

Zeitschrift: Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schifffahrt
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 9 (1916-1917)
Heft: 3-4

Artikel: Die Tiefentemperaturen des Zürich- und Walensees
Autor: Maurer, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-920616>

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: 22.02.2026

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

SCHWEIZERISCHE WASSERWIRTSCHAFT



OFFIZIELLES ORGAN DES SCHWEIZER-
ISCHEN 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 „Zürcher Post“
Administration in Zürich 1, Peterstrasse 10
Telephon 3201 Telegramm-Adresse: Wasserwirtschaft Zürich

N^o 3/4

ZÜRICH, 10. November 1916

IX. Jahrgang

Inhaltsverzeichnis:

Die Tiefentemperaturen des Zürich- und Walensees. —
Die Versicherung gegen Hochwasserschäden. — Der Damm-
bruch an der Weissen Desse. — Schweizerischer Wasserwirt-
schaftsverband. — Linth-Limmatverband. — Verband Aare-
Rheinwerke. — Schifffahrtsverbände. — Wasserkraftausnutzung.
— Wasserbau und Flusskorrekturen. — Wasserwirtschaftliche
Bundesbeiträge. — Schifffahrt und Kanalbauten. — Geschäft-
liche Mitteilungen. — Zeitschriftenschau.

Die Tiefentemperaturen des Zürich- und Walensees.

Von Dr. J. Maurer, Direktor der Schweizerischen Meteorolo-
gischen Zentralanstalt.

Im Jahre 1903 bereits hat die Physikalische Ge-
sellschaft Zürich eine Kommission¹⁾ bestellt, die eine
limnologische Erforschung des Zürich- und Walen-
sees vornehmen sollte. Im Programm des physika-
lischen Teiles waren insbesondere vorgesehen: Unter-
suchungen über die Temperatur der Wasseroberfläche
und des Tiefenwassers, sowie Beobachtungen über
die Gefriervorgänge; dann auch optische Unter-
suchungen zur Bestimmung der Sichtbarkeitsgrenze
(Sichttiefe), Beobachtungen über die Grenze des Ein-
dringens des Lichtes (in welcher Tiefe photochemische
Wirkungen noch wahrnehmbar sind), Lichtabsorption
des Wassers und dessen Farbenverhältnisse, sowie
auch möglichste Feststellung der sehr interessanten
„Seiches“.

¹⁾ 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 aus-
geführt von den Herren Schweitzer, Seiler und Stierlin.

Mit dem Jahre 1905 begannen die eigentlichen
Messungen. Die Grundlage für eine ausgiebige Be-
arbeitung 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 wesent-
lich verschiedenen Wassertemperaturen an den fla-
cheren Uferpartien. Die Meßstellen sind auf bei-
gegebener Karte mit P₁, P₂, P₃ und P₄ bezeichnet und
verteilen sich ziemlich gleichmässig auf den untern und
obern Teil des Sees. (Abbildung 1). Auf dem Walen-
see wurden dann noch drei Untersuchungsstellen ge-
wählt, mit P₅, P₆ und P₇ 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 Kom-
mission, auf unsern Antrag hin, das nun vorhandene
reiche Material vorgenanntem jungen Gelehrten zur
Verfügung zwecks gleichzeitiger Verarbeitung mit
seinen eigenen Untersuchungen, veröffentlicht dem-
nächst im „Archiv für Hydrobiologie und Plankton-
kunde“. Auf diese Weise war am ehesten eine mög-
lichst 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 Seenfor-
schung 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 äussern 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 Süsswasserseen 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° , stets unter 4° liegt oder zwischen beiden Möglichkeiten wechselt. In tropischen Seen, bei denen die Temperatur aller Tiefen immer über 4° 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° 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.¹⁾ In unserm Zürichsee (unterer Teil)

¹⁾ 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.

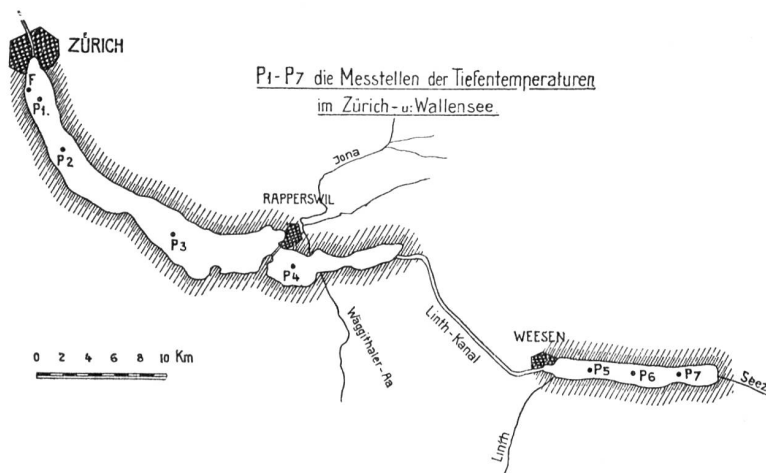


Abbildung 1. Die Tiefentemperaturen des Zürich- und Walensees. Meßstellen.

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° 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: Frühlingsvollzirkulation.

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.¹⁾

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 Temperatúrausgleich 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 Temperatúrausgleich 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

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.

¹⁾ Nach W. Halbfass 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 temp. 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.