

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Jahrgang 1867. Band I.

München.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1867.

In Commission bei G. Franz.

Herr Hermann von Schlagintweit-Sakünlünski
gibt Mittheilung:

„Ueber die Temperatur von Alpenseen in
grossen Tiefen nach Beobachtungen im
Starnbergersee und im Chiemsee“.

Construction des Geothermometers. — Starnberger See, Temperatur in der Tiefe gleich jener des Dichtigkeitsmaximums. — Construction des Voluminometers. — Chiemsee, Temperatur bei grösster Tiefe, von 273 (nicht 504) b. F. — Analogie in der Temperatur grosser, wenn auch etwas ungleich gestalteter Seen. — Vergleich mit Beobachtungen in kleineren Seen.

Zur Bestimmung der Temperatur des Wassers in einiger Tiefe der Meere und Seen bedienten wir uns auf unseren Reisen solcher Thermometer, welche durch Umhüllungen „wenig empfindlich“ gemacht worden waren; auch war bei der Construction derselben darauf Rücksicht genommen worden, dass die Kugel des Thermometers gegen die Compression durch den Druck des Wassers geschützt war. Ich hatte sie vor meiner Abreise, 1854, bei J. G. Greiner in Berlin in folgender Weise anfertigen lassen: Ein Thermometer der gewöhnlichen Form, mit eingeschlossener Scala, ist in einen 4 Centimeter weiten massiven Glasscylinder, der oben und unten durch Zublasen sphärisch geschlossen wurde, gesteckt; eine Stelle nahe dem oberen Ende des Thermometers und die Kugel sind mit einer Lage von Kork umgeben. Es wird dadurch das Thermometer im Cylinder gegen Schwanken geschützt und zugleich weniger empfindlich gemacht; auch war die Korkumgebung der Kugel nur leicht anschliessend, so dass eine Compression des Cylinders unter Wasser auf die Kugel keinen Einfluss hervorbringen konnte. Ohne diese Vorsicht wären Form-

veränderungen durch Compression bei längerem Verweilen in einer Wassertiefe von mehreren Atmosphären Druck eine entschiedene Fehlerquelle; bei Thermometern mit Index bliebe die durch den Druck zu warm erscheinende Angabe nach dem Heraufziehen ganz unverändert; aber auch bei Thermometern, welche so wenig empfindlich sind, dass sie in der gewöhnlichen Weise, direkt an der Scala, nach dem Heraufziehen abzulesen erlauben, ist nach den Erfahrungen, die ich bei der Anwendung von Thermometern von verschiedener Glasstärke machte, die normale Ausgleichung eines Druckes während mehrerer Tage innerhalb der kurzen Zeit das Heraufziehen nicht mit Sicherheit erreicht; auch solche müssen durch ihre Umhüllungen gegen Compression geschützt sein.

Der Einfluss des Druckes auf die Kugel lässt sich bei den meisten gewöhnlichen Thermometern leicht beobachten, wenn man die Kugel mit den Fingern zwischen zwei etwas ausgehöhlte Eisstückchen klemmt und dann mehr oder weniger stark dagegen drückt. Bei den so fein getheilten Thermometern zur Bestimmung der Höhen aus der Temperatur des Siedepunktes lässt sich sogar durch Vergleichung mit dem Barometerstande die Veränderung des Luftdruckes mit der Höhe als von Einfluss auf die Dimension der Kugel erkennen¹⁾, wenn die Glaswand der Kugel sehr dünn ist.

Der Glas-Cylinder, der als erste Hülle das Thermometer zur Wasser- und Boden-Temperaturbestimmung umgiebt, befindet sich noch in einer mit Baumwolle ausge-

1) Details darüber gab ich in Untersuchungen über die physic. Geogr. der Alpen, vol. II. p. 276; bei den Instrumenten, deren wir uns auf den Routen in Indien und Hochasien bedienten, war diess bereits durch das Ausführen der Kugeln mit etwas stärkeren Wänden vermieden worden. Results of a scientific mission etc. vol. II. p. 27.

füllten Metallkapsel, deren Deckel wasserdicht aufsitzt, und ferner in einem massiven Metallcylinder mit Bayonnettverschluss; überdiess wurde auch noch ein weites kupfernes Futteral hinzugefügt, in welchem das Instrument nach allen Seiten durch eine dicke Coakslage gegen zu rasche Einwirkung der Temperatur geschützt war.

Zum Sondiren genügte mir für die verhältnässig geringen Tiefen und das ruhige Wasser der Landseen eine Schnur mit Bleiloth; um den Einfluss der Feuchtigkeit auf die Veränderung der Länge der Schnur zu eliminiren, wurde sie im nassen Zustande in den Booten nachgemessen.²⁾

Temperatur-Beobachtungen im Königssee, Obersee und Walchensee hatte vor mehreren Jahren bereits Hr. Professor Jolly der k. Akademie mitgetheilt.³⁾ Er bediente sich zur Bestimmung der Tiefe eines sehr sinnreichen Bathometers, zur Bestimmung der Temperatur eines graphischen Ausflussthermometers, an dem auch Theile der $\frac{1}{10}^{\circ}$ abzulesen waren.

Im vergangenen Sommer suchte ich die Temperaturen des Wassers am Grunde von Alpenseen, grösser an Oberfläche und Kubikinhalte, zur Vergleichung mit den physikalischen Verhältnissen der tibetischen Salzseen⁴⁾ zu bestimmen. Ich wählte dazu den Starnbergersee und den Chiemsee, und bediente mich unseres Geothermometers signirt " 124".

Ich erhielt dabei folgende Resultate.

2) Siehe auch pag. 312.

3) Sitzungsbericht der k. Akademie. Math.-phys. Classe 13. Dec. 1862. Die Ergebnisse siehe pag. 314 und 315.

4) Im Atlas der „Results“ habe ich bereits von folgenden Salzseen die Abbildungen nebst Erläuterungen gegeben: Tsomoríri in Spíti (Tafel 27), Tso Gam in Ladák (Tafel 4), Tsomognalarí in Pankóng (Tafel 28), Tso Mitbál in Pankóng (Tafel 4), Kiuk Kiòel in Turkistán (Tafel 13).

Im Starnbergersee, Höhe 1983 b. F. = 578.8 M., war an der tiefsten Stelle, die ich fand, in einer Entfernung von

2770 bayer. Fuss (westlich) von Almanshausen

1866 Juni 23., 9^h Morgens

Tiefe 406 bayer. F. 118.5 Meter;

Temperatur am Grunde 3.45° C;

„ der Luft . 22.9° C;

Wind schwach, Südwest; See spiegelnd glatt, bei heiterem Wetter.

Die See-Temperatur der Oberfläche an den vier vorhergehenden Tagen, während welcher das Geothermometer am Grunde liegen geblieben war, schwankte in der Mitte des Sees von 15.1° C. bis 17.2°C.; an den Ufern und über ganz seichten Stellen stieg sie in den späteren Nachmittagsstunden bis 19° C.

An den 3 folgenden Tagen, des Morgens, bestimmte ich an derselben Stelle die Temperatur in einiger Entfernung vom Grunde, um die Abnahme vergleichen zu können.

Ich erhielt nach 24stündiger Einsenkung des Geothermometers, das durch Befestigen an ein geschlossenes Fass schwebend erhalten wurde,

Tiefe	100	b. F.	29.2	M.	Temp. des Seewassers	14.6° C. ⁵⁾
„	200	b. F.	58.4	M.	„ „ „	10.8° C.
„	300	b. F.	87.6	M.	„ „ „	6.8° C.

5) In einer Tiefe von 100' hatte ich bereits, während ich noch mit dem Sondiren zur Auffindung der tiefsten Stelle beschäftigt war, etwas näher dem westlichen Ufer, das Geothermometer 24 Stunden schweben lassen, und zwar hatte ich es des Abends um 6^h 14^m, am 18. Juni, abgelesen. Wie zu erwarten, zeigte sich keine Veränderung nach der Tageszeit.

16.7 = 0,292 m

Es war also, die Temperatur der Oberfläche nach den bereits erwähnten Daten zu 16° C. angenommen, die Abnahme in den beiden ersten Schichten von je 100 bayer. Fuss etwas langsamer als von 200 Fuss nach dem Grunde, ein Verhältniss, das sich aber in den verschiedenen Jahreszeiten wesentlich ändern wird (durch die Temperaturschwankungen in den oberen Schichten).

Die Temperatur der Tiefe dagegen scheint sich sehr wenig zu ändern, da sie hier selbst gegen Ende Juni noch ganz genau mit der Temperatur des Dichtigkeitmaximums des Seewassers zusammenfiel.

Auch das Eintreten des letzteren bestimmte ich nämlich direct mit einem nach meiner Angabe angefertigten Apparate, einem Voluminometer, wie wir sie auch auf unseren Reisen anwendeten. Hier hatte ich das Instrument, signirt „Volmt. 2“, bei mir. Es ist diess ein halbkugelförmiges Gefäss aus feinem Glase, an seinem obern Ende mit einem abgeschliffenen conischen Halse versehen, in welchen ein Thermometer, genau schliessend, eingesteckt werden kann; seitlich steht noch mit dem halbkugelförmigen Gefäss eine capillare vertikal gestellte Röhre in Verbindung, die in $\frac{1}{1000}$ des Cubikinhaltes, mit Berücksichtigung des vom eingesetzten Thermometer beanspruchten Raumes, getheilt ist; in dem hier gebrauchten Instrumente war das angesetzte Röhrchen so lang, dass die Ausdehnung destillirten Wassers von 4° C. ⁶⁾, der Temperatur seines Dichtigkeitsmaximums, bis zu 30° C. abgelesen werden konnte.

6) Das Mittel zahlreicher Beobachtungen ergab mir 3.96° C. — Zur genauen Messung so kleiner Temperaturdifferenzen wurde die Untersuchung des Nullpunktes für jedes der angewandten Instrumente bei den Beobachtungen wiederholt, auch in diesem Winter aufs Neue vorgenommen; in den hier angeführten Werthen ist die Correction bereits angebracht; sie hatte sich seit der Benützung der Instrumente in Tibet etwas vergrössert und war für das Geothermometer -0.57 , für jenes in „Volmt. 2“ -0.60° C. geworden.

Wasser, auch mit dem geringen Salzgehalte des Fluss- oder Alpenseewassers, zeigt bereits ein Dichtigkeitsmaximum bei einer Temperatur, die niedriger ist. Für das Wasser von der Oberfläche verschiedener Alpenseen erhielt ich 3.9 bis zu 3.85° C. als die dem Dichtigkeitsmaximum entsprechende Temperatur; für das Wasser vom Grunde ⁷⁾ des Starnbergersees (und ebenso für jenes des Chiemsees) fällt das Dichtigkeitsmaximum bereits mit der Temperatur von 3.50° C. zusammen ⁸⁾, „es kann daher die Temperatur, welche das Geothermometer für den Grund des Starnbergersees angab in unerwarteter Weise als identisch mit der Temperatur des Dichtigkeitsmaximums ⁹⁾ betrachtet werden“ und es ist demnach auch anzunehmen, „dass die tiefsten Schichten das ganze Jahr hindurch fast gar nicht von dieser Temperatur abweichen werden und dass sie nur dadurch eine kleine Locomotion und Veränderung erfahren können, dass die Bodenwärme einen Theil derselben zum Aufsteigen bringt“.

Bei dem Aufsuchen der tiefsten Stelle des Starnbergersees war es mir eine grosse Erleichterung, dass der

7) Zum Emporholen des Wassers aus der Tiefe bediente ich mich eines kupfernen Cylinders mit 2 conischen Klappen, die während des Sinkens das Wasser durchströmen liessen und sich schlossen, so bald der Apparat nach aufwärts gezogen wurde.

8) Bei der Untersuchung der tibetischen Salzseen hatte sich ergeben, dass das Dichtigkeitsmaximum, verschieden je nach dem Salzgehalte, gewöhnlich noch näher an den Gefrierpunkt sank. Details werden in Band V. der „Results“ gegeben werden.

9) Für das Chiemseewasser kann ich damit auch den Unterschied zwischen der Quantität der Salze in den Schichten der Oberfläche und in jenen der Tiefe vergleichen; bei dem Eindampfen und Wägen war mir gefälligst Herr Dr. Bauer in seiner Apotheke zu Traunstein behülflich. Wir erhielten in 12 Unzen 1 Gran Salze im Wasser von der Oberfläche, 1³/₄ Gran in jenem aus der Tiefe. Die Quellen der Umgebung haben gewöhnlich 1¹/₂ bis 2¹/₂ Gran in 12 Unzen.

Rentbeamte Herr von Bar mir einen bereits sehr genauen Plan der Sondirungen vorlegte, und mir auch das Seil und die Winde mitgab, deren man sich bei den ersten Messungen bedient hatte.

In Beziehung auf die Anwendung des Seiles sei noch bemerkt, dass es nicht steif war, und beim Sondiren durch das Bleiloth normal gespannt wurde; das Bleiloth brachte auch in einer kleinen Aushöhlung der conischen Basis stets etwas feinen Schlamm mit aus der Tiefe empor, wodurch das Gefühl der Berührung des Bodens ebenfalls bestätigt wurde. Die Stelle, wo das Geothermometer während 4 Tage auf den Boden gesenkt blieb, wurde dadurch markirt, das am oberen Ende des Seiles ein kleiner Schwimmer, aber schwach genug, um bei seitlicher Bewegung durch den Wind den Apparat nicht heben zu können, angebracht wurde. Zum Hinabsinken brauchte das Geothermometer seines Volumens wegen unerwartet lange, 3 Minuten 20 Sekunden, so dass es leicht war, schneller als nöthig abzuwinden; zur Hebung durch Aufwinden vom Grunde bis zur Oberfläche bedurften wir nur 2 Min. 30 Sek. Der Fischer, der mir 2 Boote zu diesen Beobachtungen lieferte und mich auch begleitete, war Glas von Possenhofen; er war mir sehr behülflich, da er bereits bei den früheren Messungen Leute und Boote geliefert hatte und die Details des Sees sehr gut kannte.

Die tiefste Senkung des Seebodens ist nach oben durch eine lange und schmale elliptische Fläche begrenzt, deren eines Ende unterhalb der Linie von der Roseninsel nach Almanshausen, $\frac{1}{3}$ der Seebreite von Almanshausen entfernt, liegt, und deren Längendurchmesser nach Südwesten, gegen den Karpfenwinkel gerichtet ist; die grösste Tiefe auf dem Plane des Rentamtes ist auf 414' bayer. angegeben; directe Messungen liessen mich auch an mehreren Stellen der Längenachse jene Tiefe erreichen, welche an der Leine durch eine rothe

Marke bereits als Maximum bezeichnet war, aber eine genauere Nachmessung der von 3 zu 3 bayer. Fuss getheilten Leine im nassen Zustande ergab als Resultat 406' (statt 414') für diese Distanz. —

Im Chiemsee machte ich meine Beobachtungen Mitte September 1866. Meine Begleiter waren der Fischer Marx und der Gürtler-Fischer von der Fraueninsel.

Auch für den Chiemsee fanden sich Angaben für die Tiefe vor, auf der Karte des Oberst von Riedel und auf jener des Ingenieurs Statzner¹⁰⁾, allein die Werthe, die auf der letzteren auch durch äquidistante Horizontalen angezeigt sind, scheinen, wenigstens für den Weitsee, nur nach Schätzung eingetragen, obwohl dort eine „tiefste Stelle“ noch besonders innerhalb der Horizontalen von 500', mit 504' wie bei Riedel, angegeben ist.

Meine Sondirung ergab mir an dieser Stelle nur 231 b. Fuss; an der tiefsten Stelle, die ich fand, und zwar etwas südlich von der dort genannten, erhielt ich 273 b. F.¹¹⁾.

Die Bestimmung der Temperatur¹²⁾, mit denselben Ap-

10) Karte zum Projecte der Senkung des Chiemsee-Spiegels von Kultur-Ingenieur Statzner; Maasstab 1:40000. Druck von Wolff, München. Die Zahlen sind dieselben wie auf der Riedel'schen Karte. — So grosse Veränderungen seit der ersten Riedel'schen Karte, nach den Aufnahmen von 1810, wären sehr überraschend, wenn auch im Grabenstätter Seewinkel von 1810 bis 1851 von der Fläche des Chiemsees 205 Tagewerke durch Alluvionen der grossen Ache ausgefüllt wurden.

11) Nemlich 16020' südlich vom Ufer bei Seebruck und 15200' westlich von Chieming. Auch meine Begleiter wussten mir keine andere Stelle als etwa tiefer anzugeben. — Ob die Sonde den Boden berührte, war auch hier, so wie bereits oben erwähnt, jedesmal durch Emporbringen von Schlamm controlirt.

12) Quellen, die vom Boden des Sees ihren Ausfluss haben würden, scheinen, wenn sie überhaupt vorkommen, nur von sehr geringem Einflusse zu sein, zunächst auch der geringen Wassermenge wegen; denn sonst müssten sie sich in Wintern, in welchen eine

paraten und Instrumenten wie am Starnbergersee, ergab folgendes im Chiemsee; Höhe 1704 b. Fuss = 497.4 M.:

1866, Sept. 17., 11^h Morgens

Tiefe 273 b. F. 79.8 Meter;

Temperatur am Grunde . 7.1° C.;

„ an der Oberfläche 15.9° C. bis 16.9° C.;

„ der Luft . . . 9.1° C.;

bei heftigem Westwinde mit Regen.

Zunächst dürfte darauf aufmerksam zu machen sein, dass der Chiemsee bei 273 b. Fuss oder 79.7 Meter Tiefe eine Temperatur zeigte, welche von jener des Starnbergersees nur wenig abweicht, wenn man aus den Seite 308 angeführten Beobachtungen die Temperatur berechnet, welche dort für die Tiefe von 273' sich ergibt; und doch ist dabei im Starnbergersee die entsprechende Wasserschicht noch über 130' vom Boden des Sees entfernt, im Chiemsee ist sie in unmittelbarer Berührung damit.

Es folgt daraus, dass die Zuführung der Wärme durch die Bodenschichten (oder durch Quellen) eine nicht sehr bedeutende ist, deren Wirkung überdiess, durch das Aufsteigen erwärmter Wasserschichten, zunächst eine allmähliche Verminderung der Mächtigkeit der dichteren Schichten hervorbringt und hiedurch in eine geringe Temperaturerhöhung übergeht, die sich auf das ganze Wasservolumen vertheilt. Ganz dasselbe beweist auch, in anderer Art, das Zusam-

Eisdecke den See überzieht, markiren; solche eisfreie oder erst später sich schliessende Stellen sind aber weder am Starnberger-, noch am Chiem-See bekannt. Die Quelltemperatur in den Umgebungen des Chiemsees fand ich zu Trostberg, etwas unterhalb des Sees, 9° C., zu Traunstein, in der mittleren Quelle des Bades, Exposition NOst, 8.4° C.; Höhe des Traunsteiner Bahnhofes 2050' b. An den Ufern des Starnbergersees, dessen Niveau 1983 b. F. ist, zeigen die Quellen Temperaturen von 8.5 bis 8.8° C. Bei Landsberg am Lech, westlich vom Ammersee, fand ich sie 8.2 bis 8.6; Höhe 1940 b. F.

mentreffen des Dichtigkeitsmaximums mit der Temperatur der tiefsten Wasserschichten im Starnbergersee. Es zeigt sich dort, dass selbst die Wasserschicht, die sich als die möglichst dichte anhäuft, wenn sie auch im Sommer etwas an Masse abnehmen mag, keineswegs durch Zuführen von Wärme aus dem Boden ganz zum Verschwinden gebracht wird.

Ferner ergibt sich, dass die Erwärmung, die von den Zuflüssen, und, mit dem Steigen der Lufttemperatur in der Jahresperiode, von den oberen Schichten des Seewassers ausgeht, auch in Seen von sehr ungleicher Beckengestalt nach abwärts in ziemlich analoger Weise sich fortpflanzt, wenn in denselben die Wassermenge und die mittlere Tiefe eine gewisse Grösse erreicht haben.

In kleineren Seen dagegen, in welchen der Zufluss und Abfluss verhältnissmässig ein bedeutenderer ist, wird selbst bei einer Lage in grösseren Höhen und bei einer Beckengestalt von grösserer Tiefe die Temperatur am Grunde weniger Chance haben, dem Dichtigkeitsmaximum sich zu nähern, während, in der warmen Jahresperiode wenigstens, die oberen Schichten bei höherer Lage in denselben etwas kälter sind als im Starnberger- und im Chiem-See.

Zur Vergleichung erlaube ich mir noch, die Resultate aus Prof. Jolly's Beobachtungen ebenfalls hier anzuführen:

Königssee (Höhe 2070 b. Fuss. 604.2 M.).

19. Aug. bis 2. Sept., 1862.

Tiefe	0	—	14.9 bis 15.2 ° C.
	22.6 M.	—	7.89
	26.8	—	6.61
	37.8	—	6.58
	67.2	—	6.00
	95.5	—	5.83
	104.3	—	5.81
	153.3	—	5.38

(Königssee, Fortsetzung)

163.2 ¹³⁾ M.	—	5.50 °C.
198.0	—	5.44
204.1 ¹⁴⁾	—	5.52
216.5 = 741.7 b. F. ¹⁵⁾		5.34 ¹⁶⁾

„Die Temperatur nimmt also im Anfange sehr rasch ab; sie ist in einer Tiefe von 22.6 Meter schon um etwas mehr als 7° tiefer als an der Oberfläche; sie nimmt aber dann mit den wachsenden Tiefen nur äusserst langsam ab und nähert sich mehr und mehr der Temperatur der Maximum-Dichtigkeit des Wassers“.

Die Beobachtungen und Messungen am Obersee ergaben, am 20. Sept., 1862:

Tiefe	Temperatur
0	15.1 °C.
27.1 M.	7.55
31.4	9.12
62.3 = 213.5 b. F.	6.59

Die Erhöhung der Temperatur bei 31.4 M. war durch die Oertlichkeit bedingt; „in der Nähe dieser Stelle ergiesst sich ein wasserreicher Bach mit hohem Sturz in den See und macht die höhere Temperatur noch in beträchtlicher Tiefe geltend“.

Die Abnahme der Temperatur mit der Tiefe im Walchensee ist jener im Königssee auffallend ähnlich. Es hatte sich ergeben:

13) und 14) „Dass in diesen beiden Fällen die Temperatur etwas wärmer ist, als in den unmittelbar vorhergehenden ist lediglich den nicht genügend exacten Angaben der Instrumente zuzuschreiben“. Jolly l. c. p. 277.

15) Es ist diess zugleich die grösste Tiefe, die bei diesen Beobachtungen im Königsee gefunden wurde.

16) Diese Temperatur ist ungeachtet der bedeutenden Tiefe

Walchensee (Höhe¹⁷⁾ 2717.8 b. F. 793.3 M.
12. und 13. Oktober, 1862.

Tiefe		Temperatur
0	—	15 °C.
58.3 M.	—	6.76
97.6	—	6.07
107.0	—	6.12
248.8 = 852.5 b. F. ¹⁸⁾		5.17

noch 1.4° C. wärmer als jene der grössten Dichtigkeit des Wassers. Auch im Winter hatten neuere Beobachtungen die Temperatur in dieser Tiefe nur wenig verändert ergeben, wie mir gefälligst mitgetheilt wurde.

17) Nach Schlagintweit Phys. Geogr. der Alpen. Vol. I. p. 175.

18) Diess war die tiefste im Walchensee aufgefundene Stelle; sie ist also 32.3 M. oder 111 b. F. tiefer als jene im Königssee.

Historische Classe.

Sitzung vom 16. Februar 1867.

Herr v. Giesebrecht theilte mit, dass ein lange vermisstes lange gesuchtes wichtiges Quellenwerk sich unvermuthet gefunden habe, nämlich die für die Geschichte Deutschlands unter Konrad II. Heinrich III. und den ersten Jahren Heinrichs IV. so ausgiebigen Annales Altahenses in der von Aventin 1517 im Kloster Altaich gemachten Copie. Er bemerkte, dass die früher von ihm unternommene Reconstruction dadurch ganz bestätigt worden sei.

Herr Cornelius hielt einen Vortrag:

„Ueber die Politik Frankreichs im Beginn des deutschen Kriegs“.