

Thermik und Sauerstoffverteilung im Hallstätter See.

Von Reg.-Rat Dr. FRIEDRICH MORTON, Hallstatt.

(Aus der Botan. Station in Hallstatt, Nr. 28.)

A. Die Thermik des Hallstätter Sees.

Mit 5 Textabbildungen und XIV Tabellen.

Die Thermik des südlichen Seeteiles oder Obersees.

In den letzten Bänden des „Archives“ wurden bereits mehrere Abhandlungen über die thermischen Verhältnisse des Sees veröffentlicht. Im Jahre 1929 und 1930 wurden diese in erweitertem Maßstabe fortgesetzt, sodaß nunmehr die Thermik des südlichen, tieferen Seeteiles im Hauptverlaufe als geklärt zu betrachten ist. Einer zweiten Arbeit bleiben die thermischen Verhältnisse des Untersees vorbehalten.

Die wichtigsten Angaben über Morphometrie seien (nach MÜLLNER's Arbeit [37]¹⁾ vorausgeschickt. Der Hallstätter See, Sack- und Talsee zugleich, hat seinen Spiegel bei 508 m. Größte Länge: 8,2 km. Größte Breite: 2,1 km. Größte Einengung (im Untersee): auf 300 m. Zweitgrößte Einengung (durch den Gosaubach): auf 400 m. Mittlere Breite: 1,05 km. Flächeninhalt: 8,58 km². Größte Tiefe: 125,2 m. Diese befindet sich zwischen dem Wehrgraben und Hundsort und umfaßt ein Areal von 0,22 km². Dieses Gebiet ist wegen der Tiefentemperaturen, der Sauerstoffverteilung und auch wegen der in größter Tiefe lebenden Copepoden sehr interessant. Der südliche Seeteil ist größtenteils von Steilufern umschlossen. Besondere Ausnahmen machen das Südufer beim Hirschbrunnenquellbezirk, ferner das Ufer in der Lahn, die Bucht in Winkl, sowie das Ostufer gegen Obertraun überhaupt und die Platte zwischen Grubkreuz und Eisenbahnhaltestelle. Doch finden wir sowohl beim Kreuz einen Steilabfall als auch bei der Platte

¹⁾ Die in Klammern stehenden Zahlen beziehen sich auf die fortlaufend nummerierten Arbeiten des Literaturverzeichnisses, das dem in Kürze folgenden Teile B „Die Sauerstoffverteilung im Hallstätter See“ beigegeben wird.

einen Absturz auf 120 m. Ebenso sind Steilabfälle beim Wehrgraben und am Westufer zwischen dem Markte und der Gosaumühle. Die mittlere Tiefe beträgt 64,88 m = 51,8 % der größten Tiefe. Die Wanne des Hallstätter Sees gliedert sich in drei Teile. Einen obersten, eine Schichte von 30 m umfassenden, mit einem mittleren Gefälle, 42,6 % der Gesamtfläche ausmachend. Einen mittleren Teil, einer Schichte von 40 m entsprechend, mit steilen Neigungswinkeln, 13,6 % der Seefläche ausmachend. Schließlich die Schichte bis zum Grunde, 43,8 % der Seefläche ausmachend. Von dem Gesamtvolumen des Sees mit 556 700 000 m³ entfallen 51,77 % auf die oberste, 37,52 % auf die mittlere und 10,71 % auf die unterste Schichte.

Wenn wir die von THIENEMANN (62) aufgestellten Formeln benutzen, so erhalten wir:

$$\text{Mittlere Tiefe des Sees} \left(= \frac{\text{Seevolumen}}{\text{Seeoberfläche}} \right) = \frac{556\,700\,006 \text{ m}^3}{8\,580\,000 \text{ m}^2} = 64,08$$

$$\text{Vol. } \frac{H}{E} = \frac{\text{Vol. der Schicht 10 m bis Seegrund}}{\text{Vol. der 0—10 m-Schicht}} = \frac{480}{76} = 6,3.$$

Das Volumen H ist (wesentlich) größer als das Volumen E. Dies entspricht dem oligotrophen Seetypus. Die mittlere Tiefe entspricht ebenfalls dem oligotrophen See. bis herab zu einer mittleren Tiefe von etwa 18 m sind unsere Seen oligotroph, ...“.
[THIENEMANN, l. c. S. (88)—(89).]

Der Wasserstand zeigt einen Hochstand im Mai (Hochwassermonat), fällt hierauf im Juni und Juli und hat im August einen zweiten, kürzer währenden Hochstand. Mit Recht sagt MÜLLNER (l. c. S. 61), daß der Hallstätter See „... vermöge der Kleinheit seines Einzugsgebietes viel stärker von den Hochwässern seiner Zuflüsse beeinflußt wird, als der Gmundner See.“ Die größte Beeinflussung der Thermik des Hallstätter Sees durch Hochwasser wird von mir im ersten Kapitel ausführlich untersucht.

Besondere Erwähnung verdient der Hochstand des Sees am 22. und 23. August 1887. Der See stieg am 22. August um 88 cm. Am Morgen des 23. wurde ein Pegelstand von + 73, am Abend ein solcher von + 51 vermerkt.

Ähnlich wie der Traunsee (= Gmundner See) füllt sich der Hallstätter See vom März bis August und sinkt vom September bis Februar. „Obwohl es nur 1,5 % der Traunwassermengen sind, welche zeitweilig in den Seen aufgespeichert bleiben, so ist ihnen doch eine Minderung der hohen Frühjahrswasser um 3—7 % und eine Steigerung der geringen Herbst- und Winterwasser um 2—5 % zu danken“ (MÜLLNER, l. c. S. 114).

Als Areale kommen in Betracht: 223,11 km² für das Gebiet östlich des Sees (als Areal der Traun bis zum See). 23,83 km² für den Waldbach,

106,34 km² für den Gosaubach. Ferner 136,92 km² des Dachsteinstockes, die für gewöhnlich unterirdisch entwässert werden (Karstriesenquellen im Koppenwinkl, Kessel, Hirschbrunnquellbezirk, Brandhöhle, Quellen am Seegrunde). Dazu kommen noch die Quellen des Hallstätter Salzberges mit einer mittleren Sekunden-Wasserführung von 0,034 bis 0,042 m³ (Jahresdurchschnitt), der Zlambach, das „warme Wasser“ u. a.

1. Der Einfluß von Sturm und Hochwasser auf die Temperaturverhältnisse des Sees.

Auf dem Hallstätter See kommen als Stürme hauptsächlich der Oberwind und der Unterwind in Betracht. Der Oberwind kommt traunabwärts, aus östlicher Richtung und treibt das Wasser vom Traundelta her gegen das Seeufer des Marktes Hallstatt. Der Unterwind kommt vom nördlichen Seeteile und treibt das Wasser in südlicher Richtung gegen das Südufer des Sees.

Am 23. Juli 1930 fiel das Barometer (Höhe des Quecksilberspiegels 523,65 m, Höhe des Seespiegels 508 m) von 720 mm auf 713 mm. Daraufhin stellte sich ein mehrere Tage dauernder, sehr heftiger Unterwind ein. Um den Einfluß dieser Windperiode auf die Temperaturverhältnisse kennen zu lernen, wurde noch während dieser Periode eine Temperaturlotung vorgenommen, die in der Tabelle I der Lotung der vorangegangenen Schönwetterzeit gegenübergestellt ist. Die Thermik am 20. Juli 1930 entspricht den gewöhnlichen Verhältnissen. Die Lotungen am 26. Juli 1930 zeigen deutlich den Einfluß des Windes. Die obersten 2 m weisen Homothermie auf. Auch die folgenden Meter zeigen nahezu dieselbe Temperatur. Erst zwischen 4 und 5 m tritt eine Abnahme von 0,4° C auf. Zwischen 10 und 15 m, bzw. zwischen 15 und 20 m finden wir eine Abnahme, wie sie auch bei gewöhnlicher Schichtung zu beobachten ist.

Tabelle I.

Tiefe	20. Juli 1930.		26. Juli 1930.	
	Temp.	Abnahme d. Temp.	Temp.	Abnahme d. Temp.
0 m	17.0	1.0	14.4	0.0
½	16.0	0.4	14.4	0.0
1	15.6	0.3	14.4	0.0
2	15.3	0.7	14.4	0.2
3	14.6	0.4	14.2	0.2
4	14.2	0.6	14.0	0.4
5	13.6	2.0	13.6	0.8
10	11.6	1.3	12.8	1.5
15	10.3	1.9	11.3	1.5
20	8.4	1.8	9.8	1.7
30	6.6	1.0	8.1	
40	5.6	1.0		
50	4.6		5.8	

Es hat also eine sehr gründliche Mischung und Abkühlung der obersten Wasserschichten stattgefunden. Ähnliche Beobachtungen wurden beispielsweise von F. SIMONY anlässlich eines Sturmes auf dem Attersee (vom 1. auf den 2. Sept. 1849) gemacht²⁾. Es handelte sich um einen Nordsturm, der eine Temperaturveränderung bis zu einer Tiefe von 30 Fuß, also ungefähr 10 m, herbeiführte.

Wie bereits mehrfach in früheren Arbeiten betont wurde, sind die Temperaturverhältnisse des Hallstätter Sees im Sommer größten Schwankungen unterworfen. Schneefall auf dem Dachsteinplateau mit nachfolgender rascher Schneeschmelze oder andauernder Regen mit Hochwasser im Gefolge können die Wassertemperatur gleich um viele Grade herabdrücken.

Tabelle II.

Tiefe	1 August 1930		10. August 1930.		
	Temp.	Abnahme d. Temp.	Temp.	Abnahme d. Temp.	Differenz zw. 1.8. u. 10.8.
0 m	16.2	0.4	12.0	0.0	4.2
1/2	15.8	0.0	12.0	0.2	3.8
1	15.8	7.0	11.8	0.6	4.0
1 1/2			11.2	0.1	
2	14.8	0.8	11.1	0.1	3.7
2 1/2			11.0	0.0	
3	14.0		11.0	0.0	3.0
4	13.4	0.6	11.0	0.0	2.4
5	12.6	0.8	10.6	0.4	2.0
6			10.6	0.0	
7			10.6	0.0	
8			10.6	0.0	
9			10.4	0.2	
10	11.6		10.4	0.0	1.2
11			10.2	0.2	
12			10.2	0.0	
15	10.6		10.2	0.0	0.4
16			9.6	0.6	
18			9.6	0.0	
20	8.4		9.6	0.0	+ 1.2
25			8.4	1.2	
28			7.05	1.35	
30	6.4		6.9	0.15	+ 0.5
40	5.6		5.8	1.1	+ 0.2

Eine günstige Gelegenheit, die diesbezüglichen Verhältnisse zu studieren, bot der August 1930. Die entsprechenden Lotungen sind in Tabelle II zur Darstellung gebracht. Die Lotung vom 1. August 1930 zeigt die gewöhnlichen Verhältnisse. Am 6. August begann eine sich immer stärker entfaltende Regenperiode. Der Hirschbrunnquellbezirk, der Dürrenbach, der Waldbach und zahlreiche Wildbäche brachten beträchtliche Wassermassen, so daß der See immer mehr stieg und die Seelände in der Lahn überflutete. Wiesen und Kellerräume der Lahn

²⁾ Temperaturverhältnisse des Attersees am 2. Sept. 1848, 1. und 2. Sept. 1849. Handzeichnung. Geograph. Institut der Universität in Wien.

standen unter Wasser. Zu diesem Zeitpunkte (10. August) wurde eine Temperaturlotung vorgenommen. Sie zeigt den ungeheuren Wärmeverlust in bester Weise. Das Oberflächenwasser erscheint mit 12° um $4,2^{\circ}$ kälter. Während am 1. August bereits zwischen 1 und 2 m eine Abnahme von 1,0 zu beobachten ist, ebenso auch zwischen 5 und 10 m, sowie zwischen 10 und 15 m und zwischen 15 und 20 m sogar eine Differenz von $2,2^{\circ}$ besteht, zeigen die Wasserschichten am 10. August zwischen 0 und 20 m keine wesentlichen Temperaturverschiedenheiten. Erst in noch größerer Tiefe treten bedeutendere Temperatursprünge auf.

Dieses mit einer starken Trübung verbundene Hochwasser sank nach Schluß der Regenperiode verhältnismäßig rasch.

Um so länger dauert es aber, bis die ursprünglichen Verhältnisse hergestellt sind. Es vergehen Wochen, ehe die Trübung schwindet und das Seewasser seine hochsommerliche Wärme wieder erreicht. Interessanterweise stellt sich — den Hallstättern aus Erfahrung wohlbekannt — nach dem Regen, also erst in der dem Regen folgenden Schönwetterperiode eine weitere Abkühlung des Sees ein, die erst in den darauffolgenden Tagen einer endgültigen Erwärmung Platz macht. Die Lotung am 19. August, dargestellt in Tabelle III, entsprechend einem zweieinhalbtagigen heißen Schönwetter nach dem Hochwasser, zeigt beispielsweise bei 0 m um $0,5$ weniger als am 10. Aug., bei 4 m um $0,6$ weniger usw. Erst zwischen 20 und 30 m sind die Wasserschichten etwas wärmer. Die Temperaturabnahme bei zunehmender Tiefe ist eine langsame und sehr regelmäßige. Nur zwischen 30 und 35 m findet sich, wie in dieser Schichte sommerüber oft ein größerer Sprung (1,2).

Die Lotung vom 23. August fällt bereits in den Bereich der zunehmenden Erwärmung des Sees, der aber an der Oberfläche doch erst eine Temperatur von $14,4$ erreicht hat. Wir finden am 23. August nicht mehr die gleichmäßige, langsame Temperaturabnahme wie am 19. August. Zwischen 2 und $2,5$ m liegt eine Abnahme von 1° , ähnlich auch zwischen 5 und 10 m, zwischen 35 und 38 m sowie zwischen 40 und 50 m.

Erst in den ersten Septembertagen sind wieder die sommerlichen Temperaturverhältnisse erreicht. Besonders auffallend ist die 2° betragende Temperaturabnahme zwischen 3 und 4 m. Zwischen 4 und 5 m ist der Sprung annähernd der gleiche. Der Temperaturgang am 1. August, 10. August und 1. Sept. ist in Fig. 1 graphisch dargestellt.

Interessant sind auch die Verhältnisse am 20. und 21. Sept. 1930. Der 20. Sept. war wie die Vortage schön und sehr heiß. Am Nachmittag des 20. setzte Unterwind ein, in der Nacht gab es starken Wind und Regen, der auch am Vormittag des 21. anhielt. Am 21., nach-

Tabelle III.

Tiefe	19. August 1930.			23. August 1930			3. September 1930		
	Temp.	Abnahme d. Temp.	Abnahme gegenüber d. 10. Aug.	Temp.	Abnahme d. Temp.	Zunahme gegenüber d. 19. Aug.	Temp.	Abnahme d. Temp.	Zunahme gegenüber d. 23. Aug.
0m	11.5	0.0	0.5	14.4	0.2	2.9	17.2	0.4	2.8
1/2	11.5	0.0	0.5	14.2	0.3	2.7	16.8	0.4	2.6
1	11.5	0.0	0.3	13.9	0.9	2.4	16.4	0.2	2.5
2	10.9	0.6	0.2	13.0	1.0	2.1	16.2	0.6	3.2
2 1/2		0.3		12.0	0.3				
3	10.6	0.2	0.4	11.7	0.5	1.1	15.6	2.0	3.9
4	10.4	0.2	0.6	11.2	0.2	0.8	13.6	1.8	2.4
5	10.2	0.4	0.4	11.0	0.2	0.8	11.8	1.8	0.8
10	9.8	0.2	0.6	9.9	1.1	0.1	10.2	1.6	0.3
15	9.6	0.2	0.6	9.5	0.4	-0.1	9.6	0.6	0.1
20	9.4	0.2	0.2	9.3	0.2	-0.1	9.3	0.3	0.0
25	9.2	0.2	+0.8	8.9	0.4	-0.3	9.0	0.3	0.1
26	9.0	0.2			0.4			0.4	
27	8.8	0.4							
30	8.4	1.2	+1.5	8.5	0.5	0.1	8.6	1.8	0.1
35	7.2	0.9		8.0	1.0	0.8	6.8		-1.2
38	6.3	0.2		7.0	0.6	0.7		1.2	
39	6.1	0.7		6.4	0.6	0.3			
40	5.4	0.6	0.4	5.8	1.0	0.4	5.6	0.8	-0.2
50	4.8	0.2		4.8	0.2		4.8	0.0	0.0
60	4.6	0.0		4.6	0.0		4.8	0.0	0.2
70	4.6	0.2		4.6	0.0		4.4	0.4	0.2
80	4.4	0.0		4.4	0.0				
90	4.4	0.0		4.4	0.0				
100	4.4	0.0		4.4	0.0				

mittags, wurde an derselben Stelle wie am Vortage (Mitte zwischen Waldbachdelta und Grubkreuz) gelotet. Die Ergebnisse sind in Tab. IV zusammengestellt. Das Oberflächenwasser hat eine Abkühlung um 1,6° erfahren. Die Schichte zwischen 3 und 4,5 m zeigt, offenbar als Folge der Durchmischung, eine etwas höhere Temperatur. Dann finden wir wieder tiefere Temperaturen. Erst zwischen 18 und 20 m wird die Temperatur des Vortages mit 9,4° erreicht. Interessant ist auch das Verhalten unterhalb 30 m. Während in der Tiefe zwischen 20 und 30 m das Wasser an beiden Tagen gleiche Temperatur aufweist und auch bei 30 m an beiden Tagen 8,6° festzustellen waren, finden wir am 21., also nach dem Sturme, von 30 m abwärts eine ganz beträchtliche Erwärmung. In 35 m macht sie 0,7° aus, in 38 m sogar 0,8°, in 40 m auch noch immer 0,5°. Da am Vortage nur bis 40 m gelotet wurde, ist leider eine Verfolgung des Temperaturganges in größere Tiefe nicht möglich. Jedenfalls wird die Temperaturdifferenz immer kleiner werden und schließlich ganz verschwinden.

Diese im ganzen genommen wesentliche Verschiebung des Temperaturganges, die besonders zwischen 3 und 4,5 m, sowie von 30 m abwärts als Erwärmung dieser Wasserschichten in die Augen fällt, wurde lediglich durch eine Wetteränderung mittlerer Stärke (Windstärke 4—5, Gußregen, allenfalls Herablangen von Schmelzwasser) herbeigeführt.

Tabelle IV.
Temperatur-
gang am 20.
und 21. Sept.
1930 (nach Wind
und Regen).

Tiefe	21.9.	20.9.
0 m	12.8°	14.4
1/2	13.35	14.1
1	13.35	14.0
2	13.35	13.6
3	13.0	12.8
4	12.8	12.6
4 1/2	12.4	
5	12.1	12.2
6	11.7	
7	11.3	
7 1/2	11.3	
8	10.8	
9	10.4	
10	10.2	10.9
11	10.2	
12	10.1	
13	10.0	
14	9.8	
15	9.6	9.8
16	9.6	
18	9.4	
20	9.4	9.4
23	9.2	
25	9.1	
30	8.6	8.6
35	8.0	7.3
38	7.2	6.4
39	6.6	
40	6.1	5.6
98	4.4	

2. Die Temperatur des Seewassers oberhalb des Seegrundes in den größten Seetiefen.

Der größte Teil der Temperaturlotungen wurde in Seemitte auf jener Linie durchgeführt, die das Waldbachdelta mit dem Grubkreuze (auf der Halbinsel Grub) verbindet. Die Lotungen an dieser Stelle ergaben, daß die Wasserschichten über dem Grunde in einzelnen Fällen eine höhere Temperatur zeigten als das über ihnen gelagerte Wasser.

Im Sommer 1930 wurde nun an verschiedenen Stellen des Sees die Temperatur unmittelbar oberhalb des Grundes gemessen. Mit Hilfe der Schöpfflasche ist eine solche Messung nur in der Weise möglichst genau durchführbar, daß die Schöpfflasche so tief hinabgelassen wird, bis sie mit ihrem untersten Teile den Grund berührt. Diese Messungen ergaben kein übereinstimmendes Ergebnis. Wie aus Tabelle V zu ersehen ist, die eine Reihe solcher Lotungen umfaßt, kann die Wassertemperatur oberhalb des Grundes etwas höher oder etwas niedriger liegen als in den darüber gelagerten Schichten. Während beispielsweise am 20. August das Wasser in 124 m Tiefe 4,4° besaß und bei 123,5 m 4,2°,

liegen die Verhältnisse an einem unmittelbar daneben gelegenen Orte (am 26. August) gerade umgekehrt: 4,2° bei 123,5 m und 4,4° bei 123 m. Unter Seemitte ist jene zwischen dem Waldbachdelta und dem Grubkreuz zu verstehen. Unter jedem Datum gibt die erste Meterzahl die jeweils größte Tiefe (Schöpfflasche den Grund berührend) an, die folgenden Zahlen Temperaturen von darübergelagerten Schichten derselben Örtlichkeit.

Die Messung am 21. Sept. bei 56,5 m unmittelbar über dem Grunde ergab 4,6°, die Messung bei 56 m ergab 5,1. Die Messung am 21. Sept. bei 69,25 m ergab (unmittelbar über dem Grunde) 4,6, die Messung bei 68,5 m 4,8°. In beiden Fällen zeigte also die unmittelbar über dem Grunde gelegene Schichte tiefere Temperatur.

Diesbezügliche Beobachtungen liegen schon seit längerem von vielen Seen vor. So berichtet beispielsweise RICHTER (41, S. 68—69) im Kapitel „Die Erdwärme“ von dieser auch heute noch nicht geklärten Erscheinung. „Die höhere Grundtemperatur fand sich am Millstätter See unter 6 Beobachtungen 4mal, unter 57 Wörther See-Beobachtungen 28mal, außerdem 3mal am Königssee und einmal am Traunsee“ (RICHTER)

TER, l. c. S. 69). So fand sich am Millstätter See bei 107 m (am 1. September 1892) + 4,8° gegen 4,4 bei 100 m, ferner am Grund bei 119 m (am 9. August 1893) 5,0 gegen 4,4 bei 100 m, bei 119 m am Grund (am 6. Sept. 1893) 4,6 gegen 4,4 bei 100 m. Auch am Wörther See liegen die in Betracht kommenden Grundtemperaturen (1890) um 0,2 höher. Am 14. März 1890 wurde sogar gegenüber 4,3 bei 70 m, eine Temperatur von 4,7 bei 80 m beobachtet. Auch am 26. Mai 1890 finden wir am Grunde bei 80 m 4,8 gegenüber 4,2 bei 70 m. RICHTER ist der Anschauung, daß nur die Erdwärme verantwortlich zu machen ist und erörtert die Verhältnisse insbesondere am Königssee. In meiner Arbeit über die Temperaturverhältnisse des Hallstätter Sees (34) sind auch mehrere einschlägige Fälle angeführt. Beispiele: 24. Febr. 1929, Grund 4,8°, 60 m 3,8°; 4. März 1929, Grund 4,0, 60 m 3,7°; 5. Mai 1929, Grund 4,15, 60 m 4,05°; 6. Juni 1929, Grund 4,8, 60 m 4,7°; ferner insbesondere der 15. Sept. 1929, Grund 5,1, 60 m 4,7°; 29. Okt. 1929, Grund 5,1, 60 m 4,8 und schließlich den 17. Nov. 1929, Grund 5,1, 60 m 4,6°. Es ist also auch im Hallstätter See ein nicht unbeträchtlicher Teil von Grundlotungen, die höhere Temperaturen ergeben als in darüber gelagerten Wasserschichten.

3. Zur Frage der Sprungschichte im Hallstätter See.

Um dieser Frage näher treten zu können, wurden im Jahre 1930 vom Juni bis Sep-

Tabelle V.
Temperaturen über dem Seegrunde.

Tag	Tiefe	Temp	Örtlichkeit	
17.5.1890	103,5m	4,4	Seemitte	
	90	4,4		
13.6.	104	4,35		
	100	4,4		
20.7.	95	4,2		
23.7	91	4,8		
	89	4,6		
	85	4,8		
19.8.	123,5	4,4	Wehrgraben	
	122	4,5		
	120	4,5		
	115	4,4		
	110	4,6		
	100	4,4		
20.8.	124	4,4	Wehrgraben	
	125,5	4,2		
	105	4,4		
	95	4,4		
26.8.	123,5	4,2		
	123	4,4		
	122	4,5		
	121	4,8		
26.8.	121	4,2	"	
	3,9	80	4,1	Seemitte
	10,9.	100	4,4	"
	13,9	104,5	5,0	Seemitte zwischen Grundkreuz u. Kassen
	13,9	102	4,5	"
20.9.	84	4,7	Seemitte	
	98	4,4	"	
	114	4,4	Vor der Platte	
	98	4,9	Beim Eckl	
	123	4,5	Mitte im Eckl u. Hundsort	
	121	4,4	100m vor Hundsort	
21.9	56,5	4,6	100m vor Wald- 200 " bachdelta	

Tabelle VI. Sommertemperaturen im Hallstätter See 1930.
Lotungsabstände: 10 m.

Tiefe	I.		II.		III.		IV.		V.		VI.		VII.	
	7. Juni 1930	13. Juni 1930	13. Juni 1930	21. Juni 1930	21. Juni 1930	20. Juli 1930	29. Juli 1930	29. Juli 1930	23. Aug. 1930	23. Aug. 1930	3. Sept. 1930	3. Sept. 1930	3. Sept. 1930	3. Sept. 1930
0m	13,7	4,3	15,3	5,4	17,0	6,8	17,0	5,4	16,2	4,6	14,4	4,5	17,2	7,0
10	9,4	1,3	9,9	1,65	10,2	2,1	11,6	3,2	11,6	3,2	9,9	0,6	10,2	0,9
20	8,1	1,6	8,25	1,75	8,1	1,3	8,4	1,8	8,4	1,8	9,3	0,8	9,3	0,7
30	6,5	0,9	6,5	1,3	6,8	1,3	6,6	1,0	6,6	1,8	8,5	2,7	8,6	3,0
40	5,6	0,9	5,2	0,7	5,6	1,2	5,6	1,0	5,25	1,35	5,8	1,0	5,6	0,8
50	4,7	0,9	4,5	0,7	5,0	0,6	4,6	0,2	4,8	0,2	4,8	4,8	4,8	0,0
60	4,6	0,1	4,4	0,1	4,7	0,3	4,4	0,2	4,6	0,2	4,8	4,8	4,8	0,0
100	4,5	0,1	4,4	0,0	4,9		4,2	0,2	4,8					

temperaturlotungen vorgenommen. Die in Abständen von 10 zu 10 m durchgeführten Lotungen sind in Tabelle VI zusammengestellt. Neben den Temperaturen finden wir die jeweilige Abnahme von 10 zu 10 m. Die Abnahme zwischen 0 und 10 m ist überall am größten. Am 3. Sept. erreichte sie den bedeutenden Wert von 7°. Nirgends sinkt sie unter 4,3° herab. In anderen Jahren waren die Extreme noch größer. So finden wir im Jahre 1929 als geringste Differenz 2,9° am 29. Juni. Am 21. Juli erreichte dafür die Differenz den Höchstbetrag von 10,2°.

Die Temperaturabnahme in den weiteren 10-m-Schichten zeigt wesentlich kleinere Werte, doch finden wir immerhin zwischen 10 und 20 m, 20 und 30 m, 30 und 40 m Werte bis zu 3°. Andererseits können sie bis auf 0,1° herabsinken. Erst von 40 m abwärts zeigt die Temperaturabnahme geringe Werte und erreicht zwischen 60 und 100 m (bzw. auch 120 und 125 m) den Wert von 0°.

In der Tabelle VII sind für die Jahre 1929 und 1930 (Juni bis September) die Minimal- und Maximalwerte der Temperaturabnahme für die Schichten von 10 zu 10 m zusammengestellt.

Tabelle VII. Die Minimal- und Maximalwerte der Temperaturabnahme für Schichten von 10 zu 10 m in den Jahren 1929 und 1930.

Tiefe	6.6 - 4.9. 1929		7.6 - 3.9. 1930	
	Minimalwert der Abnahme	Maximalwert der Abnahme	Minimalwert	Maximalwert
0m-10m	2.9°	10.2	4.3	7.0
10-20	1.1	3.1	0.6	3.2
20-30	1.0	3.5	0.7	1.8
30-40	0.1	1.6	0.9	3.0
40-50	0.7	1.2	0.45	1.0
50-60	0.0	0.5	0.0	0.3
60-100	0.0	0.4	0.0	0.2

Da aus diesen Lotungen die genaueren Verhältnisse nicht ersichtlich sind, wurden im Jahre 1930 entsprechende Auslotungen zwischen der Oberfläche und 35 m vorgenommen. Das Ergebnis dieser Lotungen ist in Tabelle VIII zusammengestellt.

Die Temperaturverhältnisse am 7. Juni 1930, 21. Juni 1930, 29. Juli 1930 und 3. Sept. 1930 (entsprechend der Tabelle VI) sind in Fig. 3 auch graphisch dargestellt. Durchgängig (auch bei den hier nicht graphisch dargestellten Lotungsergebnissen) ist der starke Temperaturabfall zwischen der Oberfläche und der 5-m-Schichte festzustellen. Ansonsten ergeben sich verschiedene Unterschiede. So zeigt der Temperaturgang vom 29. Juli (V) von 5 m angefangen einen nahezu gleich-

mäßigen Verlauf bis zu 25 m bzw. 30 m. Auch der Temperaturgang vom 3. Sept. (VII) zeigt nach anfänglich raschem Abfalle von 10 m an einen fast geradlinigen Verlauf. Ihm ähnlich ist der Temperaturverlauf vom 7. Juni (I). Rasches Sinken bis 5 bzw. 10 m, langsames Sinken bis 30 m. Einen etwas abweichenden Verlauf sehen wir am

Tabelle VIII. Sonderlotungen zur Erfassung der Sprungschichte im Sommer 1930.

Tiefe	I 7. Juni 1930	II 13. Juni 1930	III 21. Juni 1930	IV 20. Juli 1930	V 29. Juli 1930	VI 23. Aug. 1930	VII 3. Sept. 1930	VIII 21. Sept. 1930
0m	13.7	15.3	17.0	14.4	16.2	14.4	17.2	12.8
1/2	13.05	13.25	16.55	14.4	15.8	14.2	16.8	13.35
1	12.9	12.5	16.3	14.4	15.4	13.9	16.4	13.35
2	12.8	12.1	16.05	14.4	14.6	13.0	16.2	13.25
3	12.2	11.1	15.2	14.2	13.7	11.7	15.6	13.0
4	11.7	10.95	13.4	14.2	13.2	11.2	13.6	12.8
5	10.9	10.5	12.45	14.0	12.6	11.0	11.8	12.1
5.5			12.2	1.4				1.3
8		1.5	10.8	0.6	2.7	11.6	1.0	1.1
10	9.4	9.9	10.2	11.3	11.6	9.9	10.2	10.8
11	9.3							10.2
12	8.9		1.2	2.1	1.0	1.4	0.4	10.2
13	8.8							10.1
15	8.7	8.7	8.1	10.3	10.2	9.5	9.6	10.0
17					0.6	0.2	0.3	9.6
18		0.6	0.45	0.0	9.6	0.4		0.4
20	8.1	8.25	8.1	8.1	9.2	9.3	9.3	9.4
21	8.1				8.4	0.8		9.4
22	7.75	7.5		0.5	7.9	7.2		0.2
23	7.55	0.2					0.4	
24	7.4	0.15						9.2
25	7.0	0.4	7.1	7.6	7.2	0.6	8.9	9.1
30	6.5	0.5	6.5	6.8	6.6	8.5	0.4	8.6
32		0.2	6.3				0.8	
35		1.5	5.9	0.9			1.0	
38						8.0	6.8	8.0
39						7.0	1.2	7.2
40						6.4	0.6	6.6
						5.8	0.6	6.1

21. Juni. Die Temperatur fällt von 17° an der Oberfläche auf 12,45° bei 5 m, hierauf weniger stark auf 10,2° bei 10 m und gleichmäßig weiter auf 8,1° bei 15 m. Zwischen 15 und 20 m herrscht Homothermie. Der weitere Verlauf schließt sich dem der übrigen Lotungen im wesentlichen an. Mehrfach wurde bereits hervorgehoben, daß insbesondere Hochwasser den Temperaturgang stark zu beeinflussen vermag. Während (Fig. 1) der Temperaturgang am 1. August und 1. Sept. den starken Abfall zwischen 0 und 5 m zeigt und dann sehr gleichmäßig und langsam abfällt, fehlt am 10. August (nach dem Hochwasser) der starke Abfall. Die Kurve zeigt von der Oberfläche angefangen bis in die Tiefe einen regelmäßigen Verlauf. Ein Vergleich mit dem Lunzer Untersee³⁾ zeigt

³⁾ Vgl. z. B. die Kurven (Fig. 3 u. 4) auf S. 291 der Arbeit von V. B r e h m und F. R u t t n e r: „Die Biozönosen der Lunzer Gewässer“ in Internat. Revue der ges. Hydrobiologie. XVI. 1926.

in den oberen Schichten ähnlichen Verlauf, doch hat dieser See, wie RUTTNER bereits hervorhebt, bei 32 m schon Temperaturen, die im Verhältnis zur geringen Tiefe schon sehr niedrig sind und im Hallstätter See erst tiefer unten erreicht werden.

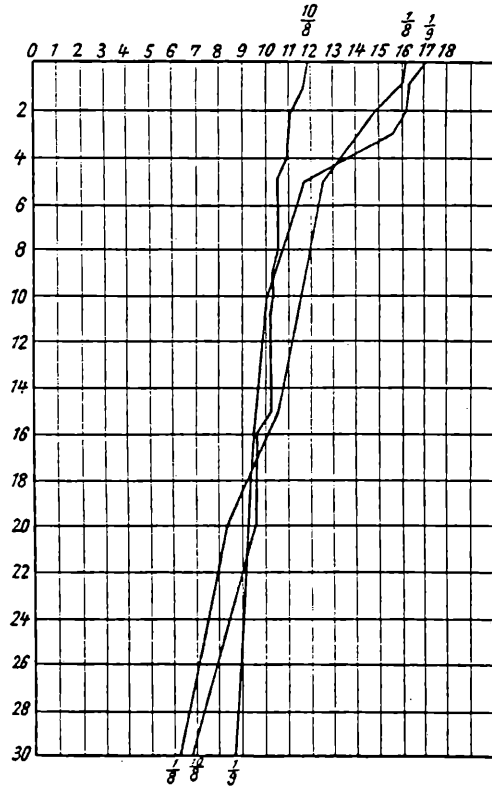


Fig. 1: Hallstätter See. Temperaturgang am 1. 8., 10. 8. (nach Hochwasser) und 1. 9. 1930.

Aus Tabelle VIII berechnen wir die Abnahme der Temperatur für die Tiefenstufe zwischen 0 und 5 m (Tab. IX). In der zweiten Zeile finden wir die Temperaturabnahme für die Tiefenstufe zwischen 0 und 10 m und in der dritten Zeile die Differenz zwischen beiden. Wir ersehen, daß die Temperaturabnahme in den ersten 5 m am stärksten ist.

Tabelle IX.

Tiefenstufen	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
0m-5m	2.8	4.8	4.55	0.4	3.6	3.4	5.4	0.7
0m-10m	4.3	5.4	6.8	5.4	4.6	4.5	7.0	2.6
	1.5	0.6	2.25	5.0	1.0	1.1	1.6	1.9

Zweifellos kann von einer Sprungschichte zwischen der Oberfläche und 5 m Tiefe gesprochen werden. Bereits LORENZ (16) schreibt in seiner limnologischen Studie über den Hallstätter See, daß „die relative Temperaturabnahme zwischen 1 und 5 m weit bedeutender als zwischen allen anderen Tiefenstufen ist“ (l. c. S. 127). HAEMPEL (7), dessen ausgezeichnete Arbeit hauptsächlich die fischereibiologischen Verhältnisse des Sees ins Auge faßt und der Thermik daher nur einen kürzeren Abschnitt widmen kann, verlegt diese Sprungschichte auch in die Tiefenstufe zwischen 0 und 5 m und findet sie für den 13. Sept. 1913 zwischen 2 m (11,4°) und 3 m (10,8°). Meine seit dem Jahre 1927 ununterbrochen fortgesetzten Messungen (26, 34 und die Tabellen VI—VIII dieser Arbeit) bestätigen obige Annahmen einer Sprungschichte zwischen 0 und 5 m. Doch sehen wir, daß die größte Temperaturdifferenz zwar zwischen 2 und 3 m liegen kann, aber auch in anderen Tiefen dieser Tiefenstufe (0—5 m). Die Verhältnisse sind, wie sich aus Betrachtung der Tabellen ergibt, von Fall zu Fall wechselnde. Am 7. Juni 1930 (Tab. VIII) beispielsweise haben wir den größten Sprung zwischen 4 und 5 m: 0,8°. Am 13. Juni 1930 zwischen 0 und ½ m: 2,05° und einen größeren Sprung zwischen 2 und 3 m: 1°. Am 21. Juni 1930 finden wir einen außerordentlichen Sprung zwischen 3 und 4 m: 1,8°. Am 20. Juli 1930 liegt infolge eines Sturmes eine starke Störung vor. Zwischen 0 und 5 m herrscht fast Homothermie. Die einzige Differenz liegt zwischen 2 und 3 m: 0,2°. Am 29. Juli 1930 liegt der größte Sprung abermals zwischen 2 und 3 m: 0,9°. Auch am 23. August 1930 liegt er in dieser Schichte: 1,3°. Am 3. Sept. liegt die Sprungschichte jedoch zwischen 3 und 4 m: 2°, am 21. Sept. 1930 zwischen 4 und 5 m: 0,7°. Einen ähnlichen Wechsel erhalten wir bei Betrachtung der beiden vorhergehenden Jahre, so daß es wohl am besten ist, allgemein von einer im Bereiche der obersten 5 m gelegenen Sprungschichte im Hallstätter See zu reden. Verschiedene Einflüsse, vor allem Stürme und Hochwasser, vermögen gerade im Bereiche dieser 5 m weitgehende Veränderungen der Thermik hervorzurufen.

Tabelle X. Die Sprungschichte zwischen 30 und 50 m (Jahre 1928—1930).

Tiefe	14.6.28	5.7	21.7	7.8	1.9.	20.9	15.10.	3.11.	6.6.29.	21.7	14.8	25.9.	7.10.	9.11.	11.12.	7.6.30.	21.6.	22.7.	23.8.	3.9.
30 m	8.2	8.5	8.6	8.7	8.9	9.0	8.8	9.4	7.2	6.2	6.5	7.9	7.5	8.3	7.0	6.5	6.8	6.6	8.5	8.6
50 m	5.6	5.8	5.7	5.6	6.3	6.1	5.8	6.1	5.2	5.0	5.1	5.4	5.5	4.9	4.7	4.7	5.0	4.6	4.8	4.8
Differenz	2.6	2.7	2.9	3.1	2.6	2.9	3.0	3.3	2.0	1.2	1.4	2.5	2.0	3.4	2.3	1.8	1.8	2.0	3.7	3.8

Außerdem kann aber im Hallstätter See noch von einer zweiten Sprungschichte gesprochen werden. LORENZ betont (S. 127)

eine starke Temperaturabnahme zwischen 30 und 60 m. HAEMPEL (S. 238) spricht von einer „zweiten, unteren Sprungschicht zwischen 30 und 50 m“. Zweifellos ist es besser, diese Sprungschicht mit 50 m als mit 60 m zu begrenzen. Aus der Tabelle VI (Sommer 1930) und der Tabelle X ergibt sich für die Schicht zwischen 30 und 50 m (von Juni bis Dezember) eine Temperaturdifferenz, die zwischen 1,2° und 3,8° schwankt, meist aber Werte zwischen 2 und 3° einhält.

Wir können also sagen, daß der Hallstätter See zwei Sprungschichten aufweist, deren eine in den obersten 5 m, deren zweite zwischen 30 und 50 m liegt.

4. Maxima und Minima.

Tabelle XI. Maxima und Minima für 4 Schichten in den Jahren 1928 und 1929.

	0 m	5 m	40 m	100 m
Maximum	23.6° (6.7.28)	14.1 (22.27.7.28)	7.8 (21.10.28)	5.7 (20.9.28)
Minimum	0° (Febr. 29)	1.5 (Febr. 29)	3.6 (24.2.29)	4.0 (9.4.29)
Differenz	23.6	12.6	4.2	1.7

Aus den Beobachtungen der Jahre 1928 und 1929 ergeben sich die Maximal- und Minimalwerte, von denen außer den Oberflächenwerten und jenen von 100 m noch — mit Rücksicht auf die beiden Sprungschichten — die Werte von 5 und 40 m zusammengestellt sind. Die größten Schwankungen zeigt selbstverständlich das Oberflächenwasser, die kleinsten die Tiefe von 100 m. Die höchste Temperatur (1927—1930) wurde am 16. Juli 1928 mit 23,6° festgestellt. Das Maximum in 5 m Tiefe lag ebenfalls im Juli, während jenes für 40 m im Oktober lag und jenes für 100 m am 29. Sept. 1928. Die Minima für 0, 5 und 40 m lagen im Februar, das Minimum für 100 m trat erst im April ein.

Der jahreszeitliche Temperaturgang in diesen vier Schichten ist (für die Jahre 1928 und 1929) auch graphisch in Fig. 5 dargestellt. Da es sich dabei um die Extreme handelt — für Mittelwerte sind 3 Jahre zu kurz —, erscheinen überall die höchsten jeweils festgestellten Werte eingetragen. Nur bei der Oberflächentemperatur wurde im Februar 1929 der Minimalwert genommen, weil sonst das Gefrieren des Sees nicht zum Ausdruck gekommen wäre.

Von Wichtigkeit für das Erfassen der thermischen Verhältnisse eines Sees ist auch die Wirkung des Windes im Bereiche größerer Seetiefen. Im Kapitel I wurde bereits gezeigt, welche tiefgreifenden Veränderungen in den thermischen Verhältnissen der

oberen Wasserschichten durch Winde herbeigeführt werden können. Mit Recht betont aber ALSTERBERG (2), daß „... die Wirkung des Windes auf die Seen im allgemeinen keineswegs auf das Wasservolumen oberhalb der Sprungschicht begrenzt ist, sondern daß durch die hier hervorgerufenen Strömungen in darunter befindlichen Schichten sekundäre Ströme induziert werden, die ihrerseits tertiäre usw. hervorrufen. Das will sagen, daß die ganze Wassermasse eines Sees, von der Oberfläche bis zum Grunde, bei Wind in Bewegung gerät, wenn auch mit stark abnehmender Geschwindigkeit in den tieferen Schichten...“ (l. c. S. 269). „Demnach ist das Wasser nicht nur in bezug auf chemische und Temperaturverhältnisse geschichtet, sondern auch auf Grund der also vorhandenen Unterschiede in der Dichte auch mit Hinsicht auf die Strömungsverhältnisse“ (l. c. S. 269). Das ALSTERBERG'sche Diagramm (S. 270) veranschaulicht diese wichtigen Bemerkungen, die uns auch verschiedene Merkwürdigkeiten in der Thermik tieferer Schichten erklären dürften. Es wurde schon mehrfach auf die merkwürdige Tatsache hingewiesen, daß bei einem Wettersturze, bzw. einem dabei auftretenden starken Winde Temperaturveränderungen in tieferen Schichten erst nach ein paar Tagen eintreten. Wir verweisen auf die Lotung vom 10. August 1930 (Tab. II) und die Lotung vom 19. August (Tab. III). Am 19. (nach einer Schlechtwetterperiode mit viel Wind) sind die Temperaturen bis 20 m (wahrscheinlich bis ungefähr 22 m, eine Zwischenlotung liegt nicht vor) niedriger als am 10. August. Von ungefähr 22 m an ist die Temperatur aber höher (stellenweise, wie z. B. bei 30 m, sogar um $1,5^{\circ}$). Erst zwischen 30 und 40 m sinkt die Temperatur wieder und ist bei 40 m bereits um $0,4$ niedriger als am 10. August. Es liegt also am 19. August zwischen 22 und (ungefähr) 35 m eine Schichte, die wesentlich wärmer ist als am 10. August. Diese kann wohl nur durch Strömungen, die primär durch den Wind erzeugt wurden, ihre Erklärung finden.

5. Gleichzeitige Temperaturmessungen am Traunsee und Hallstätter See am 27. August 1930.

Aus Vergleichsgründen wurden am 27. August 1930 Temperaturlotungen (und O_2 -Bestimmungen) auf beiden genannten Seen vorgenommen. Die Ergebnisse sind in Tabelle XII zusammengestellt. Ein Vergleich beider Lotungsserien ergibt ganz wesentliche Unterschiede. Die obersten 10 m waren im Traunsee bedeutend wärmer. Bei 5 m ergibt sich sogar ein Plus von $3,8^{\circ}$. Die höhere Temperatur macht sich bis in die größten Tiefen geltend. Besonders auffällig sind die Temperaturverhältnisse des Traunsees zwischen 50 und 130 m. (Die Lotungen erfolgten auf der Linie: Ebensee Landungsplatz—

Karbachmühle an einer Stelle, wo die Seetiefe ungefähr 135 m beträgt.)

Zwischen 50 und 60 m steigt die Temperatur um $0,2^{\circ}$ an. Zwischen 70 und 80 m sinkt die Temperatur um $0,4^{\circ}$. Zwischen 90 und 100 m sinkt die Temperatur weiter um $0,1^{\circ}$ von $5,4$ auf $5,3^{\circ}$. Nun steigt die

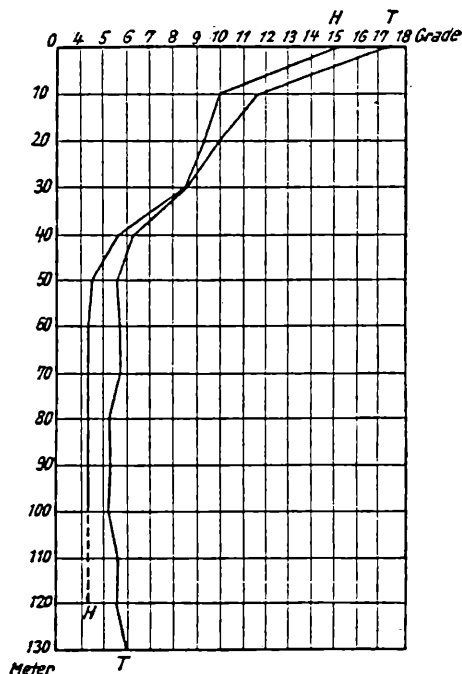


Fig. 2: Gang der Temperatur am 27. 8. 1930 im Traunsee (T) und Hallstätter See (H).

Temperatur zwischen 100 und 110 m um $0,3^{\circ}$ von $5,3$ auf $5,6^{\circ}$. Diese Temperatur wird zwischen 110 und 120 m beibehalten. Zwischen 120 und 130 m findet ein abermaliges Ansteigen um $0,4^{\circ}$ von $5,6$ auf $6,0^{\circ}$ statt. Diesen Verhältnissen im Traunsee steht eine große Gleichförmigkeit der Temperatur im Hallstätter See ab 50 m Tiefe gegenüber. Diese hält sich bei 50 m um 5° herum und sinkt in größerer Tiefe um wenige Zehntelgrade. Am 27. August finden wir ab 60—100 m Homothermie ($4,4^{\circ}$). Die eine Serie vom 27. August genügt natürlich nicht zur Beurteilung der Verhältnisse im Traunsee, doch deckt sie gewisse Verschiedenheiten in der Thermik beider Gewässer auf. Über die Verschiedenheiten des O_2 -Gehaltes ist der Abschnitt über die Sauerstoffverteilung nachzusehen. Zur Erklärung sei noch hinzugefügt, daß damals eine Schönwetterperiode herrschte, während der auf dem Südtteil des Traunsees täglich bis 3 Uhr nachmittags ein heftiger Unterwind weht, der das Wasser gegen das Südende des Sees treibt.

Es ist ohne weiteres klar, daß dieser alltägliche, starke und andauernde Wind, der als Zeichen sicheren Schönwetters gilt, bedeutende Strömungen hervorruft, die ihrerseits wieder die Thermik wesentlich beeinflussen werden. Spezielle, den Winden angepaßte Lotungen werden noch nähere Aufschlüsse bringen.

Vergleichshalber sind der Tabelle (XII) je eine Lotung von SIMONY aus dem Jahre 1878 und eine Lotung von ZEHDEN aus dem Jahre 1895 beigelegt.

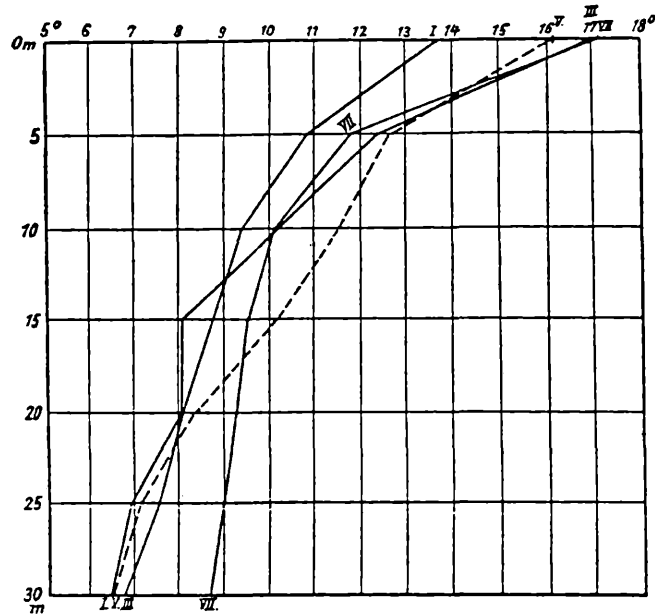


Fig. 3: Gang der Temperatur im Hallstätter See am 7. 6. 1930 (I), 21. 6. 1930 (III), 29. 7. 1930 (V), 3. 9. 1930 (VII).

Die Temperaturkurven (Fig. 2) zeigen einen ähnlichen Verlauf, sind aber, von einem Zusammentreffen bei 30 m abgesehen, durch 1—2° voneinander entfernt.

Durch die genauen und umfassenden Lotungen FRIEDRICH SIMONY's sind wir in die Lage versetzt, die Temperaturverhältnisse aller Seen im Traungebiete vom Grundelsee angefangen bis zum Traunsee im Jahre 1848 zu überblicken (Tab. XIII). Die Tiefenangaben wurden aus Wiener Fuß (= 0,316 m) umgerechnet und entsprechen naturgemäß anderen Intervallen als den heute gebräuchlichen. Die Fig. 4 zeigt den Verlauf der entsprechenden Temperaturkurven. Besonders auffallend ist die starke Temperaturabnahme im Grundelsee zwischen 0 und 10 m. Einer Oberflächentemperatur von 18,9° entspricht bei

9,5 m eine solche von 12,4° (— 6,5°). Bereits bei 25 m ist eine Temperatur von 5,8° erreicht. Noch auffälliger liegen die Verhältnisse beim Alt-Ausseer See. Zwischen der Oberfläche mit 16,1° und 9,5 m mit 5,5° liegt eine Spannung von 10,6°! Bereits bei 19 m ist die tiefste Temperatur (4,75°) erreicht.

Tabelle XII. Gleichzeitige Temperaturmessungen am Traunsee und Hallstätter See am 27. August 1930.

Traunsee			Hallstätter See			Traunsee 30.8. 1878. SIMONY		Traunsee in Zehden 1895		
Tiefe	Temp.	Abnahme	Temp.		Differ. zw. beid. Seen	Tiefe	Temp.	Tiefe	14.7.	6.9.
0 m	17.6°	0.4	15.3°		2.3°	3 m	16.6°	0 m	17.7°	19.8
1/2	17.2	0.2	15.2	0.1	2.0	6.1	15.0	5	15.4	19.6
1	17.0	0.2	15.0	0.2	2.0	9.1	14.7	10	15.4	19.5
2	16.6	0.4	14.3	0.7	2.3	12.2	12.9	15	12.3	14.2
3	16.0	0.6	13.6	0.7	2.4	15.2	12.4	20	12.0	12.8
4		0.4	13.1	0.5		18.3	11.9	25	11.2	11.2
5	15.6		11.8	1.3	3.8	24.4	9.8	30	9.5	9.8
6	15.2	0.4				30.5	7.5	35	6.9	7.4
7	13.1	2.1				38.1	5.85	40	5.9	6.1
8	11.8	1.3		1.8		45.7	5.5	50	—	5.8
10	11.8	0.0	10.0		1.8	61.0	5.0	60	5.0	5.1
15	10.8	1.0	9.5	0.5	1.3	76.2	4.75	70	4.9	4.95
20	10.0	0.8	9.4	0.1	0.6	91.4	4.65	80	4.9	4.95
25		1.4	9.0	0.4		121.9	4.60	90	4.5	4.55
30	8.6		8.6	0.4	0.0	152.4	4.55	100	4.5	4.55
35	7.4	1.2	7.2	1.4	0.2	189.6	4.55	120	4.3	4.35
36			6.8	0.4		190.9	4.55	140	4.25	4.25
38		1.0	5.8	1.0				150	—	4.23
40	6.4		5.8	0.0				155	4.15	4.2
50	5.6	0.8	4.6	1.2	0.6			160	4.1	4.2
60	5.8	+ 0.2	4.4	0.2	1.0			170	4.2	4.2
70	5.8	0.0	4.4	0.0	1.4			180	4.2	4.2
80	5.4	0.4	4.4	0.0	1.4					
90	5.4	0.0	4.4	0.0	1.0					
100	5.3	0.1	4.4	0.0	1.0					
110	5.6	+ 0.3			0.9					
120	5.6	0.0								
130	6.0	+ 0.4								

Einen sehr gleichmäßigen Temperaturabfall zeigt der Traunsee. Allerdings finden wir auch hier zwischen der Oberfläche (18°) und 9,5 m (12,9°) eine Spannung von 5,1°. Dann aber vollzieht sich der Abfall sehr regelmäßig. Zwischen der Tiefe von 55 m (5,5°) und der tiefsten Lotung bei 190,9 m (4,38°) liegt lediglich eine Temperaturdifferenz von 1,12°. Die Temperaturkurve des Hallstätter Sees (gewonnen aus Lotungen unweit des Wehrgrabens) zeigt fast gleichen Verlauf wie die des Traunsees, nur entspricht sie einer im allgemeinen niedrigeren Temperatur. Interessanterweise zeigen die Kurven SIMONY'S mit meinen große Übereinstimmung. Sogar der Schnittpunkt beider Kurven bei 30 m ist gemeinsam, ebenso der starke Abfall bis 30 m und der weitere nahezu parallele Verlauf. Sechs Temperaturkurven vom Traunsee (1895) finden wir auf Tafel III der mehrfach zitierten Arbeit von RICHTER (41).

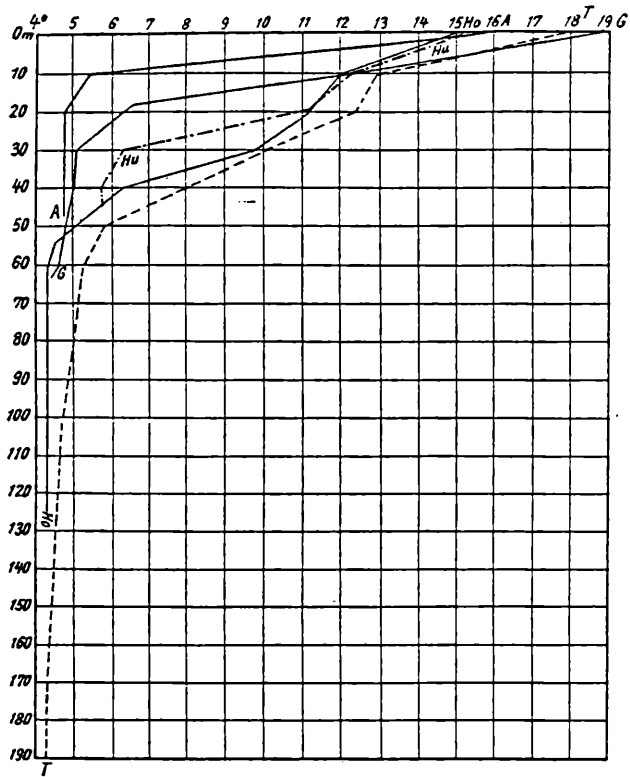


Fig. 4: Temperaturkurven des Grundlausees (27. 8. G), Alt-Ausser-Sees (1'. 8. A), oberen Hallstätter Sees (6. 9. H. o.), unteren Hallstätter Sees (6. 9. H. u.) und Traunsees (30. 8. T). Vom Jahre 1848 nach den Lotungen Simons.

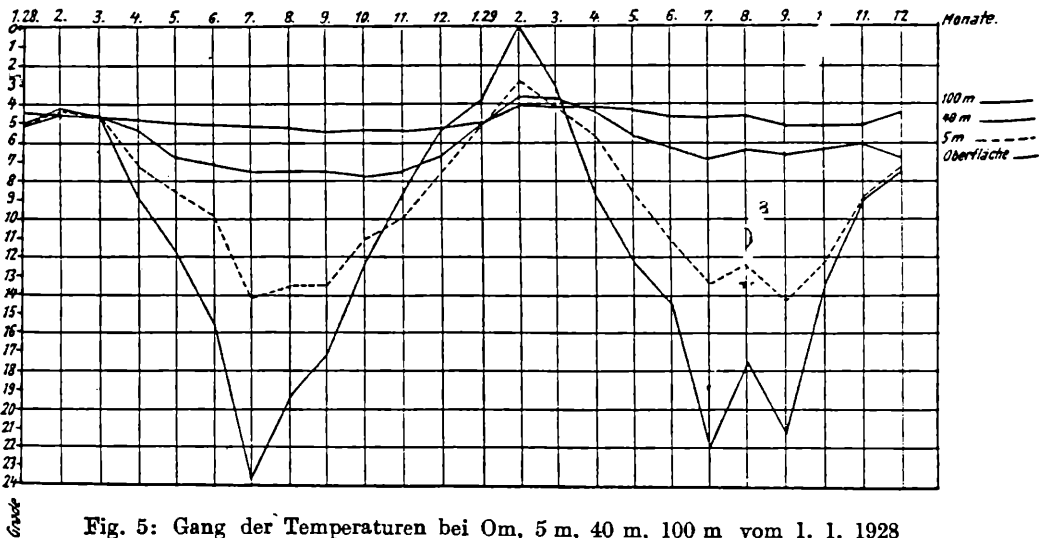


Fig. 5: Gang der Temperaturen bei 0m, 5 m, 40 m, 100 m vom 1. 1. 1928 bis 31. 12. 1929 im Hallstätter See.

Allerdings umfassen sie nur die obersten 20 m. Die Kurven entsprechen dem Temperaturgange am 3. März, 7. und 12. Mai, 14. Juli und 6. Sept. Sehr schön kommt der nahezu geradlinige Verlauf am 3. März und 7. Mai, sowie die allmähliche, gleichmäßige Temperaturzunahme bis zum 3. Juni zum Ausdruck. Am 14. Juli sehen wir eine obere Sprungschichte zwischen 1 und 3 m, hierauf nahezu Homothermie bis 10 m und dann abermals einen Sprung zwischen 10 und 15 m. Ganz anders sieht die Kurve vom 6. Sept. aus. Annähernd Homothermie bis 10 m, hierauf ein Sprung von über 4° zwischen 10 und 12 m, dem ein gleichmäßiger Abfall folgt.

Tabelle XIII. Temperaturlotungen im Seengebiet der Traun im Jahre 1848, ausgeführt von Friedrich Simony.

Tiefe	Grundsee 27.8.	All-Ausser- See 18.8.	Ob. Hallsätter- See 6.9.	Unt. Hallsätter- See 6.9.	Traunsee 30.8.
1.6m	18.9	16.1	15.0	15.1	18.0
3.2	18.5	13.1	13.9	14.1	16.6
4.7	16.9	10.0	13.2	13.4	15.4
6.3	14.9	8.1	12.5	12.6	14.7
9.5	12.4	5.5	12.1	12.2	12.9
12.6	10.0	5.0	11.8	11.9	12.9
15.8	8.1	4.8	11.6	11.6	12.9
19.0	6.6	4.75	11.4	11.2	12.4
25.3	5.8	4.75	11.0	7.5	12.0
31.6	5.1	4.75	9.7	6.4	9.9
39.5	5.0	4.75	6.4	5.75	8.1
47.4	4.7	4.75	5.0	5.75	5.9
55.3	4.6	4.8 4.75	4.5		5.5
63.2	4.5		4.38		5.2
79.0	4.5		4.38		5.0
94.8			4.38		4.75
110.6			7.25 4.38		4.6
126.4			4.38		4.6
142.2					4.5
158.0					4.5
173.8					4.38
190.0					4.38
190.9					4.38

6. Die Verschiedenheit gleichzeitig ermittelter Oberflächentemperaturen.

Vielfach hervorgehoben wurde die gleichzeitige Verschiedenheit von Oberflächentemperaturen auf dem See (HAEMPPEL, LORENZ, MORTON, SIMONY).

LORENZ (16) bringt (S. 121) eine Skizze des südlichsten Seeteiles, auf der die verschiedenen Oberflächentemperaturen, am 13. Juni 1896, nachmittags, eingetragen sind. Die Ergebnisse sind allerdings nicht ohne weiteres diskutabel, da es sich teils um Messungen mitten im See draußen, teils um Messungen im Bereiche des Hirschbrunnquellbezirkes, der unter dem Einflusse kalter (+ 5,4°) Quellen steht, teils um solche

in der warmen Uferregion bei Winkl handelt. Daher steht beispielsweise eine Temperatur von 5,8° beim Hirschbrunn einer solchen von 15° im Bereiche des *Equisetum limosum*-Bestandes bei Winkl gegenüber. Mit Fehlerquellen verbunden ist auch der Umstand, daß die Messungen mit einem Ruderboote erfolgten und teilweise sicher 1—2 Stunden voneinander entfernt sind. In dieser Zeit können erfahrungsgemäß starke Änderungen der Temperatur des Oberflächenwassers eintreten. Immerhin sehen wir, daß auf der Strecke Hirschbrunn—Obertrauner Salinenkanal (nur berücksichtigt die Messungen über tiefem See) zwischen 12 und 8° schwanken.

Im Jahre 1930 nahm ich auf der Strecke: Eckl (das kleine Inselchen unweit des Wehrgrabens)—Markt Hallstatt (Nordteil = „im Tremischen“) mehrere Oberflächenmessungen innerhalb 10 Minuten vor (19. August, 11.00—11.10 Uhr, 20. August 11.00—11.10 Uhr vorm.).

Tabelle XIV. Gleichzeitige Oberflächentemperaturen am 19. und 20. August 1930 auf dem Hallstätter See.

Eckl. 9.8.	Seemitte	100 m vor dem Ufer	10 m vor Ufer Höpflinger	
12.3°	14.1	12.4	12.6	
Eckl. 20.8.	1/3 des Sees	1/3 des Sees	80 m vor dem Ufer	20 m vor Ufer bei Höpflinger
11.8	12.3	14.05	14.05	14.0

Die Ergebnisse sind aus Tabelle XIV ersichtlich. In den Jahren 1929 und 1930 wurden mehrere diesbezügliche Beobachtungen durchgeführt (MORTON, 30, 35). Da ein Motorboot verwendet wurde, liegt zwischen den einzelnen Messungen eine so kurze Zeitspanne, daß sie für Temperaturveränderungen vernachlässigt werden kann. Am 28. Juli 1929, 3—4 Uhr nachmittags, fand ich in der Hirschau + 17,9°, auf der Linie Waldbachdelta—Grubkreuz 18,0 und in der Höhe des Hundsortes 17,65. Am 29. März 1930 an denselben Örtlichkeiten 5,1, 5,1, 4,8°.

Daß die Mitte des Sees, etwa zwischen dem nördlichen Marktteile und dem Wehrgraben, wärmer ist als die uferwärts gelegenen Teile, ist auch den Schwimmern bekannt.

Von einem Nachbarsee, dem Traunsee, berichtet darüber SCHUH (43): „Wiederholte Beobachtungen haben gezeigt, daß nicht die seichten Uferstellen, sondern die tieferen Partien des Sees eine stärkere Erwärmung der Oberfläche aufweisen“ (l. c. S. 41). SCHUH fuhr am 18. Juli 1898 vom Hotel Austria nach der Längsachse des Sees bis über Ort

hinaus. Nach je 20 Ruderschlägen wurden die Oberflächentemperaturen gemessen. Es ergaben sich folgende Temperaturen: Ufer 13,8°; hierauf: 15,0, 17,1, 16,6, 17,3, 17,3, 17,6, 17,8, 17,8, 18,0, 18,1, 19,3, 19,8, 19,3, 19,1, 19,0, 18,7, 18,6, 18,6°. Über 88 m Tiefe betrug die Oberflächentemperatur 20,8°.

Am 18. März 1899 fand SCHUH bei Traunkirchen über einer Tiefe von 190 m 6,8°, am Traunkirchner Ufer 6,0°. „Ähnliche, wenn auch nicht so große Differenzen fanden sich jedesmal, so oft ich Oberflächentemperatur-Bestimmungen auf dem See vornahm“ (l. c. S. 41). Eine Erklärung für diese Erscheinung vermag SCHUH nicht zu geben.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1931

Band/Volume: [028](#)

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

Artikel/Article: [Thermik und Sauerstoffverteilung im Hallstätter See. A. Die Thermik des Hallstätter Sees, \(Aus der Botan. Station in Hallstatt, Nr. 28.\), Archiv für Hydrobiologie. 1931. Bd. XXIII. S. 117-137. 1-20](#)