

56,1  
53 442 II 56

Sonder-Abdruck aus dem Archiv für Hydrobiologie. 1940.  
Bd. XXXVII. S. 155—162. Ausgegeben am 5. VII. 1940.

53 442 II 56

Arbeiten aus der  
Botanischen Station Hallstatt  
(Salzhammersgut)  
Nr. 56

## Thermik und Sauerstoffverteilung im Hallstätter See.

### A. Die Thermik des Hallstätter Sees.

Sechste Mitteilung.

Die thermischen Besonderheiten des Untersees und die  
Gosaumühlschwelle.

Von **FRIEDRICH MORTON**, Hallstatt.

Aus der Botan. Station in Hallstatt, Nr. 56.

Mit 6 Kurven im Text.

Über die thermischen Besonderheiten des Untersees habe ich bereits im Jahre 1933 an dieser Stelle kurz berichtet<sup>1)</sup>. Seither wurden zahlreiche Sondermessungen durchgeführt. Außerdem liegt ein interessanter Vergleich vom Toba-See in Nordsumatra vor, so daß die merkwürdigen Verhältnisse im Hallstätter Untersee bereits schärfer umrissen werden können.

Der Toba-See<sup>2)</sup> besteht aus einem Nordbecken und einem Südbecken. Das Nordbecken hat ein Areal von 585.5 km<sup>2</sup>, das Südbecken ein solches von 437.8 km<sup>2</sup>. Zwischen den Steilabfällen des Westufers und der großen Insel Samosir bildet das Südbecken einen schmalen Fortsatz, der sich bis auf 300 m verengt und dort nur eine Tiefe von 27 m besitzt, während die Tiefe der beiden Hauptbecken mindestens 387 m, beziehungsweise 433 m beträgt. Durch die eben genannte Schwelle wird ein kleines Wasserbecken, das Pangururan-Becken, von dem übrigen See abgetrennt. Die größte Tiefe dieses Beckens beträgt 97 m; das Areal beträgt 26.3 km<sup>2</sup>. Dementsprechend ist die Temperaturschichtung in diesem Seeteil eine wesentlich andere. Die beiden Hauptbecken besitzen ein 20 m mächtiges Epilimnion und ein Metalimnion, das bis 70 m hinabreicht. Wesentlich anders liegen die Verhältnisse in dem kleinen Pangururan-Becken! Das Epilimnion ist nur

<sup>1)</sup> Thermik und Sauerstoffverteilung im Hallstätter See. A. Die Thermik. Vierte Mitt. Die Thermik des Untersees. (Arch. Hydrobiol. XXVI. 1933. 181—186.)

<sup>2)</sup> F. RUTTNER. Hydrographische und hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und Bali. (Arch. Hydrobiol. Suppl.-Bd. VIII. 1931. 197—454.)

68:5315

10 m mächtig und das Metalimnion reicht nur bis 50 m hinab. Bei 50 m hat dieses Becken eine Temperatur, die draußen erst bei 150 m erreicht wird und die Temperatur bei 90 m ist niedriger als die des Südbeckens in 425 m Tiefe!

Diese merkwürdigen Verhältnisse sind darauf zurückzuführen, daß infolge des nur 27 m tiefen Verbindungskanales nur die oberen Wassermassen miteinander in Verbindung stehen. „Das Pangururan-Becken verhält sich also in thermischer Hinsicht ähnlich wie ein vollständig getrennter See, der, bei sonst gleichen Verhältnissen, sich nur durch die Größe vom Toba-Meer unterscheidet. Dieser Größenunterschied wirkt sich nun in einer Reduzierung des Epilimnions und in einer Verkürzung des Temperaturgefälles im Metalimnion aus“ (RUTTNER, l. c. S. 376). Aus den Temperaturkurven der von RUTTNER auf Java und Sumatra untersuchten Seen geht eindeutig hervor, daß „die Lage der Sprungschicht in hohem Maße vom Oberflächenareal des betreffenden Sees abhängig ist“ (RUTTNER, l. c. S. 407). Becken unter 2 km<sup>2</sup> haben die Sprungschicht zwischen 4 und 8 m; solche mit 100 km<sup>2</sup> zeigen die Schicht zwischen 12 und 15 m und der Toba-Riesensee mit seinen mehr als 1000 km<sup>2</sup> hat die Sprungschicht bei 30 m. Die Temperaturschichtung hat hingegen nichts mit der Tiefe des Gewässers zu tun. Mit Recht bemerkt RUTTNER (S. 408—409), daß die Abhängigkeit der Temperaturverhältnisse eines Sees von seinem Areal vor allem durch die Windströmungen bedingt ist. Über einem großen Becken erreicht der Wind eine größere Geschwindigkeit. „Ferner ist die bewegte Wassermasse größer und daher auch ihre kinetische Energie und die Fähigkeit der Strömungen, in die Tiefe durchzudringen. Endlich werden die Strömungen in kleinen Seen durch die Ufer in weit höherem Maße abgebremst als in großen“ (RUTTNER, l. c.)

Wenden wir uns nun den Verhältnissen im Hallstätter See zu! Dieser See, der einen Flächeninhalt von 8,58 km<sup>2</sup> besitzt, erfährt bei der Gosaumühle durch das weit vorgeschobene Delta des Gosaubaches eine Einengung bis auf 400 m. Diese Einengung stellt zugleich eine Schwelle dar, deren größte Tiefe bei nur 24,6 m gelegen ist. Dadurch wird der Hallstätter See in zwei Becken geschieden, die sich praktisch wie zwei völlig getrennte Seen verhalten. Große Teile dieser Schwelle zeigen aber wesentlich geringere Tiefen. So finden wir, vom Gosaubachdelta die Schwelle gegen das Ostufer des Sees hin verfolgend, noch in 100 m Entfernung vom Ufer nur eine Tiefe von 0,9 m und in 200 m Entfernung wird erst eine Tiefe von 4,7 m erreicht. Dadurch erfolgt also eine außerordentliche Abriegelung beider Seeteile voneinander.



Aber auch der nördliche Seeteil oder Untersee stellt keine einheitliche Wanne dar. Nordwestlich der Schwelle erreicht er seine größte Tiefe mit 44,5 m. Dann aber schiebt sich wieder ein Riegel quer durch den See, der dadurch eine abermalige Unterteilung erfährt. Der tiefste Punkt dieser Schwelle liegt bei 32,2 m. Dann fällt der Seeboden wieder ab und erreicht eine größte Tiefe von 38.8 m.

Dieser Untersee besitzt an nennenswerten Zuflüssen eigentlich nur den Zlambach, der, am Ostfuße des erzführenden Arikogels vorbeikommend, den Untersee in seinem nördlichsten Teile erreicht. Früher kam noch der Gosaubach dazu, der dem See zeitweise ganz bedeutende Wassermengen aus der Gosau zuführte. Durch die Anlage der elektrischen Gosauwerke von Stern und Hafferl wurde diesbezüglich eine wesentliche Änderung herbeigeführt. Das Wasser des vorderen Gosausees, der durch eine Stauung um 15 m zu einem Wasserbehältnis von 11,5 Millionen Kubikmeter wurde, wird durch einen 1462 m langen Stollen zu einer Zentrale im Gosauhintertale geleitet. Das Unterwasser aber fließt in ein Klärbecken bei Klaushof und gelangt von hier durch einen 4855 m langen Stollen unmittelbar zum Wasserschloß nach Steeg. Knapp vor dem Ausrinn, also am Ende des Sees, fließt dieses Wasser wieder in den See. Der Gosaubach ist also nahezu zur Gänze für den See ausgeschaltet.

Von Wichtigkeit für die Beurteilung der Verhältnisse in beiden Seebecken ist auch der Umstand, daß die tiefen Teile im Untersee nur eine verhältnismäßig geringe Fläche einnehmen und ringsherum von seichten Teilen umgeben sind. Die Winde, über die im folgenden einiges mitgeteilt wird, können also hier nur — im Verhältnis zum Obersee — ganz geringe Wassermassen in Bewegung setzen. Der Untersee ist ein ganz anderer See, der eine eigene Welt für sich darstellt!

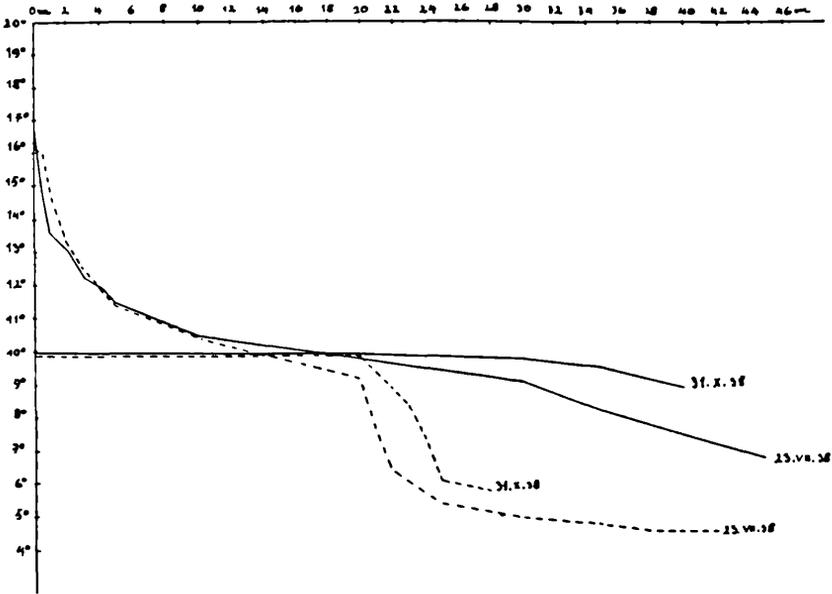
Die thermischen Unterschiede zwischen den beiden Seebecken werden aber in diesem Falle nicht nur durch die Areale bedingt. Im größeren Obersee herrscht eine sehr starke Turbulenz, die auf zwei Ursachen zurückzuführen ist. Der Obersee besitzt einen sehr starken Zufluß. In erster Linie ist zu nennen die Traun, der Waldbach und der Mühlbach. Leider liegen keine Beobachtungen über die Wasserführung vor. Aber nicht nur die Traun, sondern auch die beiden anderen Zuflüsse können ganz bedeutende Wassermengen dem Obersee zuführen. Der Waldbach wird zur Zeit der Schneeschmelze auf dem Dachsteinplateau zu einem reißenden Flusse und sogar der Mühlbach vermag (nach SIMONY) in regenloser Zeit 170 000 hl in 24 Stunden, bei Regen aber das Drei- bis Vierfache und bei Wolkenbrüchen bis 80 hl in der Sekunde zu liefern. Dazu kommen noch die beiden Karstriesen-

quellen: Kessel und Hirschbrunn, die zur Zeit der Schneeschmelze dem See ebenfalls beträchtliche Wassermengen zuführen. Ganz zweifellos wird durch alle diese Zuflüsse im Obersee eine sehr starke Turbulenz hervorgerufen. Diese hat natürlich infolge Austausch eine tief hinabreichende Verteilung der Wärme zur Folge. Die Gosaumühlschwelle verhindert ein Übergreifen der Durchmischung auf den Untersee, der sich deshalb unterhalb 20 m wie ein kleiner, schwach durchströmter See verhält.

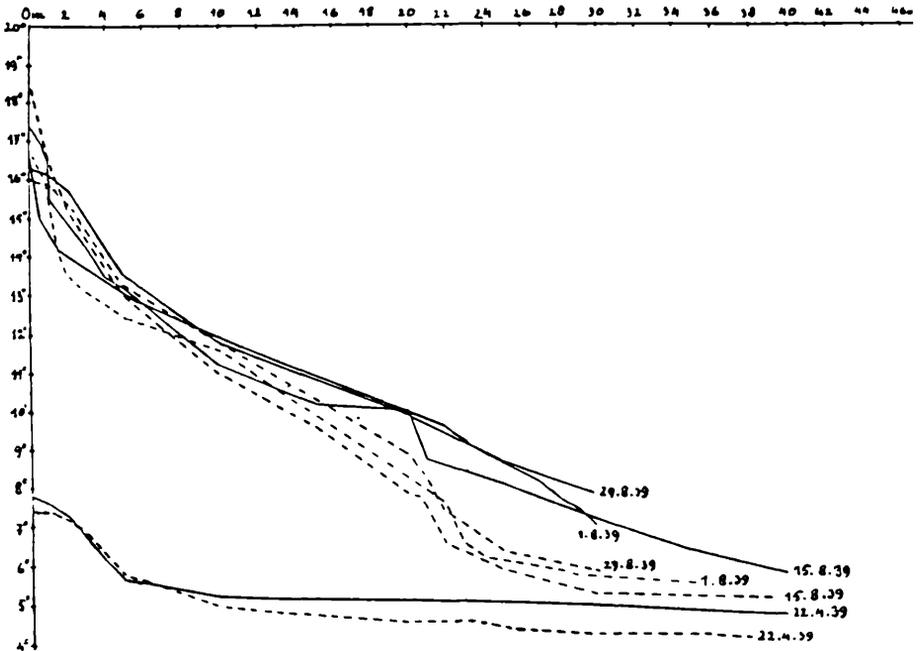
Dazu kommen noch die Windströmungen in den beiden Seebecken. Der Obersee ist Winden mehr ausgesetzt als der Untersee. Mehrere Winde kommen für den Untersee überhaupt nicht in Betracht, so z. B. der Oberwind, ein Ostwind, der im Bereiche des Untersees infolge der Vorlagerung des Saarsteines ausfällt, den Südteil des Obersees aber gewaltig zu durchmischen vermag. Das gleiche gilt für den „Waldbacher“, einen Westwind, der sich aus dem breiten U-förmigen Einschnitt des Echerntales auf den See stürzt. Auch die Nordwinde kommen hauptsächlich im Obersee zur Auswirkung. Außerdem steht den Winden im Obersee ein bedeutend größeres Areal zur Verfügung.

Im folgenden sollen einige gleichzeitige Temperaturbeobachtungen in beiden Seeteilen mitgeteilt werden. Am 23. VII. 1938 wurde je eine Temperaturlotung in der Mitte des Untersees und Obersees vorgenommen (Kurve 1). Der See war in diesem Jahre im Juli noch sehr kalt. Noch am 14. VII. (10 Uhr. Wind 0, Bew. 4<sup>2</sup>, Sicht 4 m) betrug die Oberflächentemperatur des Obersees nur 11,7°. Die Temperatur nahm dann langsam und gleichmäßig ab: 5 m: 10,2°; 10 m: 10,2°; 20 m: 9,6°; 30 m: 9,2°; 35 m: 8,9°; 36 m: 8,9°. Die Sprungschicht war sehr scharf ausgebildet. Sie lag zwischen 36,5 und 36 m. 36 m: 8,9°; 36,5 m: 7,8°. Im Laufe der nächsten Woche wurde der See rasch wärmer. Der Temperaturverlauf in den beiden Seeteilen (Kurve 1) am 23. VII. ist bis zu einer Tiefe von 10 m nahezu derselbe. Während nun der Temperaturabfall im Obersee weiterhin ziemlich gleichmäßig erfolgt und nicht als steil zu bezeichnen ist, ist der Abfall im Untersee zwischen 10 und 20 m bereits steiler und wird zwischen 20 und 25 m sehr steil. Die Temperatur bei 25 m im Untersee wird im Obersee erst bei 65 m erreicht und die Temperatur bei 38 m erst in einer Tiefe von 70 m.

Sehr bezeichnend sind auch die Verhältnisse am 31. X. 1938 (Kurve 1). In beiden Seeteilen herrscht bis zur 20-m-Schichte Homothermie. Gleich unterhalb der 20-m-Schichte — die Gosaumühlschwelle ist im Durchschnitt 20 m tief — nehmen beide Kurven einen gänzlich verschiedenen Verlauf. Der Temperaturablauf im Obersee ist ein sehr gleichmäßiger und langsamer. Im Untersee ist der Abfall ein sehr rascher und steiler.



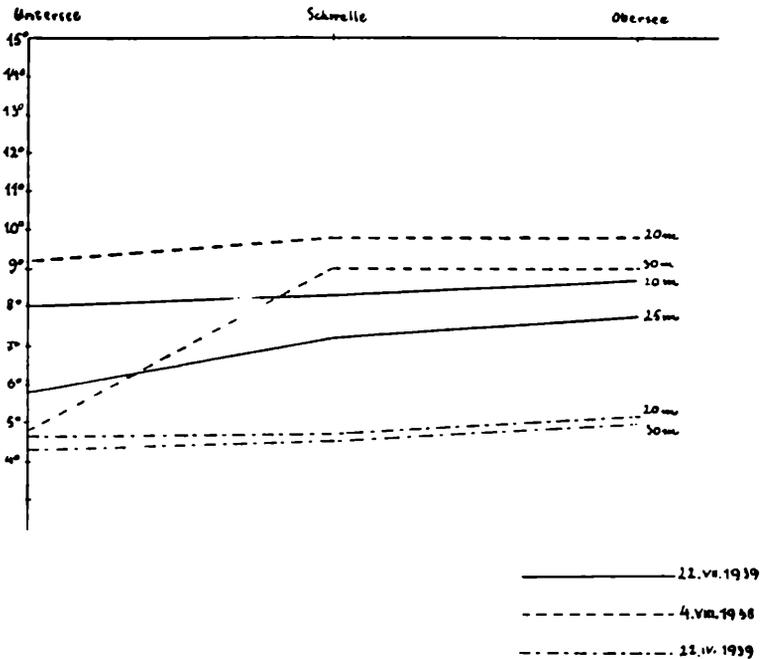
Kurve 1. Temperaturkurven im Ober- und Untersee 1938 (gleichzeitige Messungen).  
 ——— Obersee; - - - - Untersee.



Kurve 2. Temperaturkurven im Ober- und Untersee 1939 (gleichzeitige Messungen).  
 ——— Obersee; - - - - Untersee.

Zwischen 20 und 25 m fällt die Temperatur von 9,98 auf 6,2°, also um 3,78°.

Auf der Kurve 2 sind die Verhältnisse im Jahre 1939 dargestellt. Bereits im Monat April beginnen sich die Verschiedenheiten zwischen beiden Seen auszubilden. Bis zu einer Tiefe von 5 m stimmen beide Becken nahezu ganz überein. Der Temperaturabfall im Obersee zwischen 5 m und 10 m beträgt 0,45°, der im Untersee aber 0,80°. Die tieferen Schichten haben nahezu Homothermie. Der Temperaturabfall von 10 m auf 40 m beträgt nur 0,45°. Beim Untersee aber macht der entsprechende Wert bereits 0,6° aus. Die Temperaturen der Schwelle sind im allgemeinen immer um einen kleinen Betrag niedriger als die

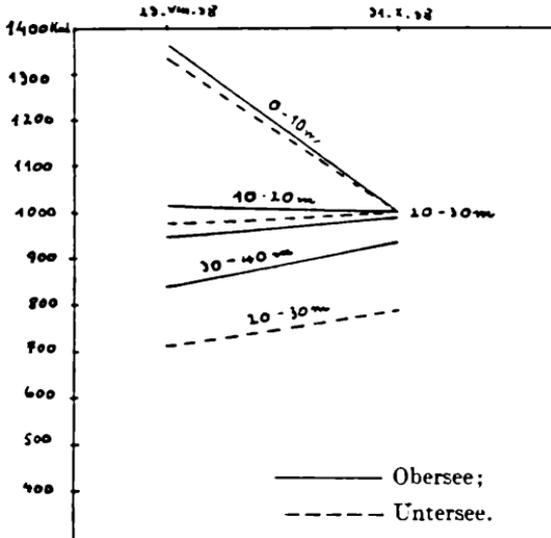


Kurve 3. Temperaturen der 20-m-, 25-m- und 30-m-Schichte über der Gosau-mühlschwelle und je 200 m nördlich dieser (Untersee) und südlich dieser (Obersee).

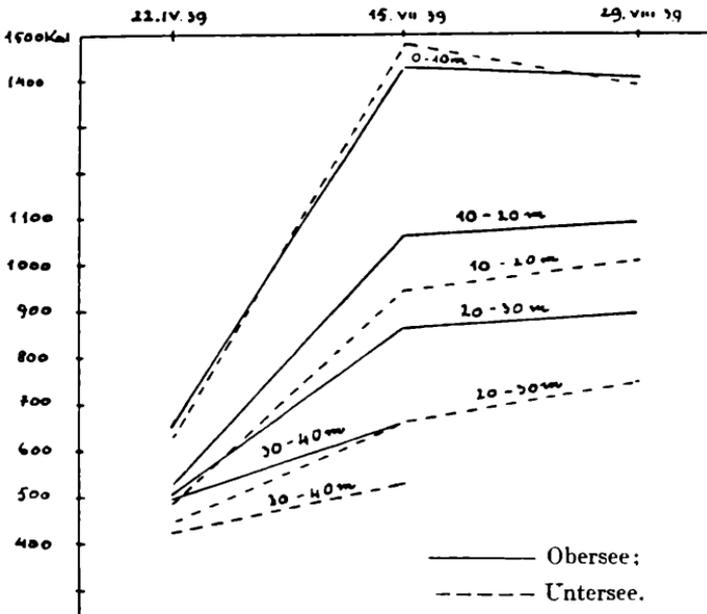
Temperaturen des Obersees. Während am 22. IV. (9—10 Uhr; Wind SO 3) der Obersee bei 10 m 5,25°, bei 15 m 5,20°, bei 20 m 5,15° und bei 25 m 5,08° aufwies, betragen die Temperaturen für die entsprechenden Tiefen über der Schwelle 5,1°, 4,9°, 4,7° und 4,5°. Die entsprechenden Temperaturen für den Untersee betragen: 5,00°, 4,80°, 4,65°, 4,45°. Auf Kurve 3 sind die diesbezüglichen Verhältnisse für drei Tage zusammengestellt. Besonders scharf sind die Unterschiede am 22. VII. ausgeprägt. Der Obersee hatte bei 20 m 8,70°, bei 25 m 7,80°; die

Schwelle hatte bei 20 m 8,30° und 7,20° und der Untersee 8,00° und 5,80°.

Für die Jahre 1938 und 1939 wurden die Kaloriengehalte für Wassersäulen von je 10 m Höhe und einem Querschnitt von 100 cm<sup>2</sup> berechnet und in Kurven zusammengestellt (Kurven 4 u. 5). Während die Kaloriengehalte für die Schichte von 0—10 m nahezu vollkommen



Kurve 4. Jahr 1938. Kaloriengehalte der 10-m-Schichten im Unter- und Obersee.

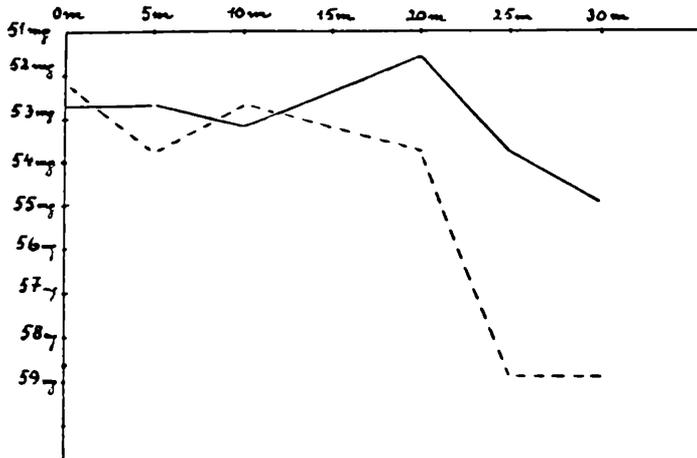


Kurve 5. Jahr 1939. Kaloriengehalte der 10-m-Schichten im Unter- und Obersee.

## 162 Friedrich Morton, Thermik und Sauerstoffverteilung im Hallstätter See. A.

übereinstimmen, tritt bei der Schichte von 10—20 m, insbesondere aber für die Schichte von 20—30 m, der große Unterschied deutlich hervor.

Am 29. VIII. 1939 wurde eine Alkalinitätsbestimmung im Obersee und Untersee durchgeführt. Die Wasserproben wurden gleichzeitig in den beiden Seeteilen mit der RUTNER'schen Schöpfflasche entnommen. Je 50 ccm Seewasser wurden mit 2 Tropfen Methylorange versetzt und hierauf mit  $\frac{1}{10}$  n HCl bis zum ersten erkennbaren Farbenumschlag titriert. Die so gewonnenen Alkalinitätszahlen ergeben, mit 2 multipliziert, die Anzahl ccm Normal-Salzsäure, die notwendig ist, um die



Kurve 6. Kurven des CaO-Gehaltes in mg/L für den Ober- und Untersee am 29. VIII. 1939. ——— Obersee; - - - - Untersee.

in 1000 ccm Wasser enthaltenen Karbonate und Bikarbonate in Chloride umzuwandeln. Werden diese Zahlen dann mit 28,04 multipliziert, so erhalten wir die Anzahl der Milligramme CaO im Liter. Die Kurven zeigen, daß der Bikarbonatgehalt im Hypolimnion ansteigt, wie dies ja in temperierten Seen die Regel ist. Der Gehalt an Bikarbonaten steigt jedoch im Untersee viel rascher und stärker an und erreicht bei 30 m Werte, die im Obersee erst in größten Tiefen erreicht werden. Der Obersee wies am 29. VIII. bei 30 m 54,9584 mg/Liter auf, während der entsprechende Wert für den Untersee 58,884 mg/Liter beträgt. Zwischen 0 und 15 m sind die Werte in beiden Seehälften nahezu gleich. Der steilste Anstieg erfolgt im Untersee zwischen 20 und 25 m, also in jener Schichte, innerhalb der auch der große Temperaturabfall erfolgt.





## Thermik und Sauerstoffverteilung im Hallstätter See.

### A. Die Thermik des Hallstätter Sees.

Achte Mitteilung.

Übersicht über die Thermik in den Jahren 1928—1938.

Von FRIEDRICH MORTON, Hallstatt.

(Aus der Botan. Station in Hallstatt, Nr. 57.)

Mit 4 Kurvenabbildungen auf 1 Beilage.

R 797

Zur Erfassung der thermischen Verhältnisse des Obersees in den Jahren 1928—1938 wurde zunächst auf Grund sämtlicher Temperaturlotungen das Monatsmittel der Kaloriengehalte für die 10-m-Schichten berechnet. Die Wassersäulen haben eine Höhe von 10 m bei einem Querschnitte von 1 qdm, umfassen also jeweils 100 Liter. Auf Grund dieser Tabelle, die 1320 Kalorienwerte umfaßt, wurden für die Monate April bis Dezember die monatlichen Kalorienüberschüsse berechnet. Es wurde also der Wärmegewinn berechnet, der für die betreffenden Schichten seit der Frühjahrshomothermie festgestellt werden konnte. Es wurde dabei die oberste 10-m-Schicht nicht mit einbezogen, obzwar über diese genau so viele Beobachtungen vorliegen. Dieselbe ist jedoch, wie bereits RUTTNER betonte, zu sehr den „augenblicklichen meteorologischen Verhältnissen“ unterworfen (RUTTNER, Limnologische Studien an einigen Seen der Ostalpen. Archiv. 32. 1937. S. 204). Ebenso wurde nicht über die Tiefe von 50 m hinabgegangen, obzwar die Lotungen bis zur Tiefe von 100 m regelmäßig durchgeführt werden. Die sommerliche Erwärmung spielt sich hauptsächlich in diesen Schichten ab. Die Zusammenstellung in Tabellen und in Kurven gibt ein gutes Bild über die thermischen Verhältnisse des Sees und über die Stärke des Austausches bzw. über die Turbulenz im See.

Es ist bereits bekannt, daß die Turbulenz des Hallstätter Sees eine sehr große ist. Darauf wies schon RUTTNER in obiger Arbeit hin.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten aus der Botanischen Station in Hallstatt](#)

Jahr/Year: 1940

Band/Volume: [056](#)

Autor(en)/Author(s): Morton Friedrich

Artikel/Article: [Thermik und Sauerstoffverteilung im Hallstätter See. A. Die Thermik des Hallstätter Sees. Sechste Mitteilung. Die thermischen Besonderheiten des Untersees und die Gosaumühlschwelle, \(Aus der Botan. Station in Hallstatt N. 56\), Archiv für Hydrobiologie 1940 Bd. XXXVII S. 155-162 1-9](#)