee-Kommission seitens des bekannten Seenforschers Professor Dr. W. Halbfass die Aufforderung, an einer gemeinsam durchgeführten internationalen Seenforschung sich zu beteiligen, die während drei Jahren,

je an acht bestimmten Tagen im Jahr, in allen grössern europäischen Seen synoptisch vorzunehmen waren. Da diese Messungen jedenfalls auch nützliche Resultate über die mittlern Temperatur-Verhältnisse betreffender Seengebiete liefern konnten, sicherte die Zürichseekommission Herrn Professor Halbfass gerne ihre bestmögliche Mithilfe zu. Leider konnten aber diese Messungen nach internationalem Programm aus äusseren Gründen von den Mitgliedern der Kommission nicht immer mit der wünschbaren Regelmässigkeit ausgeführt werden.

Bekanntlich hat schon unser berühmte Saussure mit allerdings noch unvollkommenem Instrumentarium in verschiedenen Schweizerseen thermische Messungen ausgeführt. Wir verweisen auf seine klassischen „Voyages dans les Alpes“ 1796—1804, wo sich in den Bänden I und III schon Tiefentemperaturen vom Genfersee, Neuenburger- und Joux-See, Thuner-, Brienzer-, Luzerner- und Bodensee vorfinden. Jedoch müssen wir (neben Simony) Forel als den ersten bezeichnen, der neben andern ausgezeichneten Seestudien die Thermometrie speziell auf Süswasserseen wissenschaftlich und systematisch im grossen Stil durchführte.

Forel war es auch, der gewisse thermische Charaktere aufstellte zur Einteilung der Seen, die sich durch eine kurze präzise Fassung auszeichneten und praktisch gute Dienste leisteten. Forel hat die Seen vom thermischen Standpunkte aus in tropische, polare und temperierte eingeteilt, je nachdem die Tiefentemperatur stets über  $4^{\circ}$ , stets unter  $4^{\circ}$  liegt oder zwischen beiden Möglichkeiten wechselt. In tropischen Seen, bei denen die Temperatur aller Tiefen immer über  $4^{\circ}$  liegt (oder letztere Stufe gerade erreicht) herrscht stets „Stratification directe“, das heisst die Temperatur nimmt von oben nach unten stetig ab; in polaren Seen herrscht dagegen immer „Stratification inverse“, das heisst umgekehrte Schichtung, wobei wir an der Oberfläche kälteres, nach der Tiefe wärmeres Wasser haben. Die temperierten Seen zeigen bald den Zustand des tropischen, bald den des polaren Sees. Die Wassertemperatur der Oberfläche steht hier in der warmen Jahreszeit über  $4^{\circ}$  C., während sie im Winter unter diese Grösse sinkt. Temperierte Seen haben also bald direkte, bald umgekehrte Schichtung.

Innert kurzer Frist schon schlossen sich den Forel'schen Arbeiten sukzessive eine Reihe weiterer thermischer Untersuchungen der verschiedensten Seengebiete an.<sup>1)</sup> In unserm Zürichsee (unterer Teil)

<sup>1)</sup> Bezüglich der sehr reichhaltigen einschlägigen Literatur verweisen wir auf: „Die Seen“ in der Bibliographie der schweizerischen Landeskunde, Faszikel IV, 3a, 1913, herausgegeben von Dr. H. Walser und Dr. Leon Collet; sowie auf: W. Halbfass „Der gegenwärtige Stand der Seenforschung“ in „Fortschritte der naturwissenschaftl. Forschung“, IX. Band. 1913.

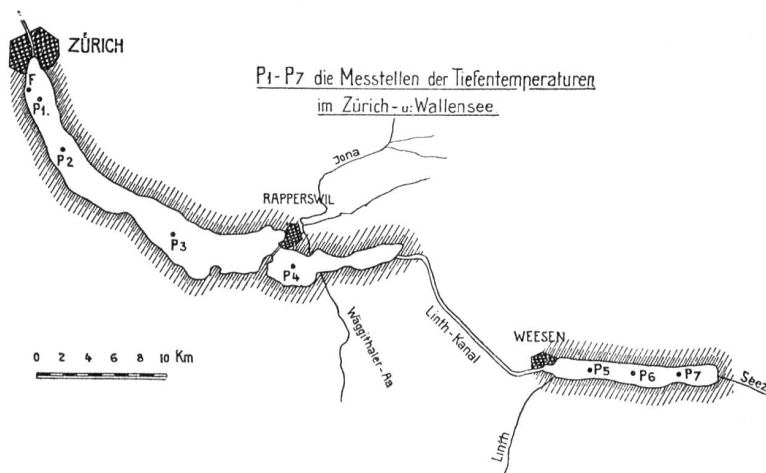


Abbildung 1. Die Tiefentemperaturen des Zürich- und Walensees. Meßstellen.

hat speziell Pfenniger in den 90er Jahren zum erstenmal solche ausgedehntere Messungen ausgeführt. Seine schöne Arbeit, veröffentlicht im IV. Bd. (1902) der „Zeitschrift für Gewässerkunde“, ist leider wenig bekannt geworden; wir möchten an dieser Stelle daher nachdrücklich auf dieselbe hinweisen, zumal auch Pfenniger schon die jährlichen Wärmeschwankungen in Seen in ein übersichtliches Schema zusammengefasst hat. Er unterscheidet:

1. Erwärmung des Wassers von der Temperatur der grössten Dichte zum Jahresmaximum. Das Wasser nimmt stetsfort Wärme auf, ist daher direkt geschichtet und, weil zugleich nach seinem spezifischen Gewicht geordnet, in Ruhe. Pfenniger nennt diesen Zustand Sommerstagnation (Sommerstratifikation).

2. Periode der Abkühlung vom Jahresmaximum bis zur Temperatur des Grundes. Die Oberfläche gibt Wärme ab, das Wasser wird dort spezifisch schwerer und sinkt daher unter bis zu Schichten mit dem gleichen spezifischen Gewichte. Mit der Abkühlung sind also vertikale Wasserströmungen (Konvektionsströmungen) verbunden. Diese Periode heisst Sommerteilzirkulation.

3. Periode der Abkühlung von der erreichten Grundtemperatur bis zur Temperatur der grössten Dichte. Die ganze Wassermasse bis zur grössten Tiefe ist dabei in Bewegung: Herbstvollzirkulation.

4. Periode der Abkühlung von  $4^{\circ}$  C. auf das Jahresminimum. Die Dichte des Wassers nimmt in den obern Schichten wieder ab, die Strömungen kommen zur Ruhe: Winterstagnation (Winterstratifikation). Die Wassermasse befindet sich im Zustande des polaren Sees, also in umgekehrter Schichtung.

5. Erwärmung vom Jahresminimum auf die (höhere) Temperatur des Grundes. Periode der Winter- teilzirkulation.

6. Periode der Erwärmung von der Grundtemperatur auf die Temperatur der grössten Dichte: Frühlingvollzirkulation.

Ist die Temperatur der grössten Dichte erreicht, so beginnt für die Thermik des temperierten Sees

unser Ausgangszustand, die Sommerstagnation, das Charakteristikum des tropischen Sees.

Ein wesentlicher Fortschritt in der Erkenntnis thermischer Eigentümlichkeiten der Seen war die Auffindung der sogenannten „Sprungschicht“ (Thermokline). Heute sind ihre Merkmale jedem Limnologen bekannt; sie ist die Zone rascher Temperaturabnahme auf kurze Tiefendistanz. Die „Sprungschicht“ wurde bald nach ihrer Entdeckung in den verschiedensten Seen gefunden und es zeigte sich auch, dass sie in ein und demselben See in vielgestaltiger Weise zur Ausbildung kommt.<sup>1)</sup>

Die Ursache der „Sprungschicht“ sind zweifellos die vertikalen Konvektionsströmungen im Wasser: die nächtlich (oder durch kaltes Wetter, Wind etc.) abgekühlten Schichten sinken bis zu jener Tiefe hinab, in welcher sie die gleiche Temperatur finden, wobei natürlich Mischung und Temperaturengleich stattfindet. So entsteht im Sommerhalbjahre in den oberflächlichen Schichten eine langsame Temperaturabnahme nach unten bis zur Grenze der vertikalen Konvektionsströmungen. Im Frühling liegt die Sprungschicht nahe der Oberfläche, sinkt dann immer tiefer hinab, bis sich im Spätherbst und Winter der Temperaturengleich bis zum Boden hin erstreckt, wo rund 4° C. gefunden wird.

Im Zürichsee traf Dr. Minder im Jahre 1915 die Sprungschicht an der Seefassungsstelle der Zürcher Trinkwasserversorgung (auf unserer Karte mit F bezeichnet)

Mitte Mai	in	0—7	Meter
Mitte Juni	in	5—10	Meter
Mitte Juli	in	—	Meter
Mitte August	in	7—15	Meter
Mitte September	in	10—15	Meter
Mitte Oktober	in	15—20	Meter
Mitte November	verschwunden.		

Wie schon vorhin bemerkt, wandert die „Sprungschicht“ mit fortschreitender Jahreszeit in die Tiefe. Im allgemeinen dürfen wir sagen: bei typischer Sprungschicht zeigen die Tiefentemperaturen stets folgendes Verhalten: Die Temperatur sinkt zuerst von der Oberfläche her abwärts langsam etwas und zwar bis auf eine bestimmte Tiefe, die je nach der Jahreszeit verschieden ist. Von dieser Tiefe an sinkt sie dann rascher, so dass die Temperaturabnahme pro Meter 1,2 und mehr Grade betragen kann. Nach

<sup>1)</sup> Nach W. Halfass wird die Entdeckung der „Sprungschicht“ zu Unrecht dem bekannten Seenforscher Richter zugeschrieben, während sie vor Richter bereits von J. V. Buchanan in seiner Abhandlung: On the distribution of temperature in Loch Lomond during the autumn of 1885. (Proc. Roy. Soc. Edinburgh, Vol. XIII, 1885) deutlich erkannt worden ist. Noch anschaulicher schildert sie G. F. Fitzgerald: On the temperature at various depths in Lough Derg after sunny weather. Proc. Roy. Soc. of Dublin, new. ser., Vol. V, 1886, welcher auch schon ihre Entstehung ganz treffend angibt und zugleich Kenntnis davon genommen hat, dass die Isothermenflächen in Seen keineswegs Ebenen sind.

unten beginnt dann die Temperaturkurve sich wieder allmählich abzuflachen, das heisst die untere „Sprungschicht“-Grenze kann nicht so bestimmt angegeben werden, wie die obere. Die später mitgeteilten Beobachtungsreihen über die Tiefentemperaturen im Zürich- und Walensee während des jahreszeitlichen Verlaufes werden das obenstehend über die „Sprungschicht“ mitgeteilte noch ausführlicher belegen.

Für die Erwärmung der wenig tieferen Schichten des Seewassers ist offenbar (neben den Konvektionsströmungen) hauptsächlich das direkte Eindringen der Sonnenwärme massgebend, denn die an der Oberfläche erwärmten Wasserschichten können, weil spezifisch leichter, ihre Wärme an die tieferen Schichten nur durch Leitung abgeben und diese erfolgt, wegen des geringen Wärmeleitungsvermögens des Wassers, mit grosser Langsamkeit. Überdies kann die Wärmestrahlung der oberen Wasserschichten gegen die tieferen nur unbedeutend sein, weil deren dunkle Strahlung im Wasser rasch absorbiert wird. Wie weit reicht nun aber das Eindringen der Sonnenwärme? W. Schmidt hat die von verschiedenen Physikern gefundenen Zahlen für das Absorptionsvermögen des Wassers, bezogen auf die einzelnen spektralen Partien, verwendet, um die Gesamtintensität der Sonnenstrahlung zu berechnen, die noch in die verschiedenen Tiefen eindringt. Setzt man die Intensität der Strahlung an der Oberfläche = 1, so ergeben sich für die bezüglichen Tiefen — bei idealem senkrechtem Einfall — folgende relative Intensitäten:

in der Tiefe von:	0,01	0,10	1 mm	1 cm	1 dm	1 m	10 m	100 m
verbleibende Intensität	0,994	0,952	0,859	0,730	0,549	0,358	0,182	0,014

Daraus geht unzweifelhaft hervor, dass bereits in einer Tiefe von wenig über 10 Meter die Intensität der Sonnenstrahlung schon nahe auf  $\frac{1}{10}$  des ursprünglichen Einfallbetrages gesunken ist, wobei der vorher schon reflektierte Anteil gar nicht berücksichtigt wird. Da aber die Sprungschicht im Sommer uns deutlich zeigt, dass die Erwärmung bis zu noch grösseren Tiefen fortschreitet, müssen wohl die vertikalen Konvektionsströmungen die bedeutendere Rolle in der Wärmeökonomie des Wasserbeckens spielen. (Schluss folgt.)



### Die Versicherung gegen Hochwasserschäden.

Von Ing. A. Härry.

Die an oder in der Nähe von fliessenden oder stehenden Gewässern gelegenen Bauten und Einrichtungen, wozu namentlich Wasserkraft- und andere industrielle Anlagen gehören, sind neben der Feuergefahr auch den Gefahren der Beschädigung und Zerstörung durch Überschwemmungen oder Überflutung ausgesetzt.