

*Überreicht vom Verfasser*

## Die Thermik des Hallstätter Sees im Jahre 1941.

Von

Regierungsrat Dr. Friedrich Morton, Hallstatt.

Mit 5 Textfiguren.

Die außergewöhnlichen Witterungsverhältnisse der letzten Jahre im Salzkammergut hatten auch eine besondere Thermik des Sees zur Folge. Die thermischen Verhältnisse des Hallstätter Sees werden seit zwanzig Jahren verfolgt und sind in einer Reihe von Arbeiten niedergelegt, die alle im „Archiv für Hydrobiologie“ erschienen.

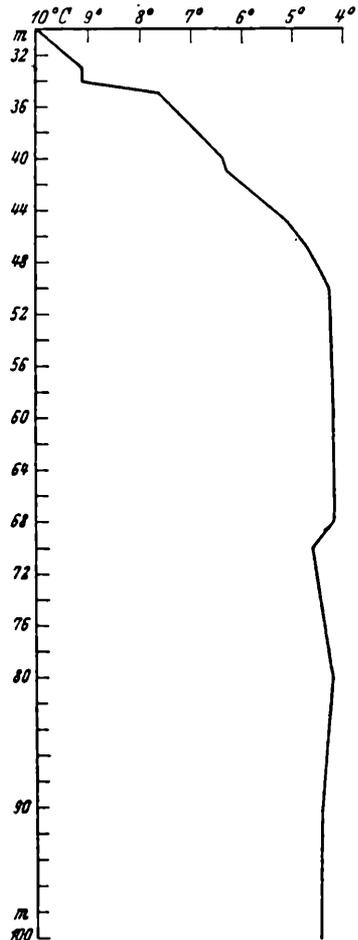
Um die besonderen Verhältnisse des Jahres 1941 zu veranschaulichen, wurde zunächst der Wärmegewinn der Schichten von 10 bis 50 m und 50—80 m errechnet. In meiner Arbeit „Thermik und Sauerstoffverteilung im Hallstätter See. Achte Mitteilung. Übersicht über die Thermik in den Jahren 1928—1938“ (Archiv, XXXVIII, S. 295 bis 298) ist der Wärmegewinn für obige Zeitspanne auch graphisch dargestellt. Ich habe nun die für das Jahr 1941 errechneten Werte der Schichte von 10—50 m den Mittelwerten von 1928—1939 gegenübergestellt. Dabei zeigte sich folgendes: Der See war bis zum Mai (einschließlich) außergewöhnlich kalt. Noch im April war ein Kaloriendefizit von 74 und im Mai gar ein solches von 180 Kalorien zu beobachten! Ich führe hier zwei diesbezügliche Lotungen an. Lotung vom 24. April 1941: 0 m: 7.8° C; 1 m 5.7; 2 m: 5.1; 5 m: 4.9; 10 m: 4.7; 20 m: 4.6; 30 m: 4.4; 40 m: 4.3; 50 m: 4.2; 60 m: 4.0; 70 m: 3.95; 80 m: 3.95; 90 m: 3.95; 100 m: 3.95. Lotung vom 23. Mai 1941: 0 m: 11.2; 1 m: 9.5; 5 m: 7.5; 10 m: 7.0; 15 m: 6.2; 20 m: 5.8; 30 m: 6.2; 40 m: 5.4; 50 m: 4.6; 60 m: 4.5; 70 m: 4.3; 80 m: 4.1; 90 m: 4.0; 100 m: 4.0.

Erst im Monat Juli hat eine stärkere Erwärmung des Sees stattgefunden. Der Wärmegewinn zeigt gegenüber dem Elfjahresdurchschnitt bereits ein Plus von 237 Kalorien auf. Auch die folgenden Monate zeigen ein Plus gegenüber dem Durchschnitt. Schon Ruttner („Limnologische Studien an einigen Seen der Ostalpen“, Archiv

für Hydrobiologie, 1937, S. 206ff.) hob hervor, daß unter den von ihm untersuchten Salzkammergutseen der Hallstätter See und der Traunsee in bezug auf den Wärmegewinn obenan stehen, während die nächste Gruppe von Seen (Wolfgangsee, Fuschlsee, Grundlsee, Mondsee und Attersee) erst in einem größeren Abstände folgt. Die ersten zwei Seen zeigen (nach Ruttner) Wärmegewinne von 1600 bis 1800 Kalorien, während die fünf Seen der zweiten Gruppe Werte zwischen 1200 und 900 Kalorien aufweisen. Der Hallstätter See zeigte im Jahre 1941 in der Schichte zwischen 10 und 50 m im Juni einen Wärmegewinn von 1306 Kalorien, im Juli einen solchen von 1747, im August einen Gewinn von 1843 Kalorien und erreichte den Höchstwert im September mit 1914 Kalorien. Selbst der September wies noch einen solchen von 1864 Kalorien auf. In meiner Arbeit über die Thermik in den Jahren 1928—1938 habe ich auf den entscheidenden Einfluß der großen Turbulenz beziehungsweise der starken Durchflutung des Sees hingewiesen. Das Verhältnis zwischen dem Einzugsgebiet des Hallstätter Sees und seinem Oberflächenareal beträgt 75.

Sehr merkwürdige Temperaturverhältnisse stellten sich in der Mitte des Monats August ein! Erstmals wurden sie bei der Lotung vom 14. August

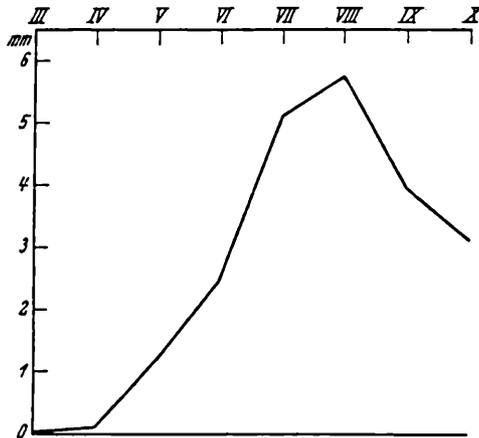
festgestellt. Zwischen 30 m und 35 m befindet sich die untere Sprungschichte. Sie ist an normaler Stelle. Einer Temperatur von 10.0° bei 30 m steht eine solche von 7.65° bei 35 m gegenüber. Bei 45 m ist die Temperatur bereits auffallend niedriger. Sie beträgt 5.1°. Dann erfolgt ein bisher noch nie beobachteter Abfall! Bei 50 m sind



Hallstätter See. Temperaturgang am 14. 8. 41 zwischen 30 und 100 m.

Einer Temperatur von 10.0° bei 30 m steht eine solche von 7.65° bei 35 m gegenüber. Bei 45 m ist die Temperatur bereits auffallend niedriger. Sie beträgt 5.1°. Dann erfolgt ein bisher noch nie beobachteter Abfall! Bei 50 m sind

nur mehr  $4.3^{\circ}$  feststellbar. Die Temperatur sinkt dann noch weiter und erreicht bei 60 m Tiefe das Minimum von  $4.2^{\circ}$ . Diese Temperatur wird dann bis 68 m beibehalten. Dann erfolgt wieder ein Ansteigen. Bei 69 m hat das Wasser wieder  $4.4^{\circ}$  und bei 70 m die ganz abnorme Höhe von  $4.6^{\circ}$ . Hierauf erfolgt ein abermaliges Sinken bis auf 80 m, wo  $4.2^{\circ}$  gemessen werden. Schließlich steigt die Temperatur auf  $4.4^{\circ}$  an und hält diesen Wert bei 90 und 100 m bei. Ähnliche Verhältnisse herrschen am 21. August. Bis 40 m Tiefe sind die Temperaturen fast dieselben wie bei der vorangegangenen Messung. 30 m:  $9.65^{\circ}$ ; 35 m:  $8.2^{\circ}$ ; 40 m:  $6.5$ . Bei 50 m ist der See wesentlich wärmer. Er hat hier

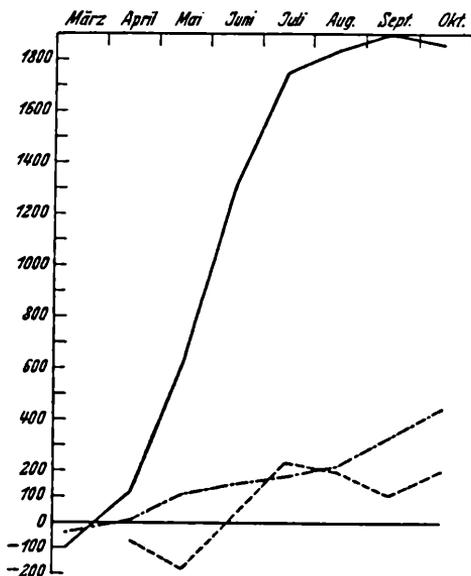


Hallstätter See. Verschiebung des Schwerpunktes vom März bis Oktober 1941 gegenüber der indifferenten Lage. 0,1 mm Schwerpunktverschiebung entsprechen 2 mm der Zeichnung.

$5.9^{\circ}$ . Bei 55 m hat er  $4.9$ , bei 60 m  $4.4$ . Bei 65 m ist die Temperatur wieder auf  $4.2^{\circ}$  gesunken. Dieser Wert bleibt bis 68 m. Bei 69 m ist das geringfügige Ansteigen auf  $4.25$  zu beobachten. Bei 70 m finden wir wieder eine außergewöhnlich hohe Temperatur:  $4.5^{\circ}$ . Bei 75 m sind es sogar  $4.7^{\circ}$ . Dann erfolgt wieder ein Absinken. Bei 80 m:  $4.2^{\circ}$ . Bei 90 m und 100 m herrscht wieder die Temperatur von  $4.0^{\circ}$ .

Beide Temperaturgänge sind in Kurven dargestellt. Interessant sind weiter die Verhältnisse am 3. September. An der Oberfläche ist der See bereits auf  $11.8^{\circ}$  abgekühlt. Bei 10 m beträgt die Temperatur  $10.4$ . Bei 20 m:  $10.0$ ; 30 m:  $9.8$ ; 35 m:  $9.2$ . Die Sprungschicht ist bereits nach abwärts gewandert. Sie liegt zwischen 35 m und 40 m. 40 m:

7.8. Bei 45 m hat der See 6.0; bei 50 m 4.8. Bei 55 m ist die Temperatur auf 4.4 gesunken. Bei 60 m hat das Wasser nur mehr 4.2° und bei 70 m nur 4.1°. Bei 80 m sind wieder 4.2° zu verzeichnen. Dann steigt die Temperatur wieder an, erreicht bei 90 m 4.4° und behält diesen Wert auch bei 100 m. Am 20. September wurde auch eine Lotung durchgeführt. Erstmals war die abnorme Schichtung nicht mehr zu beobachten. Die wichtigsten Temperaturen waren: 0 m: 12.4; 5 m: 10; 10 m: 9.8; 20 m: 9.6; 30 m: 9.4; 40 m: 8.9; 50 m: 4.8; 60 m: 4.4; 70 m 4.4; 80 m: 4.25; 90 m: 4.25; 100 m: 4.25.



Hallstätter See. Wärmegewinn der Schichten: 10-50 m im Jahre 1941 in Kalorien. — Schichte 10-50 m; - - - Schichte 50-80 m; - · - · Abweichung gegenüber dem Mittel der Jahre 1928-38.

Die komplizierten Verhältnisse vom 14. August beziehungsweise der ganzen zweiten Augushälfte und der ersten Septembertage sind sehr schwer zu deuten. Die Temperatur fällt gleichmäßig bis 68 m ab (14. August). Dann erfolgt ein gleichmäßiges Ansteigen bis zu einem Maximum bei 70 m und darauf ein ganz langsames Sinken der Temperatur bis auf 80 m, worauf ein abermaliges Ansteigen bis zur 90-m-Schichte zu beobachten ist. Diese Temperatur wird dann bis zum Grunde beibehalten. Diese Verhältnisse können nicht in Zusammenhang gebracht werden mit der Tatsache, daß der Hallstätter See in

seinen tiefsten Teilen meromiktisch ist. In jenem Teile des Seebeckens, das zwischen dem Wehrgraben und dem Hundsort gelegen ist, finden sich Tiefen von 110 bis 120 m, und in der Nähe der Eisenbahnbrücke beim Wehrgraben wird sogar die Tiefe von 125 m erreicht. Es besteht kein Zweifel, daß der Hallstätter See in diesen tiefsten Teilen meromiktisch ist. Es ist ziemlich wahrscheinlich, daß der holomiktische Kreislauf die Schichten bis 100 m hinab umfaßt. Die Dauerstagnation ist, wie Ruttner und ich feststellten, auch durch besonders hohen

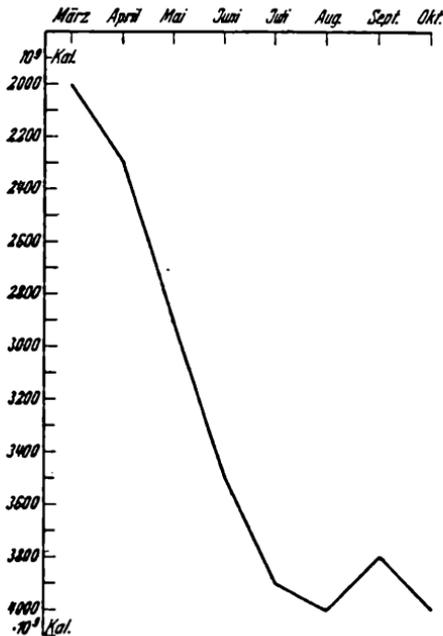


Hallstätter See. Temperaturgang am 14. 8. (—) und am 21. 8. 41 (- - - -).

Gehalt an verschiedenen Abbaustoffen gekennzeichnet. Ruttner (1937, S. 219) spricht die Vermutung aus, daß es auch im Hallstätter See keine absolute Dauerstagnation gibt. Ich möchte aber dabei das tiefste Loch zwischen 120 m und 125 m ausnehmen.

In unserem Falle können Quellen als Ursache für die merkwürdigen Temperaturverhältnisse nicht herangezogen werden. Einerseits handelt es sich fast um 20 m umfassende Schichten, also um sehr große Wassermassen, die durch Quellen nicht bereitgestellt beziehungsweise beeinflußt werden können, andererseits sind Quellen mit so tiefen

Temperaturen nicht bekannt. Es ist natürlich rein theoretisch denkbar, daß Quellwasser — es sind viele Fälle bekannt, in denen bedeutende Änderungen im subterranean Wasserbetrieb plötzlich eintraten — in die betreffenden Seeschichten eintrat und infolge der durch Konzentrationsunterschiede gegebenen erhöhten Stabilität und des Ausbleibens durchgreifender Schichtungen unverändert erhalten blieb. Da die in Frage kommenden Schichten nicht unmittelbar über dem Seeboden liegen, kann ein Wärmeaustausch mit dem Boden nicht



Hallstätter See. Monatsmittel der Kaloriengehalte des ganzen Sees.  
10 mm der Zeichnung entsprechen  $100 \cdot 10^9$  Kalorien.

in Betracht kommen. Überhaupt darf wohl diesem Wärmeaustausche keine übergroße Bedeutung zugeschrieben werden. Schon Ruttner betont mit vollem Rechte, daß ein Austausch durch bloße Wärmeleitung sehr langsam vor sich geht.

Der Gehalt des Wassers an gelösten beziehungsweise suspendierten Stoffen kann natürlich Dichteunterschiede, die thermisch gegeben sind, ausgleichen. So führte beispielsweise der Waldbach im Jahre 1940 nach einem großen Erdbeben ganz bedeutende Mengen von

Hallstätter See 1941. Monatsmittel des Kaloriengehaltes, der Stabilität und Schwerpunktsverschiebung.

	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	10.XI.
Ges. Kaloriengeh. in 10 <sup>9</sup> kg Kal.	2032	2336	2884	3482	3882	4029	3796	4012	3300
Stabilität in 10 <sup>9</sup> m/kg	24	64	665	1531	2917	3200	2212	1752	616
Schwerpunkts- verschiebung	0.0429	0.1124	1.1940	2.4694	5.1694	5.7200	3.9590	3.1314	1.1011

Trockensubstanz mit sich. (Vergleiche meine Arbeit: „Quellen in Hallstatt und deren Pflanzengesellschaften.“, Dritte Mitteilung. Archiv für Hydrobiologie.) Die Menge der Trockensubstanz betrug anfangs 4000 mg/L und sank erst nach mehreren Tagen auf 2200 mg. Ein Teil blieb in Suspension und konnte von Dr. Berger erst durch 20 Minuten Zentrifugieren (bei 3000 Touren) abgeschieden werden. Dieser Erdrutsch hatte auch im Jahre 1941 eine Fortsetzung, so daß bei der außerordentlich starken Wasserführung des Waldbaches zu dieser Zeit ganz bedeutende Wassermengen, die verhältnismäßig schwer waren, durch Kompensation ihres durch die Temperatur gegebenen Dichteunterschiedes tief absinken konnten. Es ist also denkbar, daß sich das verhältnismäßig warme Waldbachwasser (5–6°) unter kälteres Wasser in der Tiefe einschichtete.

Leider war es mir infolge einer Notgrabung nicht möglich, entsprechende chemische Analysen vorzunehmen. Da aber die Schichtungsverhältnisse der zweiten Augushälfte und der ersten Septembertage auf eine normale Schichtung folgten und sogar die Lotung vom 3. August sich völlig in das gewohnte Bild einfügte, so wird doch wohl die Annahme gerechtfertigt erscheinen, daß irgendein außergewöhnliches Ereignis zu dieser Abnormität führte. Die Feststellung dieser erfolgte durch zwei unabhängig voneinander messende Beobachter mit zwei verschiedenen Ruttnerschen Schöpfflaschen.

Außer dem Kaloriengehalte der 10-m-Schichten und der Feststellung des gesamten Kaloriengehaltes des Sees wurde die Stabilität des Sees und die Schwerpunktsverschiebung berechnet. (Vergl. diesbezüglich die Beschreibung des Arbeitsganges in meiner Arbeit „Thermik und Sauerstoffverteilung im Hallstätter See“. Dritte Mitteilung. Wärmegehalt, Stabilität und Schwerpunktsverschiebungen in den Jahren 1928–1930. (Archiv für Hydrobiologie, XXIV, S. 509–517.)

#### Literatur über Inversionen.

- Findenegg, Ingo**, Alpenseen ohne Vollzirkulation. (Int. Rev. Hydrobiol. 1933, Bd. 28, S. 295–311.)
- Findenegg, Ingo**, Umschichtungsvorgänge im Millstätter- und Weißensee in Kärnten. (Ebenda 1934.)
- Findenegg, Ingo**, Die Entstehung sommerlicher Temperaturinversionen in Ostalpen-Seen. (Bioklimatische Beiblätter, Heft 4, 1934, S. 160–165.)
- Ruttner, Franz**, Untersuchungen über die biochemische Schichtung in einigen Seen der Ostalpen. (Geograph. Jahresber. aus Österr. 19.)
- Ruttner, Franz**, Limnologische Studien an einigen Seen der Ostalpen. (Arch. Hydrobiol., XXXII, S. 167–319. 1937.)
- Schmidt, W.**, Ein Jahr Temperaturmessungen in 17 österreichischen Alpenseen. (Sitzungsber. d. Ak. d. Wiss. Wien, math.-natw. Klasse, Abt. IIa.)
- Ferner verschiedene in obigen Arbeiten enthaltene Literaturangaben.

# 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: 1943

Band/Volume: [065](#)

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

Artikel/Article: [Die Thermik des Hallstätter Sees im Jahre 1941, \(Aus der Bot. Station in Hallstatt, N. 65\), Aus: "Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie", 43, 198-205, 1943 1-7](#)