

Seestudien in den Niederen Tauern

Von Dr. Alfred Merz¹⁾

Die Anregung zu den Seestudien gaben mir meine Untersuchungen im Golfe von Triest. Bereits nach einjährigem Arbeiten war ich dort zur Überzeugung gelangt, daß bei dem großen Einflusse periodischer und unperiodischer Vorgänge auf die Temperatur- und Salzgehaltsverhältnisse ein Netz fliegender, also nicht gleichzeitig angestellter Beobachtungen nicht genüge, um einen genauen Einblick in die physischen Verhältnisse des Meeres zu gewinnen. Deshalb führte ich von 1905—1908 eine Reihe meist 24stündiger Beobachtungen durch, die mir für die Kenntnis des täglichen Temperaturganges und seiner Amplitude, der periodischen Wirkung von Land- und Seewind, der Gezeiten und unterseeischer Wellen neue, überraschende Resultate ergaben, deren Bearbeitung ich hoffentlich in nicht zu ferner Zeit werde vorlegen können. Schon bei dieser Arbeit wendete sich mein Blick nach Material auch aus anderen Gebieten, um nicht von einem geographisch allzu beschränkten Standpunkt an die Lösung dieser Fragen heranzugehen. Da fanden sich nun zwar leidlich reiche Angaben für den offenen Ozean — ich erinnere nur an das meteorologische Tagebuch des Challenger oder der Valdivia —, einige spärliche auch für Seen in geringen Meereshöhen, so gut wie nichts aber für hochgelegene Seen. Und doch muß man gerade hier interessante, eigenartige Verhältnisse erwarten, da die mit der Seehöhe bedeutend zunehmende Intensität der Sonnenstrahlung und andererseits der Wärmeausstrahlung nicht ohne Einfluß auf den täglichen Temperaturgang sein kann. So beschloß ich denn, an die Untersuchung der täglichen Wärmeschwankung in hochgelegenen Seen heranzutreten und auch den

¹⁾ In etwas kürzerer Form vorgetragen in der Fachsitzung der k. k. Geographischen Gesellschaft in Wien am 18. Oktober 1909.

jährlichen Gang dieser Schwankung zu studieren, womit sich leicht die Untersuchung des jährlichen Wärmeganges verbinden ließ, der ja unzweifelhaft mit zunehmender Seehöhe wegen der dadurch bedingten längeren Dauer der Eisdecke bestimmte Modifikationen erleiden muß. Endlich wollte ich bei dieser Gelegenheit noch einem dritten Problem nähertreten: der Einwirkung der Flüsse auf die Temperaturverhältnisse der Seen. Veranlaßt wurde ich dazu durch die Lektüre von Grolls schöner Arbeit über den Öschinensee,¹⁾ der die niedrigen Tiefentemperaturen durch einen Hinweis auf Flußwirkung zu deuten sucht, während für die sommerliche Oberflächentemperatur die Frage unterdessen durch die geistreiche Untersuchung Brückners²⁾ gelöst wurde.

Zur Förderung dieser drei Probleme mußten möglichst benachbarte, aber in verschiedenen Höhenzonen gelegene Seen ausgewählt werden, die bei geringer Größe mindestens 15—20 m Tiefe sowie möglichst rasche Wasserumsetzung besitzen, um eine maximale Flußwirkung zu erhalten. In der weiteren, jedoch eventuell in zwei bis drei aufeinanderfolgenden Feiertagen noch erreichbaren Umgebung Wiens bot sich nun ein solch günstiges Gebiet in den Schladminger Tauern. Dort liegt vier Wegstunden südlich von Schladming in dem schönen glazialen Trog des Untertales, ca. 1330 m über dem Meere, der ungefähr 800 m lange, bis 300 m breite und 18 1/2 m tiefe dunkelgrüne Riesachsee. Er wird von einem zum größeren Teile schon durchsägten, prachtvoll geschliffenen Querriegel aufgestaut, während im Hintergrunde der ebene „Seeboden“, der sich nur wenig über die Wasseroberfläche hervorhebt und daher bei heftigen Regengüssen und zur Zeit der Schneeschmelze weithin überschwemmt ist, von der zuschüttenden Wirkung der den See durchströmenden Riesach zeigt, die auch gegenwärtig ein stattliches Sanddelta vorschiebt. Sie wird in ihrer Wirkung durch zwei am Nordgehänge in Wasserfällen herabstürzende Gehängebäche unterstützt, von denen der östliche, der Kaltenbach, bereits eine tiefere Rinne erodiert und ein stattliches Blockdelta in den See geworfen hat, während der westliche, der Hasenkarbach, erosiv selbst schwächer tätig, zugleich eine gewaltige Lawinenbahn darstellt, an die sich ein meist aus erdig-tonigen, vom Lawinenschnee

¹⁾ Groll M.: Der Öschinensee im Berner Oberland. Berner Diss. 1904.

²⁾ Brückner E.: Zur Thermik der Alpenseen und einiger Seen Nord-europas. Geogr. Zeitschr. 1909, Heft 6.

mitgebrachten Massen aufgebautes flaches Delta knüpft, das weit in den See ragt, den außerdem beiderseits aus gewaltigen Blöcken bestehende Schuttkegel einengen. Talaufwärts gelangt man in einer scharfen Stunde über eine prächtige Konfluenzstufe am Zusammenflusse des Sonntags- und Kapuzinerbaches zur 1700 m hoch gelegenen Preintaler-Hütte, wo sich der Weg teilt. Am Sonntagsbach entlang führt über zwei Stufen von zusammen 300 m Höhe der Pfad zu dem von Schareck, Kieseck und Waldhorn umrahmten Sonntagskar, wo, in zwei Wannен eingebettet, die beiden Sonntagskarsen liegen. Der Untere Sonntagskarsee, mit dem Riesachsee der von mir am gründlichsten untersuchte See dieses Gebietes, liegt 2000 m hoch, hat eine ungefähr herzförmige Gestalt, Horizontaldimensionen von ca. 300 m und ist über 25 m tief. Er empfängt im Hintergrunde zwei Bäche. Der stärkere kommt vom oberen See, hat ein kleines Kiesdelta in den See geworfen und ist, gegenüber dem Südosteinflusse, durch kleinere Temperaturschwankungen ausgezeichnet. Durch die mächtigen Schutthalden, die namentlich das Waldhorngehänge verkleiden, sickert Bodenwasser fein verteilt und in Form kleiner Quellstränge dem See zu, wie übrigens auch der Riesachsee Grundwasserzufluß erhält. Der Obere Sonntagskarsee, ca. 2100 m über dem Meere, von ähnlicher Größe, aber langgestreckt und nur 14 m tief, ist durch eine mächtige Wandumrahmung, über die in einem Wasserfall sein Hauptzufluß herabrauscht, einen großen Teil des Tages vor der Sonnenstrahlung geschützt. Diese drei Seen waren bisher die Hauptobjekte meiner Studien, während die im gewaltigen Klafferkessel 2300—2400 m hoch gelegenen Klafferseen, die von der Preintaler-Hütte entlang dem kalten Kapuzinerbach in ca. 3 Stunden zu erreichen sind, von einigen Stichproben abgesehen, bisher in meine Arbeiten noch nicht einbezogen werden konnten.

Nun muß ich kurz meine Untersuchungsmethoden berühren. Die Ermittlung der horizontalen und vertikalen Dimensionen war für mich nicht Selbstzweck, ich konnte mich diesbezüglich mit einfacheren Mitteln begnügen. Die Auslotung erfolgte entlang der wichtigsten Profile mit Hilfe einer Hanfleine, wobei ich mich in den meisten Fällen zur Ermittlung der Distanz der Lotpunkte auf die Notierung der Zahl der Ruderschläge und auffälliger Objekte, in deren Verbindungslinie eine Lotung ausgeführt wurde, beschränkte, ein Hilfsmittel, das sich an meinen kleinen Seen sehr gut bewährte. Auch war bei meinem kaum 1 dm tauchenden Falt-

boote der Abtrieb bei Windstille nur gering und wurde mir vom Ufer aus durch Zuruf mitgeteilt. In Ufernähe wurde überdies zur Entfernungsbestimmung das Boot mit dem Ufer durch eine gemerkte Schnur verbunden und an dem größeren Riesachsee wurden zwei Querprofile entlang gespannter Schnüre über den ganzen See gemessen. Im August d. J. wurden Kontrollmessungen mit Drahtseil vorgenommen, die eine volle Übereinstimmung mit den mittels Hanfleine gewonnenen Werten ergaben. Zur Horizontalvermessung diente ein kleines Bussoleninstrument von Neuhöfer mit Distanzmeßeinrichtung, das sich als vorzüglich erwies und ein ungemein rasches Arbeiten gestattete. Die Wasserproben für Temperaturmessungen wurden bis zum Sommer d. J. mit einer Mayerschen Schöpfflasche, wie ich sie auf der Adria benützte und wie sie jetzt auch auf den großen österreichischen Alpenseen in Verwendung stehen, entnommen. Da aber bei einer größeren Tiefe als 15 m das Öffnen der Flasche in der Sitzstellung, die ich in meinem Faltboote einzunehmen gezwungen war, nur schwer vonstatten ging, so konstruierte ich mir eine doppelwandige, außen wegen der Sonnenstrahlung glänzend vernickelte Metallflasche mit Fallgewichtverschluss und einem Liter Fassungsraum, die sich nach vielen vergeblichen Versuchen endlich in diesem Sommer bei den in meinen Seen vorkommenden Tiefen gut bewährte. Die Temperatur wurde dann an sehr empfindlichen, genau geprüften Thermometern, die bis zum Grund der Flasche versenkt wurden, abgelesen. Die auf diese Weise gewonnenen Werte sind bis auf wenige Hundertstel Grade genau. Die Lufttemperaturen wurden mit einem Aßmann gemessen.

Um das zur Beantwortung meiner Fragen nötige Material zu erhalten, wurden an einer möglichst tiefen und gegen die Seemitte zu gelegenen Stelle Reihentemperaturen gemessen, und zwar an allen Beobachtungstagen ohne Eisdecke durchschnittlich vier an einem Tage, wobei die Oberfläche mindestens mit der doppelten Zahl von Beobachtungen bedacht wurde. Durch viele Stunden aber ununterbrochen zu arbeiten, war leider in meinem Boote nicht möglich. Auf diese Art habe ich bisher am Riesachsee 46, am Unteren Sonntagkarsee 27 Reihen gewonnen. Ebenso wurde der tägliche Temperaturgang der in die Seen mündenden Bäche, des Ausflusses und des Grund- und Sickerwassers verfolgt. Nebenbei gingen Temperaturuntersuchungen im Mündungsgebiete der Bäche und über die geographische Verteilung

der Wärme im See. Über die dazu meist verwendete Methode der thermischen Quer- und Längsprofile möchte ich mir hier ein Wort erlauben, nämlich um vor der Annahme zu warnen, als ob die dabei erhaltenen Werte immer genau den tatsächlichen Verhältnissen entsprächen. Dem wirkt schon der Umstand entgegen, daß die Aufnahme eines solchen Profils selbst an einem kleinen See viele Stunden beansprucht, während welcher sich die thermischen Verhältnisse merklich ändern oder wenigstens derart periodisch modifizieren können, daß man ohne Kenntnis dieser Faktoren leicht zu gefährlichen Fehlschlüssen gelangen könnte. Ein schönes Beispiel bot eine Untersuchungsfahrt am Traunsee, die Herr Prof. Brückner mit den Herren Pokorny und Slawik ausführte und der beizuwohnen ich das Vergnügen hatte. Die Messungen ergaben am oberen und unteren Seeende in 40—60 m Tiefe eine um ca. 2° höhere Temperatur als in der Mitte. Und doch entspricht dies durchaus nicht den tatsächlichen Verhältnissen. Vielmehr zeigte eine von Herrn Pokorny am folgenden Tage ausgeführte Untersuchung, daß unterseeische Schwingungen, die ein Auf- und Absteigen der Temperatur um diesen Betrag hervorrufen, die Ursache unserer eigenartigen Messungsergebnisse waren. Ohne nun deswegen so weit wie Wedderburn¹⁾ zu gehen, der auf Grund von Dauerbeobachtungen am Loch Ness zur Überzeugung gelangt, daß alle fliegenden Beobachtungen zu verwerfen seien, muß ich aber betonen, daß unsere Kenntnisse der physikalischen Verhältnisse der Seen an Tiefe gewinnen könnten, wenn an allen wichtigen Punkten der in Untersuchung genommenen Seen Dauerbeobachtungen, möglichst an aufeinanderfolgenden Tagen ausgeführt würden oder, wenn dies wie in meinem Falle nicht möglich ist, wenigstens dieselbe Stelle vier- bis fünfmal im Tage besucht würde. In ganz ähnlichem Sinne äußert sich übrigens Richter bereits im Jahre 1897.²⁾ Nach dieser Einschaltung möchte ich noch erwähnen, daß meine Arbeiten bisher die Monate Jänner, April bis August und Oktober umfassen, also besonders in der zweiten Jahreshälfte noch einer beträchtlichen Vermehrung bedürfen, aber überhaupt bei der Fülle des Materials, das gerade die von mir behandelten Fragen fordern, wohl dazu

¹⁾ Wedderburn E. M.: The temperature of the fresh-water lochs of Scotland, with special reference to Loch Ness. Trans. of the R. Soc. of Edinburgh. Vol. XLV. S. 410.

²⁾ Richter E.: Seenstudien, S. 54. Pencks Geogr. Abhandlg. Bd. VI, Heft 2.

ausreichen, um die Richtung anzugeben, in der ihre Lösung weiterhin versucht werden könnte, nicht aber genügen, sie selbst zu lösen.

Wir wissen, daß mit zunehmender Seehöhe die jährlichen Extreme der Lufttemperatur sich verspäten, und zwar bis 2000 m das Maximum um zwei, das Minimum um eine Woche.¹⁾ Viel großartiger sind aber die Verschiebungen im Gange der Jahreskurve bei den stehenden Gewässern wenigstens jener Klimagebiete, wo sich im Winter eine Eisdecke bildet. Nur wenig scheint allerdings das Maximum verspätet, das ähnlich wie am tiefgelegenen Traunsee im September eintreffen dürfte; denn noch um den 20. August zeigte sich von Morgen zu Morgen eine mittlere Temperaturzunahme von 0·3—0·4° an der Oberfläche beider Seen, während bis anfangs Oktober die Oberflächentemperatur am Unteren Sonntagkarsee um 3°, am Riesachsee um 4° gesunken war. Gleichzeitig nimmt die jährliche Periode der Oberflächenamplitude innerhalb des von Brückner gezogenen Rahmens mit der Seehöhe ab. Beträgt sie am Traunsee ca. 20°, so erreicht sie am Riesachsee nur mehr 14°, am Unteren Sonntagkarsee noch 10°, am Oberen kaum 8°.

Im ersten Momente paradox klingt dagegen die Verspätung des Minimums mit der Seehöhe. Finden wir es am Wörther oder Traunsee im März, so tritt es am Riesachsee in 1300 m Seehöhe gegen Ende April, am Unteren Sonntagkarsee im Mai, am Oberen sogar wahrscheinlich erst in der zweiten Junihälfte ein, so daß hier ein äußerst geringer zeitlicher Unterschied zwischen Maximum und Minimum resultiert, der von 6 Monaten am Traunsee auf ca. 4 Monate am Riesachsee, auf 3½ Monate am Unteren und kaum 2½ Monate am Oberen Sonntagkarsee zusammenschmilzt. Die Ursachen dieser Erscheinung glaube ich vorzüglich in der Eisbedeckung, zum Teile auch in der Flußwirkung gefunden zu haben.

Hat sich der See mit Eis überdeckt, so beginnt sich allmählich in schneereichen Klimaten eine mächtige Schneedecke darüberzubreiten. Durch deren Druck bei gleichzeitig sinkendem Wasserspiegel wird, wie Götzing er so schön gezeigt hat,²⁾ das ursprüngliche Seeeis in das Seewasser hinabgedrückt, das zum Teile durch Sprünge und Dampföcher austretend den Schnee

¹⁾ Hann J.: Lehrbuch der Meteorologie. 2. Aufl. Wien 1906. S. 64.

²⁾ Götzing er G.: Studien über das Eis des Lunzer Unter- und Obersees. Int. Revue d. ges. Hydrobiologie u. Hydrogr. Bd. II, S. 386 ff.

in Schnee- und Schneeeis verwandelt. Ich habe den Ausführungen Herrn Dr. Götzingers, die durch meine Beobachtungen vollständig bestätigt werden, nichts hinzuzufügen, wohl aber die Wirkung dieses Vorganges auf die Wassertemperatur zu schildern. Das Seewasser ist in dieser Zeit verkehrt geschichtet; wird nun das am Unteren Sonntagkarsee bis über 50 cm dicke Kerneis in das Wasser gepreßt, so gerät es — wie ebenfalls Götzinger erwähnt — in immer wärmere Wassermassen und beginnt allmählich zu schmelzen. Dadurch wird aber dem Wasser selbst Wärme entzogen und seine Temperatur nimmt ab, solange eine geschlossene, stärkere Eisdecke die Oberfläche bedeckt, zumal auch durch die Spalten und Dampföcher kaltes Schmelzwasser von der Eisoberfläche durchsickert. Da nun derart abgekühltes Wasser leichter als das übrige Seewasser ist, muß es obenauf schwimmen und die Abkühlung wäre mithin auf die oberste Wasserschicht beschränkt. Allerdings muß man berücksichtigen, daß durch das Nachbrechen der Eisdecke im Wasser Bewegungs- und daher auch Mischungserscheinungen hervorgerufen werden. Am Riesachsee läßt sich diese Abkühlung bis ca. 4 m, am Unteren Sonntagkarsee bis über 6 m tief verfolgen und hier erreicht sie sehr bedeutende Beträge, wie folgende Tabelle beweisen dürfte, in der die Zahlen für den Riesachsee Mittelwerte aus 2 bis 4 Beobachtungsreihen sind. In wie enger Beziehung die Unter-

Tiefe	Riesachsee			Unterer Sonntagkarsee				Oberer Sonntagkarsee
	2. bis 5. Jänner 1909 (4 Serien)	19. bis 21. April 1909 (2 Serien)	29. bis 31. Mai 1909 (3 Serien)	4. Jänner 1909	20. April 1909	30. Mai 1909	8. Juli 1909	8. Juli 1909
0 m	+ 0·30	+ 0·28	+ 4·91	- 0·05	+ 0·12	+ 0·27	+ 2·30	+ 0·12
0·5 m	1·30	1·28	—	+ 1·15	0·16	—	—	—
1 m	2·25	1·95	4·91	2·10	0·43	0·64	2·45	1·5 m 0·74
2 m	2·78	2·69	4·85	2·80	1·51	0·82	2·50	2·4 m 0·94
3 m	3·03	2·97	4·83	3·15	2·51	0·99	3·5 m 2·75	—
4 m	—	—	4·82	—	3·22	1·20	—	—
5 m	3·19	3·37	4·83	3·50	3·52	1·90	—	—
6 m	—	—	—	—	—	2·88	—	—

schmelzung der niedergepreßten Eisdecke zu dem in diesen Werten ausgedrückten Temperaturgang steht, ergibt sich auch aus der mit der Zeit zunehmenden Differenz zwischen beiden Seen. Anfangs Jänner, zu einer Zeit also, wo die ursprüngliche Seeeisdecke noch unversehrt erhalten ist, stimmen die Temperaturen beider Seen bis ca. 5 m Tiefe recht gut überein. Nun beginnt in beiden die Temperatur der Oberflächenschicht abzunehmen, in viel höherem Grade natürlich am Unteren Sonntagskarsee, denn hier erreicht die Schneeeisdecke mit 1·9 m die dreifache Mächtigkeit wie am Riesachsee. Während aber nun letzterer bereits in der ersten Maihälfte eisfrei wird, womit ein starkes Steigen der Temperatur der Oberschicht verbunden ist, nimmt am Unteren Sonntagskarsee unter dem Einflusse der abschmelzenden Eisdecke die Temperatur dieser Schicht bis Ende Mai noch immer ab, so daß also von Beginn der Auflösung der Eisdecke am Riesachsee die Temperaturen beider Seen mehr und mehr divergieren, bis das Maximum der Differenz knapp vor Auflösung der Eisdecke am Unteren Sonntagskarsee erreicht wird. Während nun auch hier die Temperatur zu steigen beginnt, scheint sie am Oberen Sonntagskarsee, wo die Eisdecke anfangs Juli noch 50—60 cm stark war, noch weiter zu sinken, um in dieser Zeit ähnliche Werte wie am unteren See Ende Mai zu erreichen. Die Vereisung der Seen und ihre mit der Seehöhe zunehmende Dauer bedingt also den charakteristischen Verlauf des jährlichen Temperaturganges der oberflächlichen Schichten, dessen vorzüglichste Modifikation in der mit der Seehöhe zunehmenden Verlängerung des absteigenden Temperaturastes besteht.

Es drängt sich nun die Frage auf, wie sich gleichzeitig das Tiefenwasser verhält. Auch für dieses läßt sich nun aus meinen Beobachtungen ein interessanter Gegensatz zwischen beiden Seen konstatieren. Im Jänner hatte der Riesachsee von 15 m ab bis zum Grunde eine Temperatur von $3\cdot6^{\circ}$ — $3\cdot7^{\circ}$, während der Untere Sonntagskarsee fast in derselben Tiefe bereits $4\cdot0^{\circ}$ erreichte, also die normal zu erwartende Temperatur besaß und dabei wärmer als der an der Oberfläche etwas höher temperierte Riesachsee war. Nun aber ändert sich das Verhältnis beider Seen. Am Riesachsee beginnen die Tiefentemperaturen zu steigen und sind im April bereits um $0\cdot1^{\circ}$ — $0\cdot2^{\circ}$ wärmer als im Jänner, obwohl die Oberschicht, wie oben dargelegt, gleichzeitig erkaltet. Am Unteren Sonntagskarsee dagegen sinken die Tiefentemperaturen vom Jänner gegen April und bis in den Mai, so daß also hier das

Minimum der gesamten Wassermasse auf diesen Monat fällt. War nun für den Temperaturgang der Oberschicht die Beziehung zur Eisdecke maßgebend, so scheinen den Gang der Tiefentemperaturen wenigstens in dieser Jahreszeit hauptsächlich die Flüsse zu bestimmen. Der Hauptzufluß des Riesachsees, die Riesach, vereist selbst im strengsten Winter — am 3. Jänner 1909, einem der Untersuchungstage, herrschte eine Temperatur von -19° — nur in geringem Ausmaße, ihr Wasser ist aber nach meinen Messungen um diese Zeit nur etwa 1.0° warm. Seiner Temperatur nach sollte es also nahe der Oberfläche bleiben, aber infolge der Erhöhung seines spezifischen Gewichtes durch gelöste und suspendierte Stoffe, welche zum Teile im feinsandigen Einflußdelta, zum Teile erst auf dem mit feinem, dunkelbraunem Schlamm bedeckten Seeboden zur Ablagerung gelangen, sinkt es unter und kühlt die Tiefenschichten ab. Im April erreichen dagegen die Zuflüsse des Riesachsees bereits Temperaturen von $5-6^{\circ}$ und erwärmen nun absinkend jene Schichten, die sie im Winter abgekühlt haben. Anders aber liegen die Verhältnisse am Sonntagkarsee in 2000 m Seehöhe. Hier sind im Jänner alle Zuflüsse völlig versiegt, die Seetiefen bleiben daher vor einer Abkühlung unter 4° noch bewahrt. Wenn aber im Frühling auch hier die Schneeschmelze anhebt und damit die Flüsse wieder zu funktionieren beginnen, dann muß auch hier die Temperatur der Seetiefen fallen, denn nun strömt ihnen durch die Bäche kaltes Wasser zu. Und in der Tat sinkt hier die Tiefentemperatur bis weit in den Mai hinein. Für diese Erklärung spricht vor allem die volle Übereinstimmung des Ganges der Tiefentemperatur mit der hier angezogenen Flußwirkung. Vorausgesetzt wird dabei, daß die Flüsse tatsächlich untersinken, was ja die von mir hier gegebenen Tatsachen nicht direkt beweisen, sondern nur erschließen lassen. Für meine Anschauung sprechen aber auch meine im Sommer angestellten Untersuchungen über den täglichen Temperaturgang, deren wichtigste Resultate ich weiter unten vorlegen werde, sowie meine zur selben Jahreszeit angestellten Beobachtungen über die Temperaturverhältnisse im Mündungsgebiet der Zuflüsse. Denn selbst in der wärmeren Tageszeit, wenn die Temperatur der Zuflüsse des Riesachsees über die Temperatur der Seeoberfläche stieg, tauchten sie so rasch unter das $13-14^{\circ}$ warme Seewasser unter, daß in der Nähe des Einflußdeltas die Oberflächentemperatur auf wenige Meter Horizontalstrecke sich um

mehrere Grade änderte. Und das, trotzdem bei den sommerlichen Temperaturen die Dichtedifferenz für einen Grad Intervall größer ist als für das ganze im Winter in Betracht kommende Intervall von 0° — 4° .¹⁾ Ja das Wasser des kühleren Hauptzufflusses, der Riesach, erreichte nur in geringer Menge das vordere Ende des Deltas, die Hauptmasse stürzte, kaum der beengenden Fesseln der Ufer entledigt, sofort an den steilen Seitenböschungen des Deltas in die Tiefe. Man könnte noch, gestützt auf Uetrechts²⁾ gründliche Arbeit, einwenden, daß diese Sommerbeobachtungen nicht beweisend seien für das Untertauchen der Flüsse im Winter, da letztere im Sommer unvergleichlich mehr gelöstes und suspendiertes Material mit sich führen als in der kalten Jahreszeit. Ganz abgesehen davon, daß auch die Seen im Winter reineres Wasser als im Sommer besitzen, zeigt ein näheres Eingehen auf Uetrechts Ergebnisse, daß diese durchaus nicht gegen meine Annahmen sprechen, vielmehr ihnen eine wesentliche Stütze bieten. Er erhält nämlich als geringsten monatlichen Gesamtrückstand pro Liter Rhonewasser 0.31 g (Nov.).³⁾ Solches Wasser besitzt bei einer Temperatur von 0° ein spezifisches Gewicht von 1.00017. Nimmt man für das Seewasser nach Delebecque's Untersuchungen ähnlicher Seen⁴⁾ einen Salzgehalt von 20 mg pro Liter an, so erhält man bei einer Wassertemperatur von $+4^{\circ}$ ein spezifisches Gewicht von 1.00001, das Flußwasser von 0° ist also schwerer als das Seewasser von 4° und muß daher untersinken. Zu demselben Resultat ist übrigens bereits Brückner gelangt.⁵⁾ Man könnte aber in meinem Falle schließlich noch anführen, daß die für die Rhone gewonnenen Werte des Gesamtrückstandes für unsere klaren, durch Seebecken geläuterten Bäche nicht Giltigkeit haben, vielmehr viel zu hoch seien. Aber dieser Einwurf trifft gerade die Wintermonate weit weniger als die Sommermonate. Denn die hohe sommerliche Trübung der Gletscherflüsse wird durch die Fülle des suspendierten Materials hervorgerufen, das infolge der mächtigen sommerlichen Gletscherschmelze in den Monaten Juni bis

¹⁾ Kohlrausch F.: Lehrbuch der praktischen Physik. 10. Aufl. Leipzig 1905, S. 617.

²⁾ Uetrecht E.: Die Ablation der Rhone in ihrem Walliser Einzugsgebiete im Jahre 1904/5. Bern. Diss. 1906. ³⁾ a. a. O. S. 48. *

⁴⁾ Delebecque A.: Les lacs français. Paris 1898, S. 202/3.

⁵⁾ Brückner E.: Gutachten betreffend die Folgen, die die Ausführung der Millstätter Kraftanlage für den See voraussichtlich haben wird. Wien 1908.

August nach Uetrecht¹⁾ 81·88%, in den Monaten November bis Februar aber nur 6·57% des Gesamtrückstandes beträgt. In dieser Zeit dominiert das gelöste Material, denn der Anteil des an suspendierten Bestandteilen reichen Gletscherwassers an der gesamten Wassermenge tritt im Winter stark zurück, dagegen der an gelöstem Material reiche Grundwasseranteil um so mehr hervor. Unsere Flüsse sind nun im Winter wie die Rhone vorwiegend von Grund- und Sickerwasser gespeist und man könnte daher annehmen, daß sie einen ähnlichen Gehalt an gelösten Stoffen besitzen. Allerdings finden sich im Einzugsgebiet der Rhone zum kleineren Teile auch leichter lösliche Gesteine, ferner nimmt der Salzgehalt der Flüsse in der Laufrichtung zu und aus beiden Gründen müssen die Rhonewerte für unsere Flüsse zu hoch sein. Andererseits ist aber die Temperatur des Flußwassers im Winter nicht, wie bei obiger Berechnung zugrunde gelegt wurde, 0°, sondern wesentlich höher. Meine eigenen Beobachtungen ergaben mir für die durch eine Schneedecke gegen Ausstrahlung geschützten Bäche eine Temperatur von ca. 1·0°. ²⁾ Forster gibt für Hochgebirgsflüsse noch höhere Werte, ³⁾ womit auch die neueren vom Hydrographischen Zentralbureau in Wien publizierten Beobachtungen (z. B. für die Sill) übereinstimmen. Zumal die Temperatur des Hauptzufflusses des Unteren Sonntagskarsees (der Abfluß des oberen Sees) muß selbst im April noch über 1·5° betragen. Es läßt sich dies aus den in der ersten Tabelle gegebenen Temperaturen dieses Sees in 2 m Tiefe schließen, die von den Werten für dieselbe Tiefe des oberen Sees nur wenig abweichen dürften und daher ungefähr die Temperatur seines Ausflusses angeben. Denn aus dieser Tiefe schöpft der Seeausfluß, wie sich weiter unten ergeben wird, vorzüglich sein Wasser. Greim erhält zwar für den Jambach im Paznaun eine Wassertemperatur von nur 0·7°, ⁴⁾ aber diesen Wert muß ich auf Grund der Messungsmethode ⁵⁾ trotz Greims gegenteiliger Ansicht eher für zu niedrig als für

¹⁾ a. a. O. S. 49.

²⁾ Nur die Temperatur der durch keine Schneedecke geschützten Riesach sank bei Lufttemperaturen von — 15 bis — 19° tiefer herab.

³⁾ Forster A. E.: Die Temperatur fließender Gewässer Mitteleuropas. Pencks Geogr. Abh., Bd. V, Heft 4, S. 413—416. Er führt als Jännertemperatur an: Lech (Augsburg) 1·9°; Isar (München) 2·5°; Inn (Tiefenbach-Neubeuern) 1·4°; Sillkanal (Innsbruck) 2·2° und Salzach (Salzburg) 1·8°.

⁴⁾ Greim G.: Studien aus dem Paznaun. Gerlands Beitr. z. Geophysik, Bd. V, Heft 4, S. 656.

⁵⁾ Ebenda S. 618—620.

zu hoch halten, ganz abgesehen davon, daß dieser Gletscherbach im Gegensatze zu unseren Bächen nur sehr wenig Quellwasser erhält, das ja gerade im Winter sehr warm ist. Nehmen wir nun mit besonderer Rücksicht auf die Untersuchungen des eben genannten Autors über die Schlammführung des Jambaches¹⁾ den Gesamtrückstand unserer Flüsse pro Liter nur zu einem Drittel (0·133 g) der Winterwerte für die Rhone und ihre Temperatur zu ca. +1·0° an, so genügt das schon, um für sie ein ebenso großes spezifisches Gewicht wie für Seewasser von +4° Temperatur und 0·02 g Salzgehalt pro Liter zu erhalten. Anders liegen die Verhältnisse im Sommer. Das an der Rhone in dieser Zeit vorhandene mächtige Übergewicht der suspendierten Bestandteile wird an unseren Bächen, deren Wasser sich dann aus direkt abfließendem Regen- sowie Sicker- und Grundwasser zusammensetzt, nur nach heftigen Regengüssen in ähnlichem oder sogar noch höherem Ausmaße vorhanden sein. Dann verwandeln sich die Bäche in gelbbraune Schlammströme und ich konnte in der Tat nach solch einem heftigen, wolkenbruchartigen Niederschlage, der den Riesensee um mehr als 0·5 m steigen machte, unter der Einwirkung der ca. 8·5° warmen Bäche eine Steigerung der Grundtemperaturen dieses Sees um 0·5°, von 7·2° auf 7·7° beobachten. Sonst aber wird die sommerliche Schlammführung unserer Alpenbäche weit geringer als die der Rhone sein und wenn dann die Flüsse noch bedeutend höher temperiert als das Seewasser sind, ist es bei dem großen Auftrieb solch warmen Wassers leicht möglich, daß es nicht untersinkt. Wie weit meine Beobachtungen, abgesehen von den oben erwähnten Untersuchungen im Mündungsgebiet der Flüsse, für oder gegen diesen Fall sprechen, wird im Folgenden erörtert werden.

Fassen wir kurz zusammen, so ergibt sich als Resultat der Untersuchung des jährlichen Wärmeganges eine Verschiebung des Temperaturminimums in größeren Höhen bis in den Frühsommer, die Beeinflussung der oberen Wasserschichten durch die Eisschmelze, der tieferen durch die einmündenden Bäche.

Ich will nicht unerwähnt lassen, daß auch am Wörther und Traunsee von Jänner auf März eine Abkühlung der ganzen Wassermasse, hier bis zu 150 m Tiefe, beobachtet wurde,²⁾ die allerdings in ihren

¹⁾ Er versteht darunter die suspendierten und gelösten Bestandteile und erhält den außerordentlich niedrigen Wert von 0·07 g pro Liter.

²⁾ Richter a. a. O. S. 66—67.

Ursachen erst näher untersucht werden müßte. Der Erklärung der gelegentlich in einer gewissen Tiefe beobachteten Temperaturerhöhung während der Dauer der Eisdecke auf Grund von Wärmeleitung stehe ich dagegen nach den neuesten Untersuchungen über den Wärmeleitkoeffizienten des Wassers¹⁾ mit einiger Skepsis gegenüber.

Wenden wir uns nun dem täglichen Temperaturgange zu, so muß ich hier noch speziell vorausschicken, daß meine diesbezüglichen Ergebnisse noch lange nicht als feststehend betrachtet werden dürfen, sondern voraussichtlich noch manche Modifikationen erleiden werden, weil zur sicheren Behandlung dieses Themas weit mehr Beobachtungen erforderlich sind, als ich bisher durchführen konnte. Um nicht allzu unsichere Werte diskutieren zu müssen, werde ich mich auf die Besprechung des Temperaturganges an heiteren Sommertagen beschränken.

Für den Riesachsee standen mir zu diesem Zwecke die Beobachtungen an fünf Juli- und Augusttagen zur Verfügung. Die Oberflächentemperaturen wurden, wie erwähnt, häufiger gemessen, so daß eine graphische Auswertung möglich war. Es wurde also für jeden Tag eine Kurve des Ganges der Oberflächentemperatur konstruiert, aus der sich dann die Stundenwerte der Temperatur für 5^ha—7^hp, für welche Zeit häufigere Beobachtungen vorlagen, entnehmen ließen. Aus diesen Werten wurden Stundenmittel gebildet, die nun direkt, ohne Ausgleichung, zur Darstellung des mittleren täglichen Temperaturganges benutzt wurden. Letzterer zeigt nun, wie auch nebenstehende Tabelle ergibt, trotzdem er aus bloß fünf Beobachtungsreihen gewonnen ist, einen auffallend regelmäßigen und dabei sehr charakteristischen Verlauf.

Stündliche Temperaturänderung an der Oberfläche des Riesachsees im Sommer		Stündliche Temperaturänderung an der Oberfläche des Unteren Sonntagskarsees im Sommer	
5 ^h a—6 ^h a	..... + 0·09	.....	—
6 ^h — 7 ^h	..... + 0·20	.....	—
7 ^h — 8 ^h	..... + 0·32	.....	+ 0·05
8 ^h — 9 ^h	..... + 0·31	.....	+ 0·24
9 ^h — 10 ^h	..... + 0·32	.....	+ 0·38
10 ^h — 11 ^h	..... + 0·23	.....	+ 0·32
11 ^h — 12 ^h	..... + 0·14	.....	+ 0·13
12 ^h — 1 ^h p	..... + 0·05	.....	+ 0·20
1 ^h — 2 ^h	..... + 0·05	.....	+ 0·20
2 ^h — 3 ^h	..... + 0·10	.....	+ 0·12
3 ^h — 4 ^h	..... + 0·12	.....	+ 0·20
4 ^h — 5 ^h	..... — 0·05	.....	+ 0·10
5 ^h — 6 ^h	..... — 0·11	.....	—
6 ^h — 7 ^h	..... — 0·15	.....	—

¹⁾ Krümmel O.: Handbuch der Ozeanographie. 2. Aufl. Bd. I, S. 391.
Mitt. d. k. k. Geogr. Ges. 1909, Heft 10 u. 11

Das Maximum fällt auf 4^hp, das Minimum auf ca. 5^ha, also ähnlich wie in der Atmosphäre. Die periodische Tagesschwankung beträgt 1·9°, also fast doppelt so viel als bei heiterem Wetter auf offenem Ozean oder im adriatischen Küstengebiet (1·1—1·2°), aber nur um 0·4° mehr, als Richter für den Millstätter See angibt, während die von ihm angeführte maximale Tagesschwankung von 6° für diesen See an keinem meiner Seen je auch nur annähernd erreicht wurde. Sollte diese Amplitude wirklich reell sein, dann müßte sie wohl aus der geringen Wasserbewegung in diesem See erklärt werden. Eigentümlich ist unserer Kurve eine deutliche Abflachung zwischen 11^ha—2^hp, die durchaus nicht zufällig an meinen Beobachtungstagen auftritt, sondern für den Riesach- und wohl viele ähnliche kleine Seen typisch und in dem um diese Tageszeit regelmäßig und am kräftigsten auftretenden Talwind begründet ist, der durch Mischung und Auftrieb die normale Oberflächen-erwärmung stört. Ich möchte hier erwähnen, daß wir an Meeresküsten eine ähnliche Erscheinung, aber von entgegengesetztem Effekte haben: den im Sommer regelmäßig während der warmen Tageszeit auftretenden Seewind. Er staut warmes Oberflächenwasser an der Küste auf, ruft dadurch eine abwärts gerichtete Vertikalzirkulation hervor und trägt dadurch zur Erhöhung der Wassertemperatur bei, während er gleichzeitig als kühler Seewind die Lufttemperatur der Küstenorte ähnlich beeinflusst wie hier in den Bergen der Talwind die Wassertemperatur.

Um weitere Eigenschaften des täglichen Temperaturganges festzustellen, ist es nötig, den wegen Beobachtungsmangel fehlenden Nachtteil der Temperaturkurve (von 7^hp—5^ha) zu interpolieren. Zu diesem Zwecke muß man vor allem den Endwert der ganzen Kurve (5^ha) feststellen, dann kann man unter der allerdings nicht vollständig richtigen Annahme, daß die Temperatur während der Nacht gleichmäßig abnimmt, den fehlenden Teil geradlinig ergänzen. Als Endwert wurde nun nicht die aus den Beobachtungen erhaltene mittlere Morgentemperatur, die den Anfangswert der ganzen Kurve darstellt, genommen, sondern es wurde die mittlere Temperaturzunahme der Oberfläche von Morgen zu Morgen (die unperiodische Temperaturänderung) berücksichtigt, die sich aus den aufeinanderfolgenden Morgenbeobachtungen zu +0·36°, also auffallend hoch, ergab. Bildet man für diese ergänzte Kurve die Abweichungen der Stundenwerte vom Mittel, so ergibt sich, daß das Minimum um 1·15° unter das Mittel sinkt, das Maximum sich

dagegen nur 0.78° darüber erhebt, die Temperatur daher länger über als unter dem Mittel weilt. Die Mitteltemperatur wird $9^{\text{h}}45^{\text{m}}$ und $10^{\text{h}}35^{\text{m}}$ p erreicht. Um diese Zeit erhält man daher annähernd die wirkliche Tagestemperatur. Doch gilt dies nur für die Oberfläche, denn in der Tiefe hat der tägliche Temperaturgang andere Phasenzeiten. Leider war die Zahl der Temperaturmessungen in den einzelnen Tiefen zu gering, um eine graphische Auswertung zu ermöglichen. Da aber zur Zeit des Sonnenaufganges und um 4^{h} p jeden Tag und in der Regel auch zwischen 10^{h} und 11^{h} a Beobachtungsserien genommen wurden, so ließen sich wenigstens die mittleren Temperaturdifferenzen zwischen diesen Zeiten bilden, wie sie in nebenstehender Tabelle dargestellt sind;

Der tägliche Temperaturgang im Riesachsee in seinen Zuflüssen und in seinem Ausflusse¹⁾

Tiefe in Metern	Temperaturdifferenzen zwischen				
	$4/6^{\text{h}}$ a— 4^{h} p	4^{h} p— $4/6^{\text{h}}$ a	Differenz beider Kolumnen	$4/6^{\text{h}}$ a bis $10/11^{\text{h}}$ a	$10/11^{\text{h}}$ a bis 4^{h} p
0	+ 1.93	— 1.57	+ 0.36	+ 1.08	+ 0.46
1	+ 1.18	— 0.90	+ 0.28	+ 0.44	+ 0.74
3	+ 0.61	— 0.41	+ 0.20	+ 0.25	+ 0.35
5	+ 0.40	— 0.15	+ 0.25	+ 0.23	+ 0.17
10	+ 0.32	— 0.29	+ 0.03	+ 0.45	— 0.14
18	+ 0.08	— 0.01	+ 0.09	+ 0.13	— 0.05

Flüsse	Temperaturdifferenzen zwischen				
	5^{h} a— 4^{h} p	4^{h} p— 5^{h} a	Differenz beider Kolumnen	5^{h} a— 11^{h} a	11^{h} a— 4^{h} p
Einfluß	+ 3.75	— 3.92	— 0.17	+ 3.05	+ 0.70
Kaltenbach . .	+ 6.60	— 6.64	— 0.04	+ 4.41	+ 2.19
Hasenkarbach	+ 6.12	— 6.00	+ 0.12	+ 6.36	— 0.24
Ausfluß	+ 0.83	— 0.38	+ 0.45	+ 0.06	+ 0.77

und selbst diese wenigen Werte genügen schon, interessante Unterschiede im täglichen Temperaturgang in vertikaler Richtung auf-

¹⁾ Die Werte für 18 m Tiefe sind Mittel aus nur zwei Beobachtungstagen. Die Werte in der zweiten Kolumne sind gewonnen durch Bildung der Differenz zwischen 4^{h} p des vorhergehenden und $4/6^{\text{h}}$ a des darauffolgenden Tages.

zudecken. Selbstverständlich kann sich die Diskussion in Anbetracht des Umstandes, daß die zugrunde gelegten Werte Mittel aus nur fünf Einzelwerten sind, nur auf die auffallendsten Erscheinungen beschränken und muß Einzelheiten, die zum Teile wohl nur in der Spärlichkeit des Materials begründet sind, außer acht lassen.

Die in der ersten Vertikalreihe dargestellte Temperaturzunahme von Sonnenaufgang bis 4^h p beträgt an der Oberfläche 1·9° und nimmt bis 3 m Tiefe regelmäßig ab und zwar für die angegebenen Tiefenintervalle in dem einfachen Verhältnisse 3:2:1. Weiterhin verlangsamt sich aber diese Abnahme sehr oder mit anderen Worten, der Temperaturanstieg ist besonders in 10 m Tiefe viel größer, als man nach den entsprechenden Werten in den obersten Wasserschichten erwarten sollte. Noch schärfer tritt das hervor, wenn wir die Werte für die Temperaturzunahme zwischen Sonnenaufgang und 10^h—11^h vormittags betrachten; denn dann zeigt sich von 4 m Tiefe ab statt einer Abnahme sogar eine Zunahme des Wärmeanstieges und in 10 m ist die Temperaturzunahme in diesen Stunden fast doppelt so groß als in 3 m und fast ebenso groß als in 1 m Tiefe. Die letzte Vertikalreihe zeigt endlich, daß in der Tiefe ab 10^h—11^h vormittags bereits wieder eine Abkühlung eintritt oder wenigstens, wenn wir auf Differenzen von nur 0·1° kein allzu großes Gewicht legen, keine weitere Erwärmung mehr stattfindet. Hier tritt also das Maximum der Temperatur früher als in den oberflächlichen Schichten und jedenfalls erheblich vor 4^h nachmittags ein. Das ist umso auffallender, als sich die Wärmezunahme in 1—3 m Tiefe stark verspätet, wie ebenfalls die beiden letzten Vertikalreihen zeigen. Denn während an der Oberfläche bis 11^h vormittags die Wärmezunahme mehr als doppelt so groß ist als von 11^h a—4^h p, liegt in 1—3 m Tiefe das Verhältnis nahezu umgekehrt: die größte Temperaturzunahme erfolgt hier erst ab 11^h a. Dieser Unterschied ist leicht erklärlich. Denn der Talwind, der, wie eben erwähnt, zwischen 12^h und 2^h p am lebhaftesten und regelmäßigsten weht, mischt die oberen Wasserschichten, wodurch offenbar die Tiefen von 1—3 m bedeutend Wärme gewinnen und andererseits der Temperaturanstieg an der Oberfläche gehemmt wird.

Aber noch ein weiterer Unterschied existiert zwischen den oberen Schichten und den Werten für 10 m. Während dort der Wärmegewinn von einem Tage zum andern sehr groß ist und

wieder bis 3 m Tiefe sehr regelmäßig und zwar in dem Verhältnisse 9:7:5 abnimmt, ist dieser Gewinn hier fast Null. Es ergeben sich also kurz zusammengefaßt folgende Resultate: in 10 m Tiefe ist die Tagesschwankung der Temperatur auffallend groß, das Maximum fällt viel früher als in den oberen Schichten, der Wärmegewinn von einem Tage zum andern ist ganz unbedeutend. Die Werte für 5 m zeigen bereits eine gewisse Annäherung an diese Erscheinungen, die Werte für den Seegrund passen gut dazu, obwohl sie nur aus zwei Beobachtungstagen berechnet werden konnten.

Es lag nun allerdings die Sprungschichte nicht weit von 10 m entfernt und man könnte zur Not die Vergrößerung der Tagesschwankung auf Schwingungen der Sprungschichte zurückführen, obwohl betont werden muß, daß die Eigentümlichkeiten des Wärmeganges in 10 m Tiefe an allen Beobachtungstagen wiederkehren. Jedenfalls würden aber die übrigen Erscheinungen damit nicht erklärt werden können.

Werfen wir aber einen Blick auf den im zweiten Teile der Tabelle dargestellten Temperaturgang der Zuflüsse des Riesachsees, so fällt uns sofort die große Ähnlichkeit mit dem eben geschilderten Wärmegang in der Tiefe des Sees auf. Die Tagesschwankung ihrer Temperatur ist sehr groß und zwar $1\frac{1}{2}$ bis 3 mal größer als diejenige der Seeoberfläche, ihr Temperaturmaximum fällt wie in der Seetiefe viel früher als an der Seeoberfläche, nach meinen Berechnungen auf $2^h p^1)$ und endlich ist die Temperaturänderung von einem Tage zum anderen bei zweien sogar negativ, beim dritten nur schwach positiv. Also eine schöne Analogie zu den Erscheinungen in den tieferen Wasserschichten des Sees. Es kann danach wohl kaum bezweifelt werden, daß die Bäche im See untersinken und dort den charakterisierten Wärmegang hervorrufen. Es ergibt sich daraus die interessante Tatsache, daß der tägliche Temperaturgang in größeren Tiefen durch ganz andere Faktoren hervorgerufen wird als in den oberflächlichen Schichten und damit vielleicht auch eine Aussicht für die Bereinigung der alten Streitfrage, ob es in mittleren Tiefen der stehenden Gewässer, etwa von 10 m abwärts, eine nennens-

¹⁾ Kerner findet für ähnliche Alpenbäche das Temperaturmaximum um $1^h p$. Vgl. Kerner, F. v.: Zur Kenntnis der Temperatur der Alpenbäche. Met. Z. 1905, S. 241—248. Der Kaltenbach entfließt einem kleinen See am Fuße des Höchststein, daher die Abweichung gegenüber den beiden anderen.

werte periodische tägliche Temperaturschwankung gibt oder nicht. Nach obigen Ergebnissen dürfte sie vielerorts, wie ja wiederholt von Beobachtern behauptet wurde, zweifellos vorhanden sein. Aber nicht der Sonnenstrahlung oder gar der Wärmeleitung verdankt sie ihr Auftreten — und dagegen mußte sich der Widerspruch der Theorie wenden — sondern der Einwirkung der unter-sinkenden Flüsse oder auch, wie ich an einem andern Orte nachweisen werde, dem regelmäßigen, periodischen Auftreten von Tag- und Nachtwinden.

Ganz anders wie die Einflüsse verhält sich dagegen der Ausfluß. Er spiegelt die Temperaturverhältnisse der oberen Seeschichten (besonders bei 2 m), denen er das Wasser entnimmt, getreu wieder, daher ist die Temperaturamplitude sehr klein (ca. 1°), die größte Wärmezunahme fällt auf den Nachmittag, das Maximum ist stark verspätet. Nach meinen Beobachtungen tritt es erst nach 5^h p ein.

Wenden wir uns nun noch kurz dem Unteren Sonntagskarsee zu. Zur Verfügung standen hier bloß die Beobachtungen von drei heiteren Sommertagen, die für die Seeoberfläche auf dieselbe Art wie beim Riesachsee berechnet wurden, doch mußte einstweilen von einer Ergänzung des Nachtstückes abgesehen werden. Die Erwärmung der Oberfläche (vgl. hierzu die zweite Tabelle) beginnt erst später als am Riesachsee, da der See bis nach 8^h a im Bergschatten liegt. Dagegen steigt zwischen 9^h und 11^h a die Temperatur rascher als dort an. Darin sowie in der Tatsache, daß die periodische tägliche Temperaturamplitude von gleicher Größe (1.94°) wie am Riesachsee ist, obwohl am Sonntagskarsee der Bergschatten die direkte Sonnenstrahlung viel länger der Seeoberfläche fernhält als dort, könnte man eine Wirkung der mit der Seehöhe zunehmenden Intensität der Sonnenstrahlung erblicken. Von 11^h vormittags an macht sich ebenfalls eine wie am Riesachsee im Auftreten von Winden begründete Abflachung der Temperaturkurve bemerkbar. Maximum und Minimum treten etwas später als dort auf. Wegen des vormittägigen Bergschattens ist auch die Temperaturzunahme zwischen Sonnenaufgang und 11^h vormittags kaum größer als zwischen 11^h a und 4^h p.

Die Tiefentemperaturen genügen leider noch nicht, um eine ähnliche Gruppierung wie für den Riesachsee vornehmen zu können. Sie gestatten nur eine annähernde Bestimmung der täglichen Temperaturschwankung in den verschiedenen Tiefen und da zeigt sich

in Übereinstimmung mit den Resultaten am Riesachsee eine rasche Abnahme dieser Schwankung in den oberen Schichten, hier bis 5 m Tiefe (0.24°), dann aber in 16 und 18 m wieder eine Zunahme auf 0.33° , respektive 0.44° , die bis zum Grunde abermals einer Abnahme auf 0.24° weicht. Wieder liegen diese großen Schwankungen im Gebiete der Sprungschicht. Doch natürlicher scheint es, daß ihr regelmäßiges Auftreten darin begründet ist, daß das Flußwasser im Gebiete der Sprungschicht, die viel schwereres Wasser unterlagert, zur horizontalen Ausbreitung gezwungen wird, als daß sie den unperiodisch erscheinenden Schwingungen der Sprungschicht ihre Entstehung verdanken.
