

# Hydrochemische Untersuchungen oberbayerischer Seen.

Von

Adolf Schwager.

---

Wasser-Untersuchungen, die von mir in den geognostischen Jahresheften der Jahre 1891 und 1892 veröffentlicht wurden, hatten Quell- und Flusswasser, kurz Fliesswasser zum Gegenstand\*); die hier zu gebenden betreffen hauptsächlich Wässer der Seen, somit Wasseransammlungen, die im Gegensatz zu den erstgenannten der sehr beschränkten, wenn auch oft vielseitigeren Bewegung ihrer Theile halber gemeiniglich als stehende Gewässer bezeichnet werden.

Um uns nun von vorne herein klar zu werden, inwieferne dieser Unterschied namentlich schon bei den vorbereitenden Schritten zur chemischen Prüfung, sowohl bei Wahl des Zeitpunktes der Probenentnahme, wie jener der Probestellen, ganz besonders aber bei der schliesslichen Deutung und Bewerthung der thatsächlichen Untersuchungsergebnisse in Erwägung zu ziehen wäre, seien einleitend kurz die Ziele der vorliegenden Arbeit verzeichnet und sodann, im engsten Anschluss an diese, jene allgemeinen Beziehungen erörtert, die sich zwischen Art der Wässer und ihrem Gehalt kurzer Hand ableiten lassen.

Das nächste Ziel unserer hydrochemischen Untersuchungen liegt vor Allem in der Ermittlung des mineralischen Lösungsgehaltes der Wässer. Da dieser aber oft bedeutenden Schwankungen ausgesetzt sein kann, so ergibt sich die weitere Aufgabe, soweit thunlich den zeitlichen und örtlichen Wechsel dieses Gehaltes, wie seinen Ursachen nachzugehen. Und schliesslich besteht ihr Endzweck in der Erforschung der Abhängigkeit des gefundenen mineralischen Lösungsgehaltes von dem geologischen Aufbau des betreffenden Zuflussgebietes, mit anderen Worten, das Ergebniss der chemischen Wasseranalyse mit der bestehenden Kenntniss der geologischen Beschaffenheit der Ursprungsgebiete in Einklang zu bringen.

## Die Arten der Wässer und ihr Gehalt.

Sachgemäss scheiden sich die natürlichen Wässer in erster Linie nach ihrer Stellung zur Erd feste.

---

\*) AD. SCHWAGER, Untersuchungen an Quell- und Flusswasser aus dem Fichtelgebirge etc. Geogn. Jahreshefte 1891, und AD. SCHWAGER, Hydrochemische Untersuchungen im Bereich des unteren bayerischen Donaugebietes. Geogn. Jahreshefte 1893.



Ueber derselben befinden sich die Meteor- oder Niederschlagwässer d. h. Wässer, welche in irgend welcher Form oder aus irgend welchem Aggregatzustand hervorgegangen zur Erde hin bewegt werden.

Oberflächen- und Tagwässer sind alle sichtbaren Wässer auf der Erdoberfläche zu nennen, die einerseits nach unten von den geschlossenen obersten Erdschichten und anderseits nach oben von der geschlossenen Atmosphäre begrenzt werden.

Endlich unterscheiden wir Bodenwässer (im erweiterten Sinne des Begriffes Boden), das sind alle Wässer, die von den Erdschichten umschlossen werden.

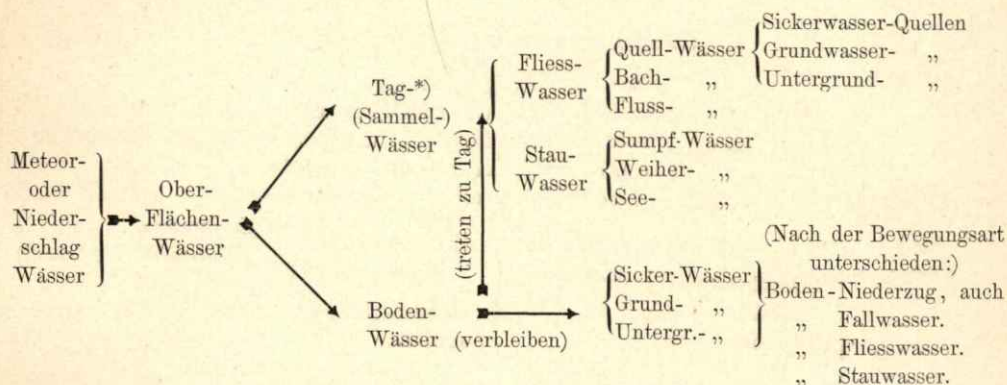
Erwiesenermassen bilden die Niederschlagwässer die Erstlingsform fast ausschliesslich für alle sonstigen natürlichen Wässer.

Zur Erde gelangt, mit dieser einseitig in Berührung, werden die Niederschläge zu Oberflächenwässern vereinigt, diese sammeln sich weiter einerseits zu Tage in den Rinnsalen der dauernd fliessenden Gewässer oder werden in natürlichen Becken in Sümpfen, Weihern und Seen aufgestaut.

Ein grosser Theil aber versetzt während des oberirdischen Abflusses im Boden, um meist nach kürzerem oder längerem Lauf als Quellen oder Grundwasserabflüsse wieder an die Erdoberfläche, **zu Tage**, zu gelangen und so den eigentlichen dauernden Bestand der Tagwässer (die sich nach dem oben Gesagten somit als Fliess- und Stauwasser unterscheiden lassen) zu bilden.

Eine schematische Darstellung dieser Scheidung der Wässer würde etwa wie folgt zu geben sein:

### Unterscheidbare Arten der Wässer.



Ergänzend sei noch bemerkt, dass hier unter Sickerwaser (Niederzugwasser) die direkt absinkenden, somit mehr oder minder lothrecht versitzenden Bodenwässer gemeint sind (Bodenfallwasser).

Als Grundwasser bezeichnen wir die im Bereich der Verwitterungsschicht und in den durch atmosphärische Einflüsse gelockerten und zertheilten obersten Erdlagen, sowie in dem jüngeren Schwemmlande auf weniger durchlässiger Unterlage, dem **Untergrund**, gestauten Bodenwässer.\*\*)

\*) Werden alle sichtbaren Wässer der Erdoberfläche als Tagwässer bezeichnet, so würde deren andauernden Vereinigung an bestimmten Oertlichkeiten der Name Taggewässer zufallen.

\*\*) Es ist leicht erklärlich, dass das jüngere Schwemmland, soweit es die Tagwässer seitlich begleitet, ganz besonders zur Führung von Grundwasser geeignet erscheint, nur ist in diesem Fall zweierlei Herkunft der gesammelten Bodenwässer zu unterscheiden. Es kommen nämlich erstens



Da im Allgemeinen die Grundwasserschicht mehr oder minder der Neigung der Erdoberfläche folgt, mit dieser gleichgestellt verläuft, so tritt auch grösstentheils in den in ihr aufgesammelten Wässern eine den Tagwässern gleichlaufende Bewegung ein. Wir erhalten dergestalt die sogenannten Grundwasserströme, deren möglicher Tagaustritt die Grundwasser-Quellen und -Abflüsse bildet.

Indem wir hiemit die Beziehungen der Wässer zur Erd feste, unter Beschränkung auf das Nothwendigste, des Näheren erörtert und die Wässer in diesem Sinne zu scheiden versucht haben, wird uns weiter das Verständniss für die Abhängigkeit und Veränderlichkeit ihrer Gehaltsführung, im Wesentlichen ein summarischer Ausdruck eben genannter Beziehungen, bedeutend erleichtert erscheinen.

Um vorweg den Begriff Gehalt in dem hier verstandenen Sinne festzustellen, so umfasst dieser alle Bestandtheile eines Wassers, welche dasselbe ausser den normalen, der chemischen Verbindung  $H_2O$ , führt.

Im Folgenden geben wir eine allgemein verständliche schematische Darstellung der zu unterscheidenden Wassergehalte.

Doch liegt es nahe, dass diese Gehaltsgliederung, die inhaltlich zwar nahezu abgeschlossen erscheint, noch vielfacher Erweiterung und Ausgestaltung fähig sein wird. Es sollte diese Eintheilung eigentlich nicht bloß den augenblicklichen Stand an den zu unterscheidenden Gehalten der weitverzweigten Sippe der natürlichen Wässer in sich schliessen, sondern auch dazu dienen, die Wanderungen und Wandlungen dieser Gehalte, ja ihren inneren Zusammenhang aus einer solchen Darstellung zu ersehen. Es ergibt sich in der vorbereiteten Fortsetzung zu den vorliegenden Seeuntersuchungen vielleicht geeignete Gelegenheit, diesen Gedanken in einem Versuch näher zu treten.

### Gehaltsscheidung der Wässer.

Gehalt der Wässer	Lösungs- Gehalt	{ Gase (Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure u. s. w.) flüchtige Stoffe ( $NH_3$ , $HCl$ , $SO_2$ , $H_2SO_4$ , $HNO_2$ , $HNO_3$ etc.) feste Bestandtheile { unorganische (mineralischer (Abdampf- oder { Lösungsgehalt) Trockenrückstand) { organische			
	Schwebender (Trift-) Gehalt	{ unorganischer { Abschwemmung { freischwebend (mineral.) { (Flöss- oder Triftschutt) { Ausscheidung { halbschwebend { { (Roll- oder Schleppschutt) { unbelebt { belebt (niedere Pflanzen und { Süsswasser- { { Thiere) { Plankton			

Vorstehende, wie berührt, noch der Erweiterung fähige Gehaltseintheilung spricht schon für sich, welch' weites Arbeitsfeld einer halbwegs im Einzelnen erschöpfenden und zugleich vergleichenden Wasseruntersuchung zukommen würde, die somit auch den örtlichen und zeitlichen Wechsel dieser Gehalte mit in den Kreis ihrer Betrachtung zöge.

Der Werth, den solche nicht einmal auf breitest gedachter Grundlage zu übende Untersuchungen nicht bloß für die nähere Kenntniss der Wässer, bei Haupt-

die reinen Sickerwässer, die sich dem natürlichen Gefälle des Untergrundes entsprechend thalwärts und dem Tagwasser zu bewegen (Sickergrundwässer), in Betracht und dann zweitens die nach Möglichkeit seitlich von den benachbarten Tagwässern je nach ihrem Höhenstand in die Grundwasserschicht eindringenden Quetsch- oder Druck-Grundwässer.



### Arten- und Gehalts-Tabelle der Wässer.

Art des Wassers	Gehalt*)
Niederschlag-Wässer	<p>Normale und sonstige Bestandtheile der Luft.</p> <p>Normale: Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure.</p> <p>Zufällige und sonstige { Gase (Ozon, Methan etc.) flüchtige Stoffe (Ammoniak, schweflige-, Schwefelsäure etc.) feste Stoffe { unorganische (Salze, z. B. NaCl, miner. Staub u. s. f.) organische { belebt { (Keime und Staubtheile) unbelebt { von Thieren u. Pflanzen.)</p> <p>Gehaltseigenart: Gas- (bes. Sauerstoff) reich, rückstandsarm bis rückstandsfrei, flüchtiger und schwebender Gehalt örtlich wechselnd, meist unbedeutend.</p>
Oberflächen-Wässer	<p>Gehalt der Niederschlagwässer + lösliche und abschwemmbar Theile der obersten Erdschichten.</p> <p>Sauerstoff-Ab- und Kohlensäure-Zunahme, die flüchtigen Stoffe meist zu fixen verbunden oder umgesetzt. Lösliche Verwitterungsprodukte und Salze der Tagschichten erhöhen wesentlich den Lösungsgehalt, der schwebende tritt besonders stark hervor und ist vorwaltend mineralischer Natur.</p> <p>Gehaltseigenart: Gasverlust durch Entbindung und chemische Bindung. Wasser somit gasarm, ansteigender Lösungsgehalt; hervorragende Betheiligung des schwebenden Gehaltes.</p>
Quell-**) und Boden-Wässer	<p>Lösungsgehalt der Oberflächenwässer + lösliche Bodenbestandtheile.</p> <p>Mit der weiteren Abnahme des Sauerstoffs tritt eine Anreicherung der Kohlensäure, entsprechend der Zusammensetzung der Bodenluft, auf. Die schwebenden Stoffe werden in Folge ihrer Eigenschwere oder durch Bodenfiltration zur Abscheidung gebracht. CO<sub>2</sub>-Gehalt, innige Berührung mit den Erdschichten und ansteigende Bodenwärme bedingen nach der Tiefe zu meist stark vermehrten mineralischen Gehalt.</p> <p>Gehaltseigenart: CO<sub>2</sub>-reicher als die anderen Wässer; schwebender Gehalt fehlt oder ist verschwindend gering. Bei petrographisch wenig verschiedenen Ursprungsschichten nach der Tiefe stetig ansteigender mineralischer Gehalt.</p>
Fliess-Wässer { Nieder-Wasser Hoch-Wasser	<p>Als Sammeladern von Quell- und Grundwasser zumeist, theilen die Niederwässer die Gehaltseigenart der letztgenannten, somit der Bodenwässer im Allgemeinen.</p> <p>Als Sammeladern von Quell- und Grundwasser + Oberflächenwasser ist der Gehalt der Hochwässer ein wechselnder je nach Vorherrschen einer der angeführten Wasserarten. Da meist Oberflächenzufluss das Hochwasser bedingt, so tritt zu dem Lösungsgehalt der schwebende besonders augenfällig als „Flussstrübe“ in die Erscheinung. Nur unter Zutritt von Oberflächenwasser zeigt sich das Flusswasser gehaltsärmer d. h. weicher, als im Allgemeinen die Quellen seines Ursprungsgebietes es sind.</p>
Stau-Wässer { Nieder-Stand Hoch-Stand	<p>Ansammlungen von Niederschlagwasser, oder Niederschlagwasser + Oberflächenwasser, oder Niederschlag-, Oberflächen- und Bodenwasser, oder endlich Ansammlung aller Wasserarten mit Einschluss des Fliesswassers. Da auch beim niederen Stand den Seen ein grosser Theil von Niederschlag- und Oberflächenwasser einverleibt bleibt, so ist der Gehalt der Stauwässer fast stets geringer als der von Fliesswasser; dagegen tritt die organische Gehaltsmenge zu Zeiten in den Vordergrund.</p> <p>Zu den vorhandenen Ansammlungen tritt noch Niederschlag- und Oberflächenwasser. Der Lösungsgehalt sinkt daher, wogegen der schwebende zeitweise örtlich beträchtlich ansteigen kann.</p>

\*) Siehe auch den Abschnitt: „Allgemeine Lösungsbedingungen der natürlichen Wässer“ in der Abhandlung: Hydroch. Unters. i. Ber. d. bayer. Donaugebietes. Jahresh. 1893. S. 79.

\*\*) Da sich die Quellen als eben zu Tag getretene Bodenwässer darstellen, so kann die Gehalts-eigenart beider keine nennenswerthe Verschiedenheit aufweisen. Beide Arten sind somit gemeinsam behandelt.

†) Nur in der Dauerform zu den Gewässern zu zählen.



beachtung der mineralischen Gehalte, für die Geologie der Zuflussgebiete, ja für Geologie und Geognosie im Allgemeinen, haben könnten und bei richtiger Führung haben müssen, dieser Werth, sollte man meinen, würde selbst dem Laien einleuchten. Es genügt hier wohl der einfache Hinweis, dass die gegenwärtigen wie alle früheren geologischen Vorgänge, mögen sie in blosser Stoffumformung oder in Stoffumswechsel bestehen, weitaus zum grössten Theil Wirkungen des Wassers für sich oder im Verein mit seinen Begleitgehalten darstellen. Der Schlüssel aber zum nächsten Verständniss verborgener wie vergangener geologischer Ereignisse kann nur in der Erkenntniss der sich vor unsern Augen abspielenden, mit unseren Sinnen fassbaren erdgeschichtlichen Geschehnisse zu suchen sein.

Es erübrigt uns jetzt nur mehr, um die orientirenden allgemeinen Betrachtungen zum Abschluss zu bringen, die gegebene Gehaltseintheilung auf die unterschiedenen Wasserarten anzuwenden. Um eine leichtere Uebersicht der ursächlichen Beziehungen von Gehalt und Wasserart zu gewinnen, ist für diese Darstellung die tabellarische Anordnung gewählt (S. 53).

Wie wir oben die Gewässer im Allgemeinen, der Zusammensetzung ihrer Art und Masse und, hiermit in engster Verknüpfung, der generellen Gehaltsführung nach zu sichten unternommen, so obliegt es uns im Fortschreiten unserer Darstellung

### die Untersuchungsobjekte

unter gleichen Gesichtspunkten im Einzelnen und Besondern in's Auge zu fassen.

Was zunächst die Wahl der zu untersuchenden Seen betrifft, so wurden vorerst die grössten im östlichen bayerischen Hochgebirge und in seinem unmittelbar anschliessenden Vorland gelegenen in Betracht gezogen. Es sind dies der Königssee, Chiemsee, Schliersee, Tegernsee, Walchensee und Kochelsee.

In geographischer, speziell physikalischer Hinsicht fanden genannte Seen im Verein mit den übrigen Seen der deutschen Alpen durch Dr. ALOIS GEISTBECK\*) eine eingehende Bearbeitung, und es wird sich bei der Verfolgung unserer Aufgaben noch öfters Gelegenheit bieten auf diese verdienstliche Schrift zurückzukommen und zu verweisen.

GEISTBECK gliedert unter andern die Seen nach ihrer Stellung zum Gebirge. Er unterscheidet im Gebirge: Hoch- und Thalseen, an und vor dem Gebirge: Rand- und Vorlandseen.

Thalseen, im GEISTBECK'schen Sinne, wären Königssee und Walchensee; als Randseen der Schliersee und Tegernsee und als Vorlandseen Chiemsee und Kochelsee zu bezeichnen.

Wenn wir uns dieser Eintheilung auch willig anschliessen, so werden wir doch bald gewahr, dass sie uns in Bezug auf Gehaltsvertheilung wenig oder doch nicht genügend Anhalt bietet und wir naturnothwendig dahin gedrängt werden, die oben angeführte artliche Scheidung der Gewässer, je nach Hauptbetheiligung dieser oder jener Art, zur näheren Kennzeichnung auch auf unsere Seen in Anwendung zu bringen.

In der tabellarischen Uebersicht ist in der Abtheilung „Stauwässer“ vermerkt, dass Ansammlungen aller übrigen verzeichneten Wasserarten zur See-

\*) DR. A. GEISTBECK, Die Seen der deutschen Alpen, eine geographische Monographie. Herausgegeben v. Verein f. Erdkunde zu Leipzig. Leipzig 1885.



bildung Anlass geben können. Auch ist an gleicher Stelle als kennzeichnend hervorgehoben, dass die für gewöhnlich dauerndere Einverleibung beträchtlicher Massen von Niederschlag- und Oberflächenwasser das Seewasser durchschnittlich viel rückstandsärmer erscheinen lässt als diess beim Fliesswasser der Fall ist.

Schliessen wir daher Niederschlag- und Oberflächenwasser in die Begriffe Regen- und Schmelzwasser zusammen (diese Bezeichnung würde den Niederschlagwässern so lange zukommen, bis ihr andauernder Zusammenschluss an bestimmten Oertlichkeiten sie zu „Gewässern“ im gebräuchlichen Sinne stempelte), so könnte einer grossen Anzahl von Seen, vor Allen jenen des Gebirges als Qualitätsbezeichnung der Name **„Regen- oder Schmelzwasserseen“** beigelegt werden. Erweist sich diese Bezeichnung überhaupt als gangbar, so möchte doch nur jenen Stauwässern dieser Name zuerkannt werden, die fast ausschliesslich genannten Wasserarten, aber sonst keinem anderen sichtbaren noch denkbaren Faktor ihre Entstehung in nennenswerther Weise verdanken.

Die räumliche Ausdehnung unserer Seen schliesst von vorne herein die Möglichkeit aus, diese Bezeichnung auf einen oder den andern derselben anzuwenden.

Auch reine **„Quellseen“**, noch weniger **„Grundquellseen“** oder **„Grundwasserseen“** werden wir unter den gedachten Seen zu suchen haben.

Liegen die Staubecken zu Anfang einer Abflussrinne, d. h. bilden, zum grössten Theil, kurze, mehr oder minder gleichwerthige Quellabflüsse diese Wasseransammlungen, so könnte man von **„Ursprungsseen“** sprechen, mit der oben entlehnten weiteren orographischen Unterscheidung: vor, an und in dem Gebirge.

Letztere Bezeichnung, **Ursprungsseen im Gebirge**, wäre unbedenklich auf den Königs- und Walchensee zu übertragen, während der Schliersee als **Ursprungssee an dem Gebirge** gelten könnte.

Wird die Masse einer oder auch mehrerer Hauptwasseradern zum See mit offenem natürlichem Abfluss gestaut, wie diess beim Tegernsee durch Weiss- und Rothache geschieht, und dessen Abfluss dann die Mangfall bildet, oder beim Chiemsee, der von der Achen sichtlich zumeist gespeist wird und der in der Alz seinen Abfluss findet, so ergiebt sich bei dieser Art von Seen die Benennung **„Durchflusseen“** von selbst.

Ob der Kochelsee mit seiner Anlehnung an den Loisachfluss noch als Durchflussee zu gelten habe, bleibt, trotz unzweifelhaft bestehenden Wechselinflüssen beider Wässer, doch sehr fraglich. Hier würde die Bezeichnung **„Anschlusssee“** noch am ehesten den thatsächlichen Verhältnissen gerecht werden.

Nach dieser vorläufigen Kennzeichnung der zunächst in vorliegender Abhandlung zu bearbeitenden Seen wenden wir uns nunmehr dem ausführenden Theile dieser Arbeit zu.

## Der Untersuchungsgang.

### Vorbereitung.

Was die Wahl des Zeitpunktes der Probenentnahme betrifft, so wird bei dieser vor Allem darauf zu achten sein, dass die etwa zu sammelnde Reihe von Proben unter thunlichst gleichen Bedingungen für ihre Gehaltsführung zu stehen kömmt.

Aus der einführenden Besprechung ist zu entnehmen und leicht weiter abzuleiten, welch' inniger Zusammenhang zwischen artlicher Abstammung und Gehalt der Wässer sich ergiebt.



So verursacht für die Tagwässer in der Regel Niederwasser einen hohen mehr constanten Lösungsgehalt und geringen bis verschwindenden schwebenden Gehalt. Umgekehrt führt Hochwasser sinkenden und wechselnden Lösungsgehalt und das Maximum der schwebenden Stoffe herbei.

Wasseruntersuchungen mit ausgesprochen geologischen Zielen können sonach den Zweck verfolgen, bei dem Hauptinteresse, das hierbei dem mineralischen Gehalt der Wässer zufällt, entweder nach niederschlagsarmer oder niederschlagsloser Zeit den Lösungsgehalt oder während einer an Niederschlägen reichen Zeit den schwebenden Gehalt der Wässer zum Gegenstand der Ermittlung zu machen. Eine abschliessende Arbeit vorgedachter Art würde natürlich, von den Extremen der Wasserführung aus, die berührten Gegensätze in den unterschiedenen mineralischen Gehalten zum Ausgangspunkt ihrer Forschungen zu machen haben.

Unter diesen Gesichtspunkten, jedoch beschränkt in der freien Wahl durch den gegebenen Auftrag in Bezug auf die Zahl der Proben und zuletzt durch widrige Witterungseinflüsse zum vorläufigen Abschluss der Vorarbeiten gezwungen, wurden im niederschlagsarmen Winter 1897 auf 98 die Proben der hier behandelten Seen vom Verfasser geschöpft.

Es muss als selbstverständlich gelten, dass für die gesammte Reihe der Proben einheitliche Gefässe zur Verwendung kamen, dass auf deren Reinheit die peinlichste Sorgfalt verwendet, und dass die Verschlusskorke vor dem Gebrauch einer mehrmaligen gründlichen Auskochung mit destillirtem Wasser unterworfen wurden.

Die Probenentnahme in tieferen Wasserschichten geschah mittelst eines metallenen Hohlcyinders, dessen beiderseitiger automatischer Verschluss in beliebiger Tiefe durch entsprechend kräftiges Anziehen der Messschnur bewerkstelligt wurde. Diese selbst war durch fest angeknüpfte, mit Bienenwachs durchtränkte, kurze farbige Wollfäden leicht kenntlich markirt.

Die Temperaturbestimmungen nahe der Oberfläche wurden mit einem gewöhnlichen Quellenthermometer ausgeführt, dessen Quecksilbergefäss, theils zum Schutz, theils um die zu beobachtende Temperatur für längere Zeit festzuhalten, mit einem fleischigen Gummirohrstück überzogen war. Temperaturen grösserer Tiefe wurden mit einem entsprechend montirten Six'schen Maximum- und Minimumthermometer gemessen.

Die Hebung der Seegrundproben geschah mittels eines schweren (2 kg) Becherlothes von der für gleiche Zwecke gebräuchlichen Form und Anordnung.

### **Ausführende Arbeiten und Beobachtungen im Felde.**

Der Uebersichtlichkeit halber lassen wir die kurze Schilderung der an Ort und Stelle gemachten, oft sehr zeitraubenden Untersuchungsarbeiten, der örtlichen Lage der Seen nach von Osten nach Westen fortschreitend, folgen.

Wir beginnen mit dem Königssee, dem östlichsten der Reihe.

Die Zeitwahl für diesen (4. I. 98) war gerade keine günstige, da einerseits die Beeisung im Hauptsee noch zu schwach befunden wurde, um eine Begehung rathlich erscheinen zu lassen, andertheils ein Befahren des Sees mit dem Boote an und für sich nur im engen Raum des offenen Sees zulässig schien. Die Probenentnahme konnte daher nur längs dem Rand der von der Mittagssonne und dem Bergwind noch offen gehaltenen Theile am Malerwinkel geschehen. Andere Proben wurden dem Abfluss, der Königsseer Achen, entnommen.



Herrschte auch im geschlossenen Gebirgstheil von Königssee und Berchtesgaden zur selben Zeit, trotz strahlendem Sonnenschein über den Bergen, in den schattigen Thälern eisiger Winterfrost, so waren die Kulturflächen doch meist schneefrei. Der Schnee war aber nicht, oder nur zum geringsten Theil, der Sonnenwärme gewichen, war augenscheinlich verdampft und verdunstet; denn selbst die tiefer gelegenen, nach Lage und durch den regen Winterverkehr wärmeren Wege starrten noch im festen Eise, das sich natürlich der Verdampfung weniger geneigt gezeigt als der lockere Schnee.

Das schneefreie Land und die gelichtete Decke der Berghänge ringsum liessen deutlich eine vorausgegangene niederschlagslose Zeit erkennen. Dem entsprach auch der günstig-niedere Stand des Sees, der erst, gut gemessen, 1 m über dem sichtbaren die deutliche Marke seines andauernd höchsten Standes trug. Zur Mittagszeit, bei hellem Sonnenschein, zeigte die Luft am Schöpfort 6—9° C., das Wasser des Sees 3,2° und der Ausfluss 3,4° C. Die sonstigen physikalischen Beobachtungen werden besser am Schluss dieses Abschnittes für die Seereihe gemeinsam zur Sprache zu bringen sein.

Chiemsee. Die Schöpfzeit (3. Jänner 1898) für diesen See erwies sich, nicht blos hinsichtlich der augenblicklichen Geschäfte am weiten See, da fast völlige Windstille und klarer Himmel herrschte, sondern auch bezüglich der sonstigen Umstände für den Werth der gehobenen Proben ungemein günstig. Das ganze flache Ufergelände war vom Schnee befreit, der See bis auf verschwindende Theile der Westseite eisfrei. Der Pegelstand in Stock betrug 0,2 m (0,0 tiefster Stand, der höchste mit 2 m verzeichnet).

Wasserproben wurden geschöpft: 1 km O. Frauenwörth, 1 m Tiefe (Temp.: 4,6° C.); 10 m Tiefe (4,3°); 20 m Tiefe (4,2°); Chiemsee-Achen nächst Uebersee\*) (2,6°); Chiemseeausfluss (Alz; 3,1°). Grundproben des Sees: 1 km SW. Frauenwörth aus 17 m, und 1 km O. Frauenwörth (über der Schöpfstelle) aus 67 m Tiefe (grösste Tiefe nach GEISTBECK 74 m).

Die Oberflächentemperaturen nahe den Uferstellen schwankten von 3,8° (in der Nähe von wenigen treibenden abgeschmolzenen Eisstücken) bis 4,2°, der Weisse (der mittlere Theil des Sees) hatte im Maximum 4,8° (Mittags bei 10° C im Schatten). In der Tiefe von 67 m wurden 4,3—4,4° C. gemessen.

Schliersee. Die bislang andauernde Trockenperiode schien dem Ende zu nahen, leichte Schneefälle mahnten zur Eile. Am 18. Februar 1898 wurden bei einbrechendem heftigem Schneefall, der den Tag über bis 1 m Höhe erreicht, 1 km südwestlich vom Ort Schliersee Wasserproben der Oberfläche (2,1°) und aus 10 m Tiefe (4,2°) geschöpft, gleichzeitig eine Grundprobe derselben Stelle bei 39 m Tiefe gehoben (grösste Tiefe des Schliersees nach GEISTBECK 39 m).

Der Wasserstand des Sees war noch ein tiefer, etwa 0,6 m unter dem zeitweise höchsten. Der See hatte diesen Winter schon eine Eisdecke getragen, die aber Wind und Sonnenwärme zerstört hatten. Zur Schöpfzeit trugen nur spärliche Theile am östlichen Ufer schwache Vereisung.

Tegernsee. Am 1. März 1898, nachdem der Morgen heftiges Schneegestöber gebracht, wurden gegen Mittag See und Gebirge klar, um welche Zeit 1750 m NW.

\*) Selbst dieser weit in's innere Gebirge reichende Gebirgsfluss führte Niederwasser und daher auch keine bemerkbaren schwebenden Stoffe. Sein gesamntes Zuflussgebiet stand sonach zur Schöpfzeit unter dem Einfluss andauernder Trockenheit.



Ort Tegernsee Wasserproben der Oberfläche (2,2—2,4° C. und aus 10 m Tiefe (4,5°) geschöpft wurden. Zu gleicher Zeit und am gleichen Ort wurde eine Grundprobe aus 68 m Tiefe gehoben (grösste Tiefe des Tegernsees nach GEISTBECK 72 m, ungefähr 1 km NWN. der Schöpfstelle).

Der See trug nur in der Gmund'ner Bucht und randlich bis St. Quirin eine brüchig gewordene Eisdecke.

Der Wasserstand lag etwa 0,5 m unter dem höchsten des vorigen Jahres und nur wenige Centimeter über dem tiefsten zu Neujahr.

Als wünschenswerthe Ergänzung wurde noch eine Wasserprobe vom Ausfluss des Sees, von der Mangfall, in Gmund (Wasser 2,2° C., Luft 5 Uhr Abends 4,8°) geschöpft.

Walchensee und Kochelsee. Am 7. Jänner 1898 wurden bei wechselnden Sprühregen nach langanhaltender Trockenheit, 1 km S. Urfeld, aus 1 m Tiefe (4,2°, Luft 5° C.) und aus 10 m Tiefe (4,2°) Wasserproben aus dem Walchensee geschöpft und über der Schöpfstelle aus etwa 70 m Tiefe\*) eine Grundprobe gehoben (grösste Tiefe des Sees, ungefähr 1 km SWS. bis S. vom Schöpfort, 196 m nach GEISTBECK). Der See war bis auf geringe Theile der Walchenseer (Ort) Bucht eisfrei geblieben.

Nach Fischer Sittel's (in Urfeld) Aussage befand sich die Seefläche 0,85 m unter dem höchsten Stand des Jahres 1897 und nur wenig höher als im Jahre 1851, dem beobachteten tiefsten Stand.

Einsetzender Nebel und folgender Regen zwangen zu Nothproben aus dem Kesselbach (8,5°) und dem Kochelsee (Wasser 5,1°; Luft 5,0° C.), die aber leider der Ungunst der Verhältnisse halber die beabsichtigte Ergänzung und einen den übrigen Proben völlig gleichwerthigen Ersatz nicht fanden.

Die chemische Analyse der Kesselbachprobe sollte der vor Zeiten vielumstrittenen Frage, ob dieser mächtige Quellbach einen unterirdischen Ausfluss des Walchensees darstellt, näher treten.

Die Probe aus dem Kochelsee entstammt dem Ufer an der Kesselberger-Bucht (grösste Tiefe nach GEISTBECK, ungefähr 2 km WSW. von der Schöpfstelle, 65 m). Der Tiefstand des Kochelsees betrug etwa 1,5 m unter dem Hochstand vom Jahre 1897.

Ueberblicken wir nochmals das Ergebniss der ausführenden Vorarbeiten, so muss hervorgehoben werden, dass dasselbe ein im Ganzen für die Zwecke der Untersuchung über Erwarten günstiges zu nennen ist.

Qualitativ sind die gesammelten Proben, bei dem durch die angeführten Daten festgestellten, durchgängig tiefen Stand der Seen, gleichwerthig und geben in den unten folgenden Analysen so zu sagen „den eisernen Bestand“ im Lösungsgehalte der untersuchten Seen.

Doch ist Eines zu bedauern, dass besondere Umstände, die oben berührt sind, es nicht gestattet haben, die Untersuchung auf weitere Punkte der Seeflächen, auf grössere Tiefen und nicht berücksichtigte Hauptzuflüsse der Seen auszudehnen.

Nur noch einige Worte über die gemessenen Temperaturen, den etwaigen Einfluss der Wärme auf die Gehalts-Vertheilung und über die Farbe der Seen.

Die vorhin verzeichneten Wärmebeobachtungen an den gesammelten Wässern, die in der Analysentabelle eine übersichtlichere Zusammenstellung erfahren, zeigen auffallend geringe Unterschiede.

\*) Einbrechender Wind brachte das Boot zum Treiben, und unter solchen Umständen ist eine genaue Tiefenlothung unmöglich.



Die hervorstechende höchste Zahl (8,5) gehört einem Quellwasser an, ist bei dieser Betrachtung daher auszuschalten; auf die ihr eigene Bedeutung wird später zurückzukommen sein.

Noch geringer erscheinen die Wärmeunterschiede, wenn die Oberflächen-temperaturen, die naturgemäss nach den äusseren Einflüssen zunächst schwanken, ausser Betracht gehalten werden. Wir sehen dann die grosse Masse der einzelnen Seen zur Zeit unter der Herrschaft einer fast gleichen, niederen Temperatur stehen\*), die sich der grössten Dichte des Wassers sehr nähert.

Wenn wir diesen winterlichen Wärmegleichstand des Seewassers, sowie dessen anderseits schon lange erwiesene gesetzmässige Abstufung recht in's Auge fassen und hiermit die durch die Analyse später zu bestätigende, schon in den Rückstandszahlen für die Einzelobjekte mehr oder minder deutlich ausgesprochene, unbedeutende chemische (d. h. in Bezug auf den Lösungsgehalt gering sich ergebende) Verschiedenheit vergleichen, so drängt sich uns unwillkürlich der Gedanke auf, dass beide Erscheinungen, die gleichmässige Vertheilung der Wärme und jene der Lösungsgehalte der Seen in einem innigen Zusammenhang stehen.

Vergegenwärtigen wir uns, dass die Hauptwassermasse der Seen, zumal jene der grösseren, in einem gewissen Zustand des Gleichgewichts, der Ruhe sich befindet, und die etwa einmündenden, relativ der Menge nach doch immer nur geringen Wässer, durch den Widerstand, den ihre Bewegung beim Anprall an die Seemasse erfährt, gezwungen, gar bald den Zustand des Widerparts theilen müssen.

Unter solcher Bewandniss, bei verzögerter Mengung verschieden schwerer Flüssigkeiten, wie sie die öfter genannten Componenten der Stauwässer bei wenig verschiedenen Temperaturen, hauptsächlich ihrem Gehalt zufolge, unzweifelhaft darstellen, steht zu erwarten, dass sich die allmählich ansammelnden Wässer auch ihrem Gehalt nach übereinander schichten. Dieser Annahme nach würden die Tiefen der Seen anfänglich mehr von Quell- und sonstigem Fliesswasser ausgefüllt werden, dann käme das Oberflächenwasser und zuletzt würde die Seeoberfläche das mehr oder minder reine Niederschlagwasser einnehmen. Diese schichtweise Uebereinanderlagerung der Wasserarten wäre natürlich durch entsprechende Uebereingänge verbunden zu denken.

Und thatsächlich scheinen, im gewissen Sinne, ähnliche Vorgänge bei den Seen stattzufinden. Hiefür spricht der in der Regel mit der Tiefe zunehmende Gehalt und die durch Lothungen oder sonst nachgewiesene, nicht seltene Furchung, die der Seegrund oft auf weite Strecken hin durch Fliesswasser\*\*) erleidet (z. B. das Bodenseebett durch den Rhein).

Zugegeben, dass jedem „Fliesen“ als Schwerkraftwirkung auch unter dem Wasser die Tendenz verbleiben muss, dem tiefst erreichbaren Punkt zuzustreben, so ist zu bedenken, wie oben schon angedeutet, dass hier der fortschreitenden Bewegung plötzlich namhafte Hindernisse im Wege stehen, die vor Allem im jähen Wechsel der Medien, von der Luft (773mal leichter als Wasser von 4° C.) zum Wasser von wenig verschiedener specifischer Schwere ihren prägnanten Ausdruck findet. Wenn wir die ursprüngliche Energie des einströmenden Wassers sonach

\*) Die nöthigen Ergänzungen zu einem umfassenderen Wärmebild finden sich in den betreffenden GEISTBECK'schen Angaben für unsere Objekte (a. a. O. S. 35 u. f.); vergl. auch DR. EMMER. BAYBERGER, Der Chiemsee, II. Theil. Mitth. d. Ver. f. Erdk., Leipzig 1889.

\*\*) Diese Furchung dürfte kaum in härteres Gestein eingreifen, vielmehr auf den leicht beweglichen Schwemmschutt beschränkt sein.



als bald aufgezehrt annehmen müssen, so kann späterhin eine weitere fortschreitende Bewegung unterseeischen Fliesswassers nur durch die Verschiedenheit seiner spezifischen Schwere gegenüber dem sonstigen Seewasser erklärt werden.

Aus den angeführten Gründen ist demnach eine Uebereinanderschichtung der in den Staubecken zusammenströmenden Wässer, im grossen Ganzen nach ihrer spezifischen Schwere, wohl denkbar.

Diese Annahme findet in der schon berührten Thatsache, dass die Gehalte in den Stauwässern in der Regel mit der Tiefe anwachsen, offenbar Bestätigung.

Das vorliegende Winterbild der Gehaltsabstufung in den untersuchten Seen zeigt aber diessbezüglich so geringe Unterschiede, dass wir die aus eben berührter Thatsache unlängbar hervorgehende innige Mischung der gestauten Wässer aus dem blossen Zusammenfluss nicht erklären können; wir müssen vielmehr folgern: dass sich die Hauptmengung der Stauwässer unter dem Einfluss von Wärmeströmungen vollzieht, und dass die thatsächlich zu Stande gekommene Ueberschichtung zumeist durch den Ein- und Ausfluss, durch übertragene Bewegung (Wind etc.) und endlich durch Wärmeströmungen verschleiert erscheint.

Noch sei der bekannten Erscheinung, der Wärmeumkehr in den Seen unserer Breiten gedacht, die während des Ueberganges der Sommerwärme zur Winterkälte und umgekehrt zur Geltung kömmt.

Dass der Eintritt dieser umgekehrten Abstufung in den Temperaturen bis zu bestimmten Tiefen eine entsprechend bedeutende Mengung der Seewässer im Gefolge haben muss, wird keinem Zweifel unterliegen.

Zu erwähnen wäre nur, wie sich dem Verfasser die Bedeutung der Wärme für die Mischungsvorgänge in den Seen besonders sichtbar zu erkennen gab.

Zu gleicher Zeit, als die weite Chiemseefläche, kaum von einem Windhauch gewellt, als glatter Spiegel dalag, drängte sich aus den dunkeln Tiefen des Sees, in endloser Folge, ein schwankes Heer wechselnd leuchtender Stäubchen zum erwärmenden Sonnenlicht empor, im Auf- und Niederwogen in flimmernde Wolken vereint. Diese Erscheinung ist genau die gleiche, wie wir sie an den bekannten Sonnenstäubchen in der Luft zu betrachten gewohnt sind, nur ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass sich an dieser Bewegung im Wasser wirkliches Leben, das zum Lichte strebt, mitbethätigt.

### Farbe der Seen.

Wenn wir auf die Farbe der Seen zu sprechen kommen, so geschieht dies weniger, um persönliche Eindrücke wieder zu geben, vielmehr gedenken wir diese Frage von einem etwas weiteren Gesichtskreis aus zu behandeln.

Vor Allem ist zu bedenken, dass der Farbensinn individuell sehr verschieden entwickelt ist, ferner wird allgemein anerkannt, dass die Farbe der natürlichen Wässer, je nach dem örtlichen Standpunkt des Beschauers, für die Empfindung eine sehr wechselnde sein kann. Dies sind die zwei Hauptgründe für die so vielfach sich widersprechenden Urtheile bei dieser Erscheinung.

Als schlagender Beweis für letzteren Grund, ist dem Vortragenden in lebhafter Erinnerung, wie er einst aus dem Walde tretend, die Sonne im Rücken, den kleinen Moränensee bei Ebersberg (30 km O München), den Eggeburgersee\*),

\*) Dr. L. von AMMON, Die Gegend von München geolog. geschildert. S. 56, 57.



kaum einen Steinwurf weit zu seinen Füßen im tiefen prächtigen Blau erglänzen sah. Und es war ihm doch bekannt und ist beim Nähertreten jedem ersichtlich, dass dieses flache Becken von einem leicht schmutzig braunen Wasser erfüllt wird.

Somit soll von der Farbe der Seen nicht die Sprache sein, wie sie uns von der Ferne, aus verschiedener Höhe oder in wechselnder Beleuchtung, noch sonst denkbaren ferneren Umständen gemäss erscheine; wir wollen die Farbe der Wässer thunlichst an sich betrachten und losgelöst von individuell beeinflusster Begutachtung.

Dies kann im Felde nur in unmittelbarer Nähe, am Rande der Gewässer oder auf der Wasseroberfläche selbst, am besten bei lothrechter Durchsicht geschehen.

Aber auch in dieser Stellung wird der Beschauer oft von der wechselnden Eigenfarbe des Grundes oder seiner Beriesung mit Algen- und Pilzpolstern wesentlich beeinflusst.

Wir werden hiermit gewahr, dass streng genommen eine einwandfreie Farbenfeststellung der Wässer nur durch den wissenschaftlichen Versuch zu erzielen ist, und dass nur auf wissenschaftlicher Grundlage die feineren Farbenabstufungen der einzelnen Wässer sich werden feststellen lassen, um dieselben in unanfechtbaren Vergleich setzen zu können.

Der Schwerpunkt unserer Frage liegt aber, wie angedeutet, augenblicklich weniger nach dem besonderen Wie, ist mehr nach dem allgemeinen Woher gerichtet.

Das einstimmige Urtheil über die Farbe unserer Seen geht dahin, dass diese vom hellen Grün an bis zu Blaugrün und ausgesprochenem Grünblau, in den mannigfaltigsten Uebergängen im Einzelnen, und je nach der Tiefe der Durchsicht, vertreten ist.

Setzen wir die Kenntniss der oft erwiesenen (in dickerer Schicht) rein blauen Farbe der chemischen Verbindung  $H_2O$  voraus, so wird wohl kaum Jemanden beifallen, in den Eigenfarben der natürlichen Wässer, wie in den vorgenannten, etwas anderes zu sehen, als die durch örtliche Verhältnisse geänderte Grund- oder Urfarbe des reinen Wassers.

Da wir in den natürlichen Wässern beim Abdampfen kaum je einen an sich farbigen mineralischen\*), wohl aber fast stets einen durch organische Stoffe gefärbten Rückstand finden, so ist nicht weniger zweifellos, dass der Farbenwechsel der Wässer hauptsächlich auf die organische Materie derselben zurückzuführen ist.

Dabei wäre zunächst zu unterscheiden, ob deren Herkunft sich auf abgestorbene oder belebte Organismen bezöge.

Durch organische Stoffe sehr stark gefärbt zeigen sich Moor-, Torf- und dergleichen Wässer, aber zunächst auch Wässer des Urgebirges und aus silikatreichen Gebieten. Die Abstammung der Farbe der ersteren von verwesenden Organismen liegt klar zu Tage; für letztere Erscheinung sah sich der Verfasser schon in der Abhandlung über die Fichtelgebirgswässer (1891), auf verschiedene Beobachtungen gestützt, bemüssigt, das Wachsthum niederer Organismen, vorzüglich von *Bacillariaceen*, speziell *Diatomeen* mit in Berücksichtigung zu ziehen. Und wir werden nicht fehl gehen, wenn wir jegliche Färbung der Gewässer, wie zur Zeit schon vielerorts nachgewiesen wurde, mit der zuständigen Flora

\*) Unter Ausschluss der der Menge nach sehr schwankenden, meist, wenn auch schwach gefärbten mineralischen Trift (schwebender mineral. Gehalt = Flöss- oder Triftschutt).



und Fauna, zumal mit den niederen Lebewesen, in innigen ursächlichen Zusammenhang setzen.\*)

Eines ist noch besonders hervorzuheben. Wenn wir auch in den niederen Organismen den Hauptgrund der wechselnden Färbung der natürlichen Wässer erblicken, so wäre doch streng zu unterscheiden zwischen der dauernden Eigenfarbe der Wässer, jener Farbe, die diesen an sich, unter Einschluss ihres Lösungsgehaltes, zu eigen ist, und anderseits einer Lehnfarbe, die unter dem wechselnden Einfluss von Fremdkörpern entsteht, diesen entlehnt sich erweist.

Als nächste Fremdkörper kämen jene des schwebenden Gehaltes in Betracht, und wie schon betont, nach zeitlicher und örtlicher Verbreitung in erster Linie die organische Trift.

Es ist ersichtlich, dass schon die andauernde Nähe wie die innige Berührung der Wässer mit organischen Stoffen dafür spricht, dass in den meisten Fällen die Neu- oder Umfärbung der Naturwässer auf die\*\*) Lösung der Spaltungs- oder Zersetzungsprodukte lebender oder abgestorbener Zellen zurückzuführen ist.

Wenn von der Farbe der Naturwässer die Rede ist, so wird man zunächst immer den am meisten sich gleichbleibenden Zustand im Auge haben, und dieser liegt bei dem oben gewählten und begrenzten Begriff „Eigenfarbe“, der jedoch noch einer kleinen Ergänzung bedarf.

Als ursprüngliche Eigenfarbe des gehaltlosen Wassers wurde das reine Blau genannt; eine abgeleitete Eigenfarbe, welche einerseits auf das ursprüngliche Blau, anderseits auf den färbenden oder gefärbten Lösungsgehalt zurückzuführen wäre, käme allen natürlichen Wässern und daher auch unseren Seen zu.

Eine der nächstliegenden Folgerungen, die an die gepflogenen Erörterungen anknüpft, kann in die Worte gefasst werden: Das reinste Wasser ist in dicker

\*) Es ist eine noch weit verbreitete, aber irrige Ansicht, als ob die braune Farbe mancher Wässer durch in kohlensaurem Alkali gelöste Humuskörper erzeugt würde. Die Löslichkeit der färbenden organischen Substanz kann in keinen Zusammenhang mit irgend einem fixen, auch nicht mit kohlensaurem Alkali gebracht werden; denn weder führen die besonders stark gefärbten Torf- und Moorwässer kohlensaure Alkalien, noch lässt sich ihre Farbenabstufung sonst mit einem fixen Alkali in Verbindung bringen. Ganz dasselbe gilt von den braunen Wässern des Urgebirges. Die Untersuchung der Fichtelgebirgswässer ergab, dass, wenn überhaupt kohlensaures Alkali zu den verbreiteteren Bestandtheilen dieser Wässer zu rechnen wäre, die Quellen und Quellbäche zunächst in Betracht kämen. Die allgemeine, wenn auch wechselnde Färbung würde aber eine dementsprechende Vertheilung von kohlensaurem Alkali voraussetzen, was keineswegs der Fall ist. Spätere Untersuchungen im bayerischen Wald hatten zwar als das dunkelste Wasser jenes des Rachelsees (ein [Quell-] Ursprungssee) und eine schwächere Färbung mit der Länge des Wasserlaufes (Mündungsstellen der Ilz, Erlau, Regen, Naab) nachgewiesen, aber weder war im Rachelseewasser ein kohlensaures Alkali aufzufinden, noch zeigten sich, ausser diesem Stauwasser, benachbarte Quellen auffällig gefärbt. Und direkte Versuche über die Löslichkeit von Humuskörpern, unter Beihilfe sonst in den Wässern gewöhnlich vertretenen Salzen der Alkalien, führten ebenfalls zu keinem erklärenden Ergebniss. Es muss somit angenommen werden, dass soweit Humuskörper die Färbung der Wässer bedingen dies durch einfache Lösung geschieht. Ebenso hebt Prof. Dr. E. WOLLNY in seinem Werke „Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen“ (S. 218, Anmerkung) hervor, dass diese braune Farbe auch von einer Auflösung reiner Humussäure herrühren könne.

\*\*) Einfache, nicht durch Gegenwart von kohlensauen oder sonstigen Alkalien bedingte Lösung.



Schicht blau, folglich muss jede Abweichung von dieser Farbe zum Maass der ändernden Einflüsse werden.

Die praktischen Amerikaner haben diesen Gedanken gleich weiter gesponnen und sofort zur That gemacht; sie prüfen die Wässer auf ihre Güte durch ihre Farbe.\*)

Wir aber wollen am Ende dieses Abschnittes aus der gewonnenen Erkenntniss zunächst keine Anwendung abzuleiten suchen, so verlockend dies zu sein scheint; wir werden uns vorläufig nach den nächstgelegenen Beweisen umsehen, wollen sehen, wie stellt sich die Natur zu dem erst ausgesprochenen Satz, wie unsere Objekte?

Und diese Zeugen sprechen hiefür nicht ungünstig. Wer wollte leugnen, dass ihm das Wasser des Quelltümpels von einiger Tiefe nicht im tiefern, satteren Farbenton erschienen wäre als im Weiterlauf das vom Bach und Fluss? Oder sind die Gebirgswässer, vor Allem jene der Alpen, nicht bekannt wegen ihrer oft prächtigen, d. h. dem reinem Blau sich anschliessenden Färbung? Ja, noch mehr!

Besehen wir uns die Wässer näher, die das Volk mit der Bezeichnung blau zielt. Da haben wir, um nur einige zu nennen, den Christelsee im Algäu, die blaue Gumppe im Partnachthal, die blaue Lacke im steinernen Meer. Ausnahmslos sind die genannten Wässer direkt Quellwässer, oder wenigstens von nahen Quellen gespeist, und liegen im tieferen Gebirge.

Und Aehnliches gewahren wir an unseren Seen. Wenn je der Begriff blau auf einen derselben in Anwendung kommen kann, so sind es die Ursprungsseen im Gebirge: Königssee und Walchensee. Es wird der Vorlandseen zu Zeiten tiefes Grün bewundert, aber von einem an sich blauen Chiemsee oder Kochelsee hat wohl Niemand vernommen.

### Die chemische Untersuchung.

Wer sich nur einigermaassen aufmerksam mit der Analyse der Wässer beschäftigt hat, dem wird nicht entgangen sein, dass aus den Schöpfproben, schon nach kurzer Zeit, oft schon beim Transport oder in Folge unvermeidlicher Temperaturschwankungen, Ausscheidungen erfolgen, was zu berücksichtigen ist, da sie die Arbeit unter Umständen sehr erschweren, ja nicht selten in den Ergebnissen unsicher machen. Wenn sie unberücksichtigt bleiben, können sie das Facit der Untersuchung oft auf ein ziemlich tiefes Niveau unter den Soll-Werth herabdrücken.

Noch kömmt dazu, und einfache Erwägung führt zu diesem Schluss, dass je länger eine Probe der Aufarbeitung harrt, desto leichter Veränderungen ihres Gehaltes eintreten.

Alle diese Gründe drängen zu einer schleunigen Angriffnahme der gesammelten Proben, und es sei kein müssiges Unterfangen hervorzuheben, dass bei der Analyse, trotz vielfach unausbleiblicher Störung (Neuaufsammlung, Vorbereitung zu dieser, unabweisbare sonstige Zwischenarbeit) nach Thunlichkeit nichts verabsäumt wurde, nicht nur im vorberührten Punkte, um dem Ergebniss der Untersuchung die erste und festeste Basis, die eines unanfechtbaren ziffermässigen Befundes, zu sichern.

Für eine genügende Menge der gewählten Seeproben war hinreichend gesorgt. Sie betrug im Einzelfall oft 2 bis 3 Liter. Die Proben standen bis zu ihrer Inangriffnahme an einem gleichmässig kühlen Ort.

\*) Siehe auch Dr. A. GOLDBERG, Ueber die Fortschritte auf dem Gebiete der natürlichen und künstlichen Mineralwässer. Chem. Ztg., 1897, 21. Bd. 754 ff.



Die Untersuchungsmengen wurden nie gemessen, immer gewogen.

Die entleerten Flaschen hatten stets eine auf etwaige Ausscheidungen (meist Carbonate) gerichtete Probe zu bestehen und wurde diese Ausscheidung nach Befund näher bestimmt und in Rechnung gesetzt.

Ueber den Gang der Analyse wäre kaum mehr zu sagen als in den bisherigen Veröffentlichungen Erwähnung fand; nur mag der besonderen Sorgfalt gedacht werden, welche der Bittererdebestimmung gewidmet wurde. Nicht nur, dass die Einzelbestimmungen und Wägungen mit peinlicher Berücksichtigung aller zu beachtenden Vorsicht ausgeführt wurden, fanden die gewonnenen Resultate durch Wiederholung oder Erneuerung dieser Bestimmung fast in allen Fällen entsprechende Nachprüfung.

Es scheint nicht überflüssig zu bemerken, dass insbesondere dem Nachweis (verständlich nach Maass der zur Untersuchung verfügbaren Wassermengen) nur spurweise vertretener Stoffe grosse Sorgfalt zugewandt wurde, und dass ein weiteres Streben darin bestand, diesen kleinsten Mengen einen der Vergleichung zugänglicheren ziffermässigen Ausdruck zu geben.

## Der chemische Befund.

### Die Rückstandszahlen.

Jene Gewichtsmenge der aussernormalen Bestandtheile, die in 1000 g Wasser enthalten ist, in Zehntel-Milligramm ausgedrückt, bezeichnen wir hier als Gehaltszahl.

Setzen wir für den Sammelbegriff Gehalt die Theilbegriffe, so erhalten wir z. B. für die Rückstandsmenge im Liter Wasser, in  $\frac{1}{10}$  mg angegeben, die Rückstandszahl; ebenso bezeichnen wir die gleicher Weise ermittelte Kalkerdemenge als Kalkerde- oder kurz Kalkzahl u. s. f.

Wie die Abschnitts-Ueberschrift besagt, wollen wir für's Erste von den Rückstandszahlen sprechen.

Innerhalb der Beobachtungsreihe erweist sich als rückstandsreichster See der Kochelsee (2273),\*) diesem folgen: der Tegernsee (2062, 2087, 2080); Schliersee (1851, 1880); Chiemsee (1772, 1787, 1792, 1851) und den Schluss bilden, in bemerkenswerthem Sprung, der Walchensee (1388, 1377) und Königssee (977, 989).

Die Arten- und Gehaltstabelle vermerkt unter den gehaltsärmsten Wässern die Niederschlag- und Oberflächen-, kurz zusammengefasst die Regen-(Schmelz-) wässer. Ist deren Betheiligung bei dem erwiesenen Tiefstand unserer Seen schon auf das Minimum herabgesunken, so wird anzunehmen sein, dass dennoch der Grad ihrer Betheiligung an den betrachteten Wasseransammlungen sich zuvörderst durch Vergleichung der Rückstandszahlen wird bemessen lassen.

Welches sind aber die nächsten Bedingungen für eine wechselnde Betheiligung dieser Wässer (Eintagswässer könnte man sie auch im Gegensatz zu den dauernden Tagwässern nennen) an den Seen? Doch vor Allem die Höhe der Niederschläge im Staugebiet, die Abflussgrösse, verglichen zum Niederschlag und endlich das Verhältniss von Fassungsraum des Staubeckens zur Ausdehnung des Staugebietes.

\*) Die eingeklammerten Zahlen bedeuten die entsprechenden Rückstandszahlen.



# Rückstands-Zusammensetzung oberbayerischer Seen- und einiger zugehöriger Fließwässer.

Geognostische Jahreshefte. X. Jahrgang.

Geognostische Jahreshefte. X. Jahrgang.

Zeit der Proben-Entnahme.	Bezeichnung, Ort und Höhenlage der Schöpfstelle.	Geologischer Ursprung des Wassers.	Temperatur in °C.	Seefläche in ha. *)	Zuflussfläche in km² *)	Verhältniss von CaO : MgO (CaO = 100) im Wasser.	In 1000 g Wasser sind in 0,1 mg enthalten :														
							SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> O	Cl	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub> + Org.	Summe
4. I. 98	Königssee, Oberfläche am Malerwinkel. 602 m.	Keuper (Dolomit, Dachsteinkalk) Liasdecke.	3,1	509,7	76,45	12,00	12	0	31	1	0	423	51	13	7	S.	6	45	1	388	977
4. I. 98	Königssee-Abfluss (Königssee-Achen). 602 m.		3,2	—	—	12,88	20	0	13	1	0	423	54	14	10	S.	6	56	S.	392	989
16. II. 98	Gollinger Wasserfall**) (Schwarzenbachquelle). 579 m.		—	—	—	22,70	9	0	13	1	0	462	105	6	37	0	35	62	S.	497	1227
5. I. 98	Chiemsee-Achen nächst Uebersee. 524 m.	Urthonschiefer, Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper (Hauptdolomit) Lias.	2,6	—	—	41,76	32	0	16	1	Spur	720	301	15	77	Sp.	55	294	Sp.	827	2338
2. I. 98	Chiemsee, 1 km O. Frauenwörth, Probe aus 1 m Tiefe. 520 m.		4,6	8214,9	1239,3	40,38	8	0	13	1	S.	575	332	17	31	S.	32	155	S.	708	1772
2. I. 98	Chiemsee, 1 km O. Frauenwörth, Probe aus 10 m Tiefe. 510 m.		4,3	—	—	38,20	16	0	25	1	S.	574	219	25	44	Sp.	31	157	S.	695	1787
2. I. 98	Chiemsee, 1 km O. Frauenwörth, Probe aus 20 m Tiefe. 500 m.		4,2	—	—	36,51	18	0	12	1	S.	597	218	30	50	S.	31	174	S.	661	1792
5. I. 98	Chiemsee-Ausfluss bei Seebruck (Alz). 520 m.		3,1	—	—	35,45	12	0	18	1	Sp.	581	206	22	73	Sp.	36	165	S.	737	1851
18. II. 98	Schliersee, 1 km SW. vom Ort Schliersee, Oberfläche. 778 m.	Muschelkalk, Keuper, (Hauptdolomit) Lias, Malm, Flysch.	2,1	—	—	25,10	31	0	10	1	Sp	718	180	19	22	Spur	10	178	Sp.	711	1880
18. II. 98	Schliersee, 1 km SW. vom Ort Schliersee, Probe aus 10 m Tiefe. 768 m.		4,2	—	—	25,94	31	0	30	1	S.	721	187	30	32	Sp.	11	177	S.	704	1924
1. III. 98	Tegernsee, 1750 m NW. vom Ort Tegernsee, Oberfläche. 726 m.	Muschelkalk, Keuper (Hauptdolomit) Lias, Malm, Flysch, Kreide.	2,2 bis 2,4	907,9	217	27,78	18	S.	12	1	Sp.	744	207	17	36	Sp.	11	258	Sp.	758	2062
1. III. 98	Tegernsee, 1750 m NW. vom Ort Tegernsee, Probe aus 10 m Tiefe. 716 m.		4,5	—	—	31,69	10	0	18	1	S.	758	240	28	46	Sp.	13	263	S.	710	2087
1. III. 98	Tegernsee-Ausfluss in Gmund; 726 m.		2,2	—	—	31,11	9	0	15	1	Sp.	750	233	25	24	Sp.	12	250	S.	761	2080
7. I. 98	Walchensee, 1 km S. von Urfeld, aus 1 m Tiefe. 802 m.	Keuper (Hauptdolomit, Kössener Schichten).	4,2	1637,6	81,50	37,65	10	0	8	1	S.	565	190	20	19	Sp.	10	41	S.	584	1388
7. I. 98	Walchensee, 1 km S. von Urfeld, aus 10 m Tiefe. 792 m.		4,2	—	—	35,64	13	0	15	1	S.	509	181	23	27	Sp.	12	57	Sp.	539	1377
8. I. 98	Kesselbachquelle.	Keuper, (Hauptdolomit mit Rauchwacke).	8,5	—	—	53,24	49	S.	85	2	Spur	939	501	58	59	S.	11	708	Sp.	825	3237
8. I. 98	Kochelsee an der Kesselberger Bucht, Oberfläche. 601 m.	Muschelkalk, Keuper, (Hauptdolomit) Lias, Malm, Kreide, Flysch.	5,1	648,3	656	29,71	37	1	17	1	S.	799	237	42	48	S.	11	285	Sp.	796	2273

\*) Nach Dr. A. GEISTBECK a. a. O. S. 36.

\*\*) Nach Proben, die von Herrn Prof. E. FUGGER (Salzburg) gesammelt wurden.

Anmerkung. Mit der Abkürzung des Wortes »Spur« soll zugleich die wechselnd gefundene Menge angedeutet werden (S. sehr geringe, Sp. deutlicher nachweisbare Spuren).



Je mehr Niederschläge in einem Gebiet fallen, je weniger hievon im Boden versitzen kann, sei es nach ursprünglicher Beschaffenheit der Niederschläge, sei es nach jener des Bodens, und einen je grösseren Fassungsraum das betreffende Staubecken dem Zufluss darbietet, um so reichlicher müssen blosse Regen-(Schmelz-)wässer im Jahr (im Durchschnitt) oder im Winter (im Minimum) in den Seen vertreten sein.

Nach dem Gesagten ist es leicht verständlich, dass der Königssee und Walchensee sich weit reicher an Regen-(Schmelz-)wasser, ihr Gesamtwasser beträchtlich weicher als das der übrigen Seen darstellt.

Schon die für diese zwei Seen allein zulässige Bezeichnung Ursprungsseen im Gebirge spricht es aus, dass ihre Lage in Bezug auf Niederschlagshöhe und Abflussverhältniss bevorzugt gelten muss, wie sich ferner das Verhältniss von Fassungsraum zur Zuflussfläche, besonders in Anbetracht ihrer grossen, sonst von keinem ausschliesslich bayerischen See erreichten Tiefe, so viel günstiger stellt als bei den übrigen grossen oberbayerischen Seen.

Die Rückstandszahlen von Königssee und Walchensee, allein verglichen, zeigen aber so grosse Verschiedenheit (das Wasser des ersteren zeigt sich fast einhalbmal weicher als das des Walchensees!), dass es geboten scheint, den Ursachen dieser anfangs befremdlichen Erscheinung gerade an diesen durch Lage, Grösse und sonstige Eigenschaften unser besonderes Interesse fesselnden Seen näher zu treten.

Die eben aufgeworfene Frage lässt sich nur an der Hand der Hauptbedingungen für das Lösungsvermögen der Wässer\*) annähernd beantworten.

Erste Bedingung: Menge des Wassers, hier der Niederschläge, und ihre durch äussere Verhältnisse (Bodengestaltung, Vegetation etc.) bedingte artliche Feldscheidung.

Aus der Darstellung der ombrometrischen Karte Bayerns\*\*) ist zu entnehmen, dass dem Walchenseegebiet merklich mehr Niederschläge als dem Königsseegebiet zufallen, wogegen letzteres, bei fast gleicher horizontaler Ausdehnung mit ersterem, grössere absolute Höhe und steileren Abfall der zum guten Theil kahlen Zuflussflächen aufweist.

Kann aus letzteren Gründen auch geschlossen werden, dass dem Königssee ein geringerer Zufluss unter Vermittelung der Erdschichten, des Bodens, durch Quellen und Quellbäche zu Theil wird als dem Walchensee, so fällt bei letzterem seine räumliche Ausdehnung sehr in's Gewicht (bei fast gleicher Tiefe breitet sich der Walchensee über eine dreimal so grosse Fläche aus, sein Inhalt beträgt daher etwa das Dreifache des Königssees). Die periodische Zusammensetzung seiner Wässer sollte daher um Vieles dem Jahresdurchschnitt näher liegen als beim Königssee,\*\*\*) d. h. sein Winterstand rückstandsärmeres Wasser aufweisen, als dem Königssee unter sonst gleichen Bedingungen zuzurechnen wäre.

Zweite Bedingung: Die Wärme, hier als klimatische Verhältnisse, speziell als Durchschnitt der Jahrestemperaturen gedacht.

\*) Siehe auch: A. SCHWAGER Hydroch. Unters. etc. im Donaugebiet. S. 79.

\*\*) Ombrometrische und hydrographische Uebersichtskarte des Königreichs Bayern (rechts des Rheins). Herausgegeben von der k. Obersten Baubehörde im Staatsministerium des Innern. München 1885.

\*\*\*)) Bei der Annahme einer baldigen Vermengung der einflussenden Wässer.



Werden die Höhenlagen von Königssee und Walchensee allein in Vergleich gestellt, so erscheint der Schluss zulässig, dass der Königssee bei einer um 200 m tieferen Lage, unter viel günstigeren thermalen Umständen bezüglich des Lösungsvermögens seiner Zuflüsse stünde, als der so viel höher gelegene Walchensee.

Anders gestalten sich uns diese Verhältnisse, wenn der gesammte äussere Aufbau der Zuflussbecken in Betracht gezogen wird.

Während, wie erwähnt, die Horizontalerstreckung beider Zuflussbereiche nahezu die gleiche ist, greifen die Seewände des Königssees 200 m unter das Niveau des Walchensees und mögen um mindestens dasselbe Maass die Durchschnittshöhe der Uferberge dieses Sees überragen. Hieraus ergibt sich von selbst die viel steilere, wenn auch in Wirklichkeit vielfach gebrochene Böschung des Ufergeländes beim Königssee, das der Längserstreckung des Wasserbeckens oder der Seewanne\*) folgend eine mehr tiefe als breite Gebirgsspalte umgränzt, indess das Zuflussbecken des Walchensees, mehr der annähernden Rundung des Sees angeschlossen, einem weiten Kessel zu vergleichen ist.

Spalte und Kessel bedeuten ohne Frage an sich, und noch mehr vielleicht in der vorliegenden Gestaltung, zu scheidende klimatische Faktoren.

Die vorhandene, im Durchschnitt kaum verschiedene relative Höhenlage genannter Abflussräume bringt es jedoch mit sich, dass sich aus den etwa ergebenden äusseren Wärmeunterschieden für die Bodenwässer beider Bezugsgebiete kaum eine unterscheidbare, ausschlaggebende Lösungsfähigkeit wird ableiten lassen.

Wird die Lösungsfähigkeit der Wässer von den klimatischen Verhältnissen einerseits blos mitbedingt, so beherrschen diese Wärmeerscheinungen (in unseren Breiten) andererseits die Lösungsgelegenheit derselben, soweit sie als Niederschläge auftreten.

So lange die Niederschläge als Schnee und Eis der Berührung mit dem Boden grösstentheils entrückt sind, ist eine Rückstandsführung ihrerseits ausgeschlossen; tritt aber die Schneeschmelze ein, dann liegt der Boden meist noch im eisigen Verschluss des Winters und kann das Schmelzwasser, ausser etwa einen schwebenden, keinen irgend bedeutenderen Lösungsgehalt führen.

Und gerade hinsichtlich der Ausdehnung und Dauer der Frostdecke zeigt sich die Königssee-Enge jedenfalls dem Walchenseekessel überlegen. Nicht blos, dass mit den bedeutenderen Höhen dem Schnee- und Eisfeld eine grössere Fläche zufällt, speichert die Enge gleichsam die Winterkälte in den Niederschlägen lange unbeirrt von Sonne und wärmenden Winden zwischen ihren Mauern auf.

Die Gehaltsverschiedenheit von Königssee und Walchensee ist sonach zunächst nur durch hervorragendere Betheiligung von Schmelzwasser im ersteren Fall, bedingt durch eine gleich bedeutende Aufsammlung der Niederschläge in fester Form, zu erklären.

Dritte Bedingung (für die Gehaltführung der Wässer): Beschaffenheit der benetzten Erdschichten; gegeben in ihrem chemischen Bestand und dessen äusserer Gestaltung, d. i. als Mineral, Gestein, Gesteinsverband und deren Zusammenschluss und Aufbau, kurz in der Geologie der Zuflussgebiete bis zu den jüngsten Bildungen inbegriffen den etwa vorhandenen äusseren Abschluss durch das Organischfeste.

\*) DR. A. PENCK (Morphologie der Erdoberfläche II.) gebraucht für die „geschlossenen Hohlformen“ die Bezeichnung Wanne; vom Stauwasser erfüllt, wurde diese Hohlform zur Seewanne.



Bevor auf den besonderen Fall zurückzukommen sein wird, wird eine allgemeinere Behandlung dieser ersten Hauptbedingung für den Gehalt der Wässer am Platze sein. Hierbei kann es nicht in unserer Absicht liegen, den geologischen Ursachen der Gehaltführung im angedeuteten Kleinsten zu folgen; es muss genügen, diesen Einfluss in seinen Grundzügen, und vorläufig mehr der physikalischen Seite nach, zu betrachten.

Oben war von den äusseren Gründen die Rede, die einem Theil der Niederschläge den Eintritt in den Boden verwehren, diesmal gilt es den Ursachen zu folgen, die es den Oberflächenwässern ermöglicht, in den Boden zu versitzen, als Bodenwässer sich mit den löslichen Bodenbestandtheilen zu beladen, um als rückstandsreiche Tagwässer die Hauptmasse der Gewässer zu bilden.

Die erste Voraussetzung hinsichtlich der Aufnahmefähigkeit des Bodens für die Niederschläge bilden jene Hohlräume, welche das Gefüge der Gesteine, den inneren wie äusseren Verbänden nach, offen lässt. Der meist rasche Abfluss der Niederschläge würde es aber nur in den seltensten Fällen gestatten, dass sich die Lufträume der tieferen Schichten, des Untergrundes, mit Wasser füllen, wenn nicht weiten Strecken desselben eine mehr oder minder mächtige Decke von lockerem Verwitterungsmaterial aufgelagert wäre.

Diese jüngste geologische Bildung hat in doppelter Hinsicht das Recht, den Namen **Nährboden** zu führen. Einmal gilt dies in der gebräuchlichen Bedeutung als Mutterboden der Nährsalze. Aber noch mit mehr Recht ist die Bezeichnung zutreffend als Hauptstapelort des für Pflanzen wie für Thiere gleich wichtigsten Nährstoffes, des Wassers. Der Nährboden (Nährschicht) speist nicht blos in Wahrheit die Pflanzen, die in ihm wurzeln, er trinkt und speist mit seinem Ueberfluss auch den tieferen Untergrund, mit diesem die Quellen und durch die Quellen jegliches Wachsthum der festen Erde.

Die Wechselbeziehungen von Nährboden und Pflanzendecke, ihre hohe Bedeutung für den gesammten Wasserhaushalt der Natur zwingen uns, ihrer wenn auch nur vorübergehend zu gedenken.

Empfangen die Pflanzen den Haupttheil ihrer Nahrung aus dem (Nähr-) Boden, so schützen sie ihn dafür vor Verfrachtung, hindern die Niederschläge am raschen Abfluss und führen sie auf diese Art dem Boden zu. Sie schützen ihn weiter vor Kälte und Hitze und bewahren so den Ueberschuss des Wassers über ihren eigenen Bedarf vor zu rascher Verdunstung.

Aus dem Gesagten geht unzweifelhaft hervor, dass im Bereich hoher Nährbodenbedeckung und entsprechender Bewaldung oder sonstiger Pflanzendecke Reichtum an Bodenwässern und zwar an relativ gehaltreichen Bodenwässern herrschen muss.

Die Nutzenanwendung, die aus dem bisher Vorgebrachten bezüglich der Gehaltsunterschiede von Königssee und Walchensee zu machen wäre, lautet:

Die geologische Karte\*) verzeichnet als vorherrschendes Gestein an der Königssee-Spalte neben einer liasischen Decke den Dachsteinkalk. Im Walchenseegebiet\*\*) herrscht dagegen neben zurücktretenden Kössener Schichten Hauptdolomit vor.

\*) C. W. GÜMBEL, Geogn. Beschr. d. bayer. Alpengebirges mit 5 Blättern der geogn. Karte.

\*\*) Die geologischen Verhältnisse am Walchensee berührt auch die Abhandlung von Dr. L. von AMMON, Geogn. Beobachtungen aus d. bayr. Alpen. Geogn. Jahresh. 1894.



Trotzdem der Kalk an sich löslicher ist als Dolomit, neigt der Walchensee-Dolomit mehr zur Verwitterung als der genannte Dachsteinkalk. Doch lässt sich diese Thatsache unschwer erklären.

Der Königssee-Kalk ist meist dicht, massig, mehr in grössere Blöcke brechend. Seine Lagerung scheint durchschnittlich wenig von der horizontalen abzuweichen.

Anders der Dolomit am Walchensee. Sein körniges Aggregat erweist sich als leicht durchtränkbar. Von vielen Sprüngen und Klüften, im Kleinen wie Grossen durchzogen, zerstückt er leicht, zeigt sich daher im Ausstreichen nicht selten bröckelig zerfallen. Die oft ausgezeichnete Bankung und die nicht selten steile Schichtenstellung gestatten im Verein mit den vorgenannten Eigenheiten ein leichtes Eindringen der Niederschlagwässer. Das Endergebniss ist eine leichtere Verwitterung und gesteigerte Wasseraufnahmefähigkeit des Dolomits.

Der schon hervorgehobene weniger steile Abfall der Uferberge am Walchensee giebt dort dem Nährboden grösseren Halt, dessen Standfestigkeit weiter von einer nur selten lückenhaften Forst- und Wiesendecke ganz wesentlich verstärkt wird.

Wie verschieden hievon sind die Verhältnisse am Königssee!

Fast alle Gipfel und sonst noch weite Strecken seiner Uferhöhen starren uns als nackte Felsen entgegen. Die dürftige Krume findet an den jähren Hängen selten genügend Stütze und mit der Nährschicht fehlt auch ihr bester Schutz, Wald und Wiese, die Hüter der Quellen.

Die geschilderte so verschiedene Beschaffenheit der **benetzten Böden**\*) bedingt, dass dem Walchensee mehr Bodenwässer zufließen müssen als dem Königssee, sein Wasser sonach auch dem geologischen Bestand zufolge härter sein muss als das des Königssees!

Nach dem Königssee und Walchensee, als rückstandärmste Seen der anfangs dieses Abschnittes aufgestellten Reihe, folgen: Chiemsee, Schliersee, Tegernsee und Kochelsee.

Hatte sich das Verhältniss von Seefläche und Zuflussfläche bei den eben behandelten Seen wie 1 : 5 (Walchensee\*\*) und 1 : 15 (Königssee) gestellt, so finden wir letztere Zahlen nur beim Chiemsee wieder (1 : 15).

Die Rückstandszahl des Hauptzuflusses (Chiemsee-Achen = 2338) zeigt sich merklich höher als die Durchschnittszahl der für den mittleren See gewonnenen Werthe (1784), ein Beweis dass dieser grösste bayrische See trotz mächtiger Ausdehnung seines Zuflussgebietes auch während seines tiefsten Standes noch bedeutende Mengen von Oberflächenwasser bergen muss, selbstredend aber nicht in dem Maasse als sie den vorbehandelten „Ursprungsseen im Gebirge“ zukommen.

Bei Vergleichung der am Chiemsee gewonnenen Zahlen fällt besonders auf, dass nach dem Hauptzufluss (Chiemsee-Achen = 2338) nicht etwa das Seewasser selbst, in den im mittleren See geschöpften Proben vertreten (die betreffenden Rückstandszahlen sind: 1772, 1787, 1792), als nächst gehaltreichstes sich einstellt, sondern der Ausfluss, die Alz (1851).

\*) Unter „benetzter Boden“ (benetzte Schicht) wollen wir nicht etwa blos die Berührung mit der Oberfläche der Erdschichten als Ganzes verstanden haben („benetzte Fläche“); der Boden erscheint uns nicht als einfacher Körper, sondern als eine Vielheit von Einzelkörpern, deren Oberflächen-Berührung, -Benetzung mit Wasser, uns den Begriff benetzter Boden schafft, der daher soweit und tief reicht, als eben das Wasser dringt.

\*\*) Diese und die folgenden Verhältnisszahlen nach Dr. A. GEISTBECK a. a. O. S. 38.



Diese Thatsache, im Gegenhalt zu dem völlig übereinstimmenden Verhalten der an denselben Orten gemessenen Temperaturen (dem kältesten Wasser, der Chiemsee-Achen, mit  $2,6^{\circ}$  folgte der Ausfluss (Alz) mit  $3,1^{\circ}$ , während alle sonstigen Messungen am mittleren und westlichen See keinen Werth unter  $3,8^{\circ}$  ergaben), lässt kaum bezweifeln, dass zur Beobachtungszeit das kältere und zugleich gehaltreichere Flusswasser sich bis zum Ausfluss einen gewissen Zusammenhalt bewahrt hat.\*)

Um dies gleich anschliessend mit zu erwähnen, so führen die vom Tegernsee gewonnenen, freilich leider beschränkten Zahlen zu einem ähnlichen Ergebniss, indem sich aus dem Wechsel der Rückstandszahlen ableiten lässt, dass zur Zeit der Probeentnahme der Abfluss nicht aus der Masse der Oberfläche, sondern mehr aus tieferen Schichten des Sees heraus erfolgt war.

Betrachten wir nach dem Chiemsee gleich die rückstandsreichsten Seen, den Tegernsee und Kochelsee, in Bezug auf ihre relative Grösse, so wird uns die ihnen von Natur aus zukommende Stellung in der Untersuchungsreihe sofort klar.

Die Ausdehnung ihrer Zuflussflächen, an der entsprechenden Seefläche gemessen, ist die grösste (Seefläche zur Zuflussfläche beim Tegernsee = 1 : 24; beim Kochelsee sogar 1 : 101).

In den Durchflüssen wird bei Niederwasser im Winter die grösste Annäherung zwischen dem Gehalt des Zuflusses und jenem des Sees eintreten, und werden daher jene Seen die gehaltreichsten sein, die verhältnissmässig das grösste Zuflussgebiet besitzen, wie dies für den Tegernsee und, unter Vorbehalt, auch für den Kochelsee gilt.

In der ermittelten Rückstandszahl für den Kochelsee ist jedoch zugleich ausgesprochen, dass der Loisachfluss, zumal bei Niederwasser, nur theilweise den Gehalt des Sees bestimmen kann. Wenigstens lässt sich eine vor Jahren, ebenfalls im Winter (25. XII. 1887), an der Loisach bei Garmisch ermittelte Rückstandszahl\*\*) dahin deuten. Diese betrug 2089, und ist anzunehmen, dass der Gehalt im Fluss am Kochelsee unter gleichen Umständen nicht wesentlich höher sein wird. Vergleichen wir diese Zahl mit jener wirklich gefundenen des Kochelsees (2273), und bedenken wir, dass der Gehalt des Zuflusses insbesondere bei Niederwasser stets höher sein wird als des zugehörigen Durchflusses, so erscheint die Annahme berechtigt, dass der Gehalt des Kochelsees noch von anderen Einflüssen, Quellen und Quellbächen nicht unwesentlich abhängig ist, was mit der Eingangs gewählten Bezeichnung Anschlusssee gesagt sein wollte.

Was schliesslich die Stellung des Schliersees, der als Ursprungssee an dem Gebirge bezeichnet wurde, zwischen den gehaltreichen Durchflüssen betrifft, so ist diese in der obigen Benennung gleichsam mit begründet und ausgesprochen. Denn seine Zuflüsse befinden sich „an dem Gebirge“ unter günstigeren klimatischen Verhältnissen als alle andern, die aus dem tieferen Gebirge stammen.

Lage und Bodenbeschaffenheit begünstigen eine mächtigere Nährbodenbildung, diese schafft wiederum Quellreichtum, der den Gehalt des Seewassers über jenen der grossen Gebirgsseen stellt. Andererseits führt das nicht unbeträchtlich ansteigende nahe Ufergelände dem Schliersee zu Zeiten so viel Oberflächenwasser

\*) Vergleiche Dr. A. PENCK, Morphologie der Erdoberfläche II. S. 209, 210. (Unterseeische Flussbetten.)

\*\*) Hydrochemische Untersuchungen etc. S. 95.



zu, dass sein Gehalt auch bei tiefem Stand nicht jenen der meisten Durchflusseen erreichen kann.

Um nochmals auf die geringe Gehaltsverschiedenheit in den einzelnen untersuchten Seen zurückzukommen (siehe Analysentabelle Seite 65) so muss eine solche bei so ausgedehnten Wasseransammlungen, wie sie z. B. der Chiemsee darstellt, gewiss besonders überraschen.

Da jene Thatsache aus einem blossen Zusammenfliessen (durch Schwerkraft bewirkte Bewegung) nicht zu erklären ist, die von Aussen übertragene Bewegung aber nur einen Ausgleich in den obersten Schichten bewirken kann, so sahen wir uns genöthigt, den Wärmeströmungen einen Hauptantheil bei besagtem Ausgleich der Rückstandsmengen zuzumessen (S. 60).

Hierzu ist noch zu bemerken: Die mit der Tiefe zunehmenden Rückstandsmengen beweisen, dass die Temperatur für die Anordnung der Gehalte nicht ausschlaggebend sein kann. Somit ist anzunehmen, dass der Wärmeausgleich mehr von Schicht zu Schicht erfolgt und bei den nur geringen Temperaturunterschieden die dann durch den Gehalt in erster Linie bedingte spezifische Schwere zur Wirksamkeit gelangt.

Es erübrigt noch eines Mischfaktors zu gedenken, dessen Wirkung zwar der Intensität nach schwer zu überblicken ist, der aber gleichwohl nicht ungenannt bleiben soll.

Eine von dem organischen Leben auf die Wassertheilchen übertragene Bewegung wird in den seltensten Fällen einem Tagwasser völlig fehlen; in den Seen aber, mit ihren für die Entwicklung dieses Lebens oft so günstigen Bedingungen, ist anzunehmen, dass sie meist zu besonderer Bedeutung anschwellen wird.

## Menge und Vertheilung der Einzelbestandtheile.

### Alkalische Erden.

Die Bedeutung der alkalischen Erden für den Lösungsgehalt der Wässer spricht sich nicht allein in ihrer allgemeinen Verbreitung in denselben aus. Mehr noch: sie ertheilen vielfach den Gewässern, schon durch die wechselnden Mengen an sich, ganz besonders aber im Verhältniss von Kalkerde zur Bittererde, das deutlichste und untrüglichste Gepräge ihrer geologischen und mineralischen Herkunft.

Entstammen unsere Wässer mit geringen Ausnahmen (Chiemseeachen) fast ausschliesslich den Kalkalpen, so ist die Wichtigkeit gerade der alkalischen Erden für unsere Untersuchung mit diesem Nachweis ihres Ursprunges zugleich entsprechend gekennzeichnet, und es steht zu erwarten, dass genanntes „Herkunftsgepräge“ selbst an den gemengtesten\*) Wässern, den Seen, noch deutlich zum Ausdruck gelangt.

Aus der Analysentabelle ist nicht nur unschwer zu ersehen, dass die alkalischen Erden (als Carbonate, theilweise aber auch als Sulfate), und in erster Linie der Kalk schon für sich, in allen untersuchten Wässern weitaus die Hauptmasse der Trockenrückstände ausmachen, sondern auch, dass die Kalkgehalte, ihrem Zahlen-

---

\*) Aus verschiedenen Arten von Wasser gebildet.



werth nach geordnet, genau die gleiche Reihe wie die Rückstände selbst bilden; ja, dass auch die Bittererde im Grossen und Ganzen dem gleichen Gesetze der Vertheilung folgt, wie nachstehende Zusammenstellung lehrt.

Benennung	Rückstands-Zahl	Kalkerde-Zahl	Bittererde-Zahl
Königssee	977	423	51
Walchensee *)	1382	507	185
Chiemsee	1800	582	219
Schliersee	1902	720	183
Tegernsee	2076	754	237
Kochelsee	2273	799	237

Aus diesen Zahlen ist Folgendes abzuleiten: Kalk und Bittererde bilden die Hauptmasse der Lösungsgehalte, folglich unterliegen sie den gleichen Bedingungen, wie sie für die zugehörigen Rückstandszahlen schon entwickelt wurden.

Dort haben wir drei Hauptlösungsbedingungen kennen gelernt.

Die Menge des Lösungsmittels (Niederschlagsmenge), die Temperatur (Klima, speziell Mittel der Jahreswärme) und Beschaffenheit des zu lösenden Körpers (Bodenbeschaffenheit).\*\*)

Ein kurzer Ueberblick unseres Untersuchungsfeldes in dieser Hinsicht gibt zu nachstehenden Bemerkungen Veranlassung:

Die Niederschlagsmenge ist am Alpenrand und im Gebiete des Inn- ausbruchs die grösste. Sie nimmt im Allgemeinen gegen das geschlossene Gebirge ab.

Das Jahresmittel der Wärme stellt sich am Fusse des Gebirges bei gleicher relativer Höhe, von West nach Ost fortschreitend, etwas niedriger. Ein Gleiches gilt nach dem innern Gebirge zu. Hundert Meter Höhenunterschied entsprechen im Durchschnitt einer Abnahme der mittleren Jahrestemperatur um  $0,5^{\circ}\text{C}$ .\*\*\*)

Bodenbeschaffenheit. Die überwiegende Masse der Gesteine (anstehend, oder als Untergrund) unseres Beobachtungsfeldes besteht aus Carbonaten der Erdalkalien, hauptsächlich Dolomit. Hinsichtlich der Verbreitung stehen dem Dolomit die Kalke am nächsten. Durch wechselnde Beimengung von kohlensaurer Magnesia sind sie einerseits mit dem Dolomit durch vielfache Uebergänge verknüpft, anderseits erscheinen sie, durch wechselnden Beischluss von thonigen oder sonstigen

\*) Bei mehreren Bestimmungen an einem Objekte ist die Durchschnittszahl der gefundenen Werthe angesetzt.

\*\*) Insoferne Niederschlagsmenge und Klima von der äusseren Gestaltung des benetzten Bodens vor Allem abhängen, die innere Gestaltung und Beschaffenheit desselben uns zunächst mit den physikalischen Verhältnissen, dem molekularen Aufbau dieses Bodens bekannt macht, uns diesen als eine mannigfaltige Vielheit von Körpern erkennen lässt und zuletzt seine innerste Beschaffenheit oder Wesenheit, den chemischen Bestand, der in der atomistischen Verkettung und endlichen molekularen Verkörperung seinen Ausdruck findet, in sich schliesst, kann der kürzeste Ausdruck für die Lösungsbedingungen auch dahin lauten: Der Gehalt der Wässer ist in erster Linie abhängig von der äusseren und inneren Gestaltung und dann von der körperlichen und stofflichen Beschaffenheit **des benetzten Bodens; ein Erzeugniss und Zeuge zugleich seiner geologischen Verhältnisse.**

\*\*\*) Dr. K. LANG, klimatische und meteorolog. Verhältnisse. In dem amtlichen Werk „Die Landwirtschaft in Bayern“. 1890.



Kieselmineralien, mit den reinen Quarzsand- und Silikatgesteinen oft aufs engste verbunden.

Wetterstein- und Dachsteinkalk stellen die reinsten massig entwickelten Kalke dar. Letzterer findet sich vorzugsweise im Königsseegebiet vertreten, wogegen der Wettersteinkalk im oberen Loisachthal grössere Verbreitung gewinnt.

Grössere Strecken der Voralpen (Flyschzone) werden von Mergelschiefern und Sandsteinen eingenommen.

Nur mit der Chiemseeachen greift unser Feld in das ältere Gebirge (Phyllit und selbst in kleine Parthien von Glimmerschiefer) ein.

Nach dieser allgemeinen Betrachtung kehren wir zu unseren Zahlenreihen zurück.

Was die Vertheilung der Rückstandsmengen lehrte, lässt sich kurz dahin zusammenfassen: die rückstandsreichsten Stauwässer werden vor Allem von Bodenwässern, dagegen die weichsten Seewässer zum grössten Theil von Oberflächenwasser gespeist.

In letzterem Fall befindet sich der Königssee. Da nun zwischen Königssee und Walchensee nicht jene Unterschiede in Bezug auf Niederschlag und Klima obwalten, um die Differenz ihrer Gehalte annähernd zu erklären, so war der Schluss berechtigt, es müsse aus einem letztern Grund, der nur in der Beschaffenheit der benetzten Schicht liegen könne, dem Königssee viel weniger oder an sich weichere Bodenwässer zukommen als dem Walchensee.

Jetzt nun, nachdem wir unser Beobachtungsfeld den Hauptlösungsbedingungen nach etwas näher kennen gelernt haben, und für die eine Rückstandszahl die zuständigen Kalk- und Bittererdezahlen eintreten lassen, wir somit Ursache und Wirkung gleichsam in ihre Componenten zerlegen; nun wird die geologische Begründung unserer Zahlenreihen eine bestimmtere Form gewinnen können.

Zunächst muss hervorgehoben werden, dass, ausser bei dem Königssee und Walchensee, alle übrigen Kalkzahlen durch einen Gypsgehalt der betreffenden Wässer (aus deren  $\text{SO}_3$ -Gehalt zu entnehmen) nicht unwesentlich höher erscheinen, als wenn sie von Carbonaten allein abstammen würden. Aber selbst wenn der gesammte Rest von  $\text{SO}_3$ , der nicht von den Alkalien in Anspruch genommen ist, als vollständig an Kalk allein gebunden angesehen wird (ein geringer Antheil mag nicht selten als schwefelsaure Bittererde auftreten) und dieser Theil des Kalkes in Abzug gebracht würde, so blieben dennoch unsere Reihen zu Recht bestehen (siehe Rubrik  $\text{CO}_2 + \text{Org.}$ ). Auch nach dieser Unterscheidung würden demnach die erstgenannten Seen, wie schon betont, trotz Abstammung aus den reinsten Carbonatgebieten als die gehaltärmsten erscheinen.

Alle bisher geführten Untersuchungen haben uns dahin geleitet, in der „Beschaffenheit der benetzten Schicht“ das ausschlaggebende Moment für die Gehaltsführung ihrer Begleitwässer zu erblicken.

Aus der geologischen Zusammensetzung unseres Untersuchungsfeldes heraus wurde ein Ueberblick über die petrographische Beschaffenheit desselben zu gewinnen versucht, und diese Uebersicht wiederum lehrte eine nächste Unterscheidung in einen Carbonat- und Silikat-Bestand zu treffen.

Der Antheil von Silikaten am Gehalt der Wässer ist im Gegensatz zu den Carbonaten schon ein an sich geringer; er muss aber in unserem Fall, in einem im Ganzen silikatarmen Felde noch weit geringer sein. Finden sich daselbst aber dennoch die gehaltärmsten Wässer den reinsten Carbonatgesteinen angeschlossen



(Königssee, Walchensee), so können wir nothgedrungen nur in der Art der Silikatbeimengung **in** und **neben** dem Kalke und Dolomite den Hauptgrund für deren Lösung in wechselnder Menge sehen.

Der Beweis für diesen Satz lässt sich nach verschiedenen Seiten führen. Für's Erste aus unseren Objekten.

Jener als von Silikatbeimengungen am wenigsten durchsetzten Gebiete am Königssee und Walchensee wurde schon öfter gedacht. Die Reinheit der Kalkstufen am Königssee ergibt sich nicht bloß aus dem Gehalt der Begleitwässer, der in so ausschliesslicher Weise von  $\text{CaCO}_3$  gebildet wird, sondern auch durch die Bittererdearmuth dieser Wässer (am schärfsten ausgesprochen in den niedrigen Verhältnisszahlen von Kalk zur Bittererde, wie sie in der Analysentabelle, 7. Spalte, zum Ausdruck kömmt: 12,00 und 12,88).

Die Verhältnisszahlen von Kalk- zur Bittererde im Walchenseewasser (37,65; 35,64. Im Normaldolomit verhält sich  $\text{CaO} : \text{MgO} = 100 : 71,44$ ) sprechen deutlich gegen eine ausschliessliche Abstammung von Dolomit. Die grössere Verbreitung der allein noch in Betracht kommenden Kössener Schichten in diesem Gebirgstheil erhält hierdurch klaren Ausdruck. Der Walchenseekessel steht nach diesen Ausführungen im Wesentlichen in Dolomit mit anschliessenden mehr rein kalkigen Stufen; der Silikatbeischluss wird jedoch ein grösserer sein, als im Allgemeinen im Königsseer-Gebirge.

Am auffälligsten geben sich jedoch diese Verhältnisse am Tegernsee und Schliersee kund.

In beiden Gebieten gewinnt der Flysch, (laut Uebersicht) eine Mergelschiefer- und Sandstein-Bildung,\*) neben Dolomit die Hauptverbreitung. Dennoch stehen die Kalk- und Bittererdezahlen der eben erwähnten Seen bedeutend höher, als jene der vorbehandelten.

Die Erklärung zu den eben erwähnten Erscheinungen muss in Folgendem gesucht werden. Verschiedenartigkeit in der Zusammensetzung (Kalk oder Dolomit in Vergesellschaftung mit Kieselmineralien oder Quarz- und Silikat-Gesteinen) begünstigt jedenfalls die Theilbarkeit einer Gesteinsmasse im hohen Grad, sowohl durch mechanische Kräfte (in Thätigkeit gesetzt durch Kälte, Hitze, Pflanzenwachsthum u. s. f.) wie durch die chemische, nicht wie bei den dichten, einheitlichen Gesteinen allein auf die Oberfläche beschränkte Wirksamkeit der eindringenden Wässer. Mit der beschleunigten und tiefer greifenden Verwitterung wächst die Angriffsfläche im Innern der Schichten mächtig an, es werden nicht allein grössere Mengen von Wasser in den Boden eindringen, der innigere Contact mit den Erdschichten muss sie auch gehaltreicher gestalten.

Schliesslich bildet die Mengung der Kalk-(Dolomit-)Gesteine mit schwerer löslichen  $\text{SiO}_2$ -Mineralien die Vorbedingung zur Bildung des in ihrem Bereich auftretenden Nährbodens, dessen Bedeutung für die weitere Ansammlung der Bodenwässer anderweitig die gebührende Würdigung fand.

Nur auf diese Weise wird uns verständlich:

1. Dass die grössten Erhebungen in den bayerischen Alpen zunächst Kalk- und dann Dolomit-Berge sind (Zugspitze, Wetterstein, Benedikten-

\*) Die Grundprobe aus dem Tegernsee führt 19,73% Carbonate ( $14,29\% \text{CaCO}_3$ ,  $3,90\% \text{MgCO}_3$ ,  $1,54\% \text{FeCO}_3$ ) und jene aus dem Schliersee 25,89% Carbonatbestandtheile ( $12,61\% \text{CaCO}_3$ ,  $2,54\% \text{MgCO}_3$ ,  $1,74\% \text{FeCO}_3$ ). In beiden Fällen erweisen sich die Proben als fast ausschliessliche Abkömmlinge des Flysches.



wand, Wendelstein etc. werden von Wettersteinkalk, das Gebirgsmassiv des Königssees von Dachsteinkalk gebildet),\*)

2. dass die Wässer der fast ausschliesslichen Kalk- (Dolomit-) Gebiete sich besonders gehaltarm zeigen (Königssee, Walchensee), und dass schliesslich
3. selbst ein reichlicher Antheil von  $\text{SiO}_2$ -Mineralien und Gesteinen am Kalkgebirge dessen Begleitwässer im Gehalt der Erdalkalien sogar höher stellen kann, als ohne diesen (Schliersee, Tegernsee).

Der auffallende Reichthum der fränkischen Keuperwässer\*\*) an Carbonaten von Kalk und Bittererde, trotzdem deren Mutterböden einen zurücktretenden gleichen Gehalt aufweisen, muss im selben Sinn gedeutet werden.

Endlich ein Beispiel der praktischen Erfahrung: die Kalkdüngung geschieht viel seltener in Form von reinem Kalk, als vielmehr in der Verbindung mit Silikaten, als Mergel.\*\*\*)

Gleichwie die Verhältnisszahlen von Kalk und Bittererde uns wichtige Aufschlüsse über die durchschnittliche petrographische Zusammensetzung des Gebirges am Königssee und Walchensee ertheilt haben, so lässt sich noch manche geologisch bestätigte Thatsache aus diesen Zahlen entnehmen.

Wenn der Schliersee und Tegernsee neben dem Königssee die an Bittererde ärmsten Wässer liefern, so kann dies nur ein vorherrschend aus kohlensaurem Kalk bestehender Carbonatgehalt des Flysches, der neben Dolomit die Hauptformation dieser Abstammungsgebiete bildet, bewerkstelligt haben. Da der Schliersee Mg-ärmer als der Tegernsee erscheint, so weist dies ebenso bestimmt auf die grössere Verbreitung des Flysches im Schliersee- und eine bedeutendere Ausdehnung des Dolomits im Tegernsee-Gebiet hin.

Am Chiemsee hat der Hauptzufluss, die Achen, das Mg-reichste und der Ausfluss, die Alz, das Mg-ärmste Wasser. Damit ist der Beweis erbracht, dass die sonstigen Zuflüsse des Chiemsees einem kalkreicheren Gebiete entstammen (Hallstätter-, Wettersteinkalk, Mergel und Kalke des Lias und Jurakalke setzen hauptsächlich das Material der im Süden des Sees gelegenen Berge zusammen).

Als bittererereichstes der untersuchten Wässer stellt sich der Kesselbach dar. In Anbetracht eines bedeutenden Gypsgehaltes, der dieses Wasser unzweifelhaft auszeichnet, muss seine Abstammung ohne Frage fast ausschliesslich auf Hauptdolomit bezogen werden.

### Kieselsäure.

Die Untersuchung der Fichtelgebirgswässer, wie die nachfolgende der unteren bayerischen Donau und ihrer Hauptzuflüsse, hatten eines Theils den innigen Zusammenhang von Kieselsäuregehalt der Wässer und Betheiligung von Silikatgesteinen am Aufbau der benetzten Schicht dargethan, andern Theils aber auch nachgewiesen, dass von den Quellen ab mit der Länge des Laufes dieser Wässer eine stete Abnahme der Kieselsäure eintritt.

\*) Die Lage der Erdschichten im Raum ist selbstverständlich in erster Linie durch den geologischen Aufbau, beziehungsweise die tektonischen Vorgänge bedingt, die Ausgestaltung der Oberfläche ist aber fast das ausschliessliche Werk des Wassers in seinen verschiedenen Erscheinungsformen.

\*\*) a. a. O. S. 83 u. Anmerkung S. 71.

\*\*\*) Die Vortheile des Mergels (der Böden) bestehen ersichtlich nicht allein in der erleichterten Kalkabgabe. Die Mergel bedürfen meist keiner besonderen Aufbereitung und stellen, selbst nach der Entkalkung, oft noch einen schätzenswerthen Bodenzuwachs dar.



Da in jenen Tagwässern oft nicht unbeträchtliche Mengen von Pflanzenzellen oder deren Reste nachgewiesen wurden, die der Sippe der *Bacillariaceen* angehören, diese Algen aber ihren Wachstumsbedarf somit auch für ihre Kieselschalen nur aus dem Wasser decken können, so schien die nachgewiesene stete Abnahme der  $\text{SiO}_2$  in den offenen Wässern am natürlichsten auch mit dem Wachstum dieser Algen verknüpft.

Die geringen Kieselgehalte unserer gemengten Seewässer, lassen, wie erklärlich, nicht mehr jene strenge Gesetzmässigkeit erkennen, wie sie bei den Hauptvertretern des Lösungsgehaltes, Kalk und Bittererde, sich noch ausgeprägt findet. Ungeachtet dessen, und obschon gerade die Mängel und Fehlerquellen der Untersuchung an den kleinsten Mengen relativ mehr zum Ausdruck gelangen, finden wir trotz alledem das oben Gesagte in den vorliegenden Zahlen bestätigt.

Die Betheiligung der Silikate an unserem Beobachtungsfeld ist eine geringe, dementsprechend erheben sich die  $\text{SiO}_2$ -Gehalte der Wässer in keinem Fall zu besonderer Höhe. Kesselbachquelle, Kochelsee an der Kesselbergbucht und Chiemseeachen zeigen die grössten  $\text{SiO}_2$ -Gehalte. Diese Wässer sind als jene zu bezeichnen, welche zur Schöpfzeit die reinsten Quellabflüsse darstellen.

Die Abnahme der Kieselsäure mit der Länge des Gerinnes zeigt am deutlichsten der Zufluss des Chiemsees (3,2 mg  $\text{SiO}_2$ ) und sein Abfluss (1,2). Aber auch die Zahlen für den Tegernsee und seinen Abfluss lassen Aehnliches erkennen.

### Thonerde.

Ueber diesen Stoff lässt sich nicht viel Positives sagen. Die recht unbestimmt schwankenden und dadurch nicht leicht erklärlich scheinenden Zahlen für die  $\text{Al}_2\text{O}_3$  lassen wenigstens Folgendes erkennen: stehen sie in den Werthen der  $\text{SiO}_2$  am nächsten, so deutet dies recht bemerkenswerth auf ihre gleiche mineralische Abstammung, wogegen die durchschnittlich höheren Zahlen der Thonerde (ganz wider die Regel der mineralischen Bindung, wo die Thonerde fast stets in bedeutend geringeren Mengen erscheint) als Beweis gelten können, dass eben ein Theil der mitgelösten Säure schon dem Wasser entzogen wurde. Gewisse Anzeichen (Chiemsee) könnten auch dahin gedeutet werden, dass aus dem zeitweise sich einstellenden schwebenden mineralischen Gehalt der Wässer, sei es zu Folge von chemischen oder von Lebensprocessen, der Thonerdegehalt angereichert erscheint.

### Titansäure.

Aus der nur spurweise in unseren Wässern vertretenen Titansäure ist nicht etwa auf ein Fehlen dieses Stoffes in den benetzten Schichten zu schliessen (in den Grundproben aller Seen, dem Sand der Chiemseeachen und selbst in der abgeschiedenen geringen Silikatbeimengung des Hauptdolomits, fanden sich bis über 1% Titansäure); die spärliche Vertretung der  $\text{TiO}_2$  im Wasser ist vielmehr entweder auf die Art ihres Vorkommens als Mineral (Rutil, Anatas, Brookit), oder auf die Art der Bindung und Gestaltung (säurereiches Titaneisen in abgerollten, geglätteten Körnern) zu beziehen, die der Lösung besondere Schwierigkeiten entgegensetzen.

### Eisen- und Manganoxydul.

Das Eisen erscheint im Abdampfückstand und demnach auch in der Analysentabelle als Oxyd, im Wasser fast ausnahmslos als Oxydul.



Zeigen die Fliesswässer, trotz häufiger Durchlüftung, folglich unter Sauerstoffaufnahme, schon geringe Unterschiede in den minimalen Eisengehalten, so wäre anzunehmen, dass die Stauwässer, bei der reichlichen Kohlensäurebildung innerhalb der Masse ihrer Bodenabsätze, noch weniger Neigung besässen, sich ihres geringen Eisengehaltes weiter zu entledigen.

Und doch zeigen die untersuchten Seegrundproben einen oft nicht unbeträchtlichen Gehalt an Carbonaten des Eisens und seines nächsten Verwandten, des Mangans, die zum grössten Theil nur dem Wasser entnommen sein können. Da hier an eine chemische Sedimentation, wie sie bei den Fliesswässern allenfalls in Frage kommt, kaum zu denken ist (schon deswegen nicht gut, da die chemische Verbindung des Absatzes die gleiche wie die im Lösungszustand in den Wässern ist, in beiden Fällen das kohlensaure Eisenoxydul), so lässt sich dieser Vorgang nur durch vitale Sedimentation, den Niederschlag durch Organismen (Pilze und auch Algen) erklären. Es ist anzunehmen, dass erst nach der Abscheidung und Aufsammlung des Eisens als Oxyd am Seegrund, unter Beihilfe der daselbst sich aus den faulenden organischen Stoffen entwickelnden  $\text{CO}_2$ , innerhalb des Seeschlammes das feste kohlensaure Eisen- und Manganoxydul sich bildet. Da die letztere Verbindung in den tieferen und zugleich ruhigeren Lagen angereichert erscheint (Chiemsee), so ist anzunehmen, dass die Ausscheidung des Mangans, schon wegen seinen relativ viel geringeren Mengen, eine langsamere ist als die des Eisens.

Diese in der Analysentabelle abgestuft verzeichneten Spuren von Mangan, von 0,000002 bis 0,00002 g im Liter Wasser geschätzt, lassen sich unschwer in obiger Weise deuten.

### Alkalien.

Der Ursprung der Alkalien in den Wässern ist bei früherem Anlass\*) auf einfache Lösung der kaum einer Erdschicht fehlenden, an sich löslichen Alkalisalze oder auf Zersetzung von Alkalisilikaten mit nachgefolgter Lösung (Folgelösung) zurückgeführt worden. Da unsere Wässer unter dem sehr wechselnden Einfluss beider Lösungsarten stehen, so ergibt sich die Schwierigkeit von selbst, aus den gegebenen Zahlen weitergehende Schlüsse zu ziehen.

Eine bemerkenswerthe Thatsache hat aber die Alkalibestimmung dieser Wässer zu Tage gefördert: die allgemeinere Verbreitung des Lithiums in den Wässern der bayerischen Alpen.\*\*)

Es kann als selbstverständlich gelten, dass demnach ebenfalls alle Seegrundproben diesen Gehalt erkennen liessen.

Auf die nähere Verfolgung des mineralischen Ursprungs dieses Stoffes muss vorläufig Verzicht geleistet werden. Es sei nur bemerkt, dass die meisten dunkeln Glimmer alpiner Herkunft als lithionhaltig befunden wurden.\*\*\*)

\*) a. a. O. (Geogn. Jahresh. VI, 1893) S. 98.

\*\*) Ehe diese Thatsache als feststehend betrachtet werden konnte, wurden alle bei der Analyse zur Verwendung gelangten Reagentien einschliesslich des destillirten Wassers auf Lithium geprüft. In allen Fällen mit negativem Erfolg.

\*\*\*) Wurde seiner Zeit ein gleicher Nachweis für die dunkeln Eisen-Magnesiaglimmer des ostbayerischen Grenzgebirges erbracht, ohne dass es gelungen wäre, für die Wässer derselben Herkunft einen Lithiumgehalt nachzuweisen, so lag dies sicher nur an der geringen Menge des zur Prüfung verfügbaren Wassers.



### Chlor.

Die Chlorzahlen der Analysentabelle verdienen, trotzdem sie nur geringe Mengen vorstellen, grössere Beachtung.

Für's Erste muss doch auffallen, dass ein so vorwiegend aus Keuperschichten zusammengesetztes Gebiet wie das unsere, im Gegensatz zu dem ausseralpinen aus gleichaltrigen Gebilden\*) bestehenden Territorium so wenig NaCl (in welcher Verbindung das Cl hauptsächlich zu denken ist) in seinen Wässern führt.

Bekanntlich sind grosse Faciesunterschiede in den Ablagerungen beider Gebietstheile vorhanden: in den Alpen herrschen Carbonate als Bildungen einer tieferen See vor, in Franken dagegen meist sandige Lagen, mehr auf nahes Ufer deutend; es liesse sich daher für's Erste die Ungleichheit im Chlorgehalt beider Keuperprovinzen durch die ganz verschiedene Bildungsweise erklärlich finden. Es fragt sich aber, ob nicht der in beiden Bereichen so verschiedenen jetzigen Lagerung ein gleicher Antheil an dem gedachten Ergebniss zuzusprechen sei. Wenigstens zeigt der Frankenkeuper eine kaum von der horizontalen abweichende Lage, wogegen der alpine Keuper den denkbar stärksten Dislokationen unterworfen und unter diesen Umständen einer nachfolgenden Auslaugung gewiss in viel höherem Maasse zugänglich wurde.

Ferner ist bemerkenswerth, dass nur der Chiemseeachen ein. grösserer Chlorgehalt zufällt, der unzweifelhaft auf den Antheil von Buntsandstein in ihrem Oberlauf (im Alpengebiet als vorzugsweise NaCl führend bekannt), der einzigen Betheiligung dieser Stufe an unserem Feld, zurückzuführen ist.

Die Thatsache, dass der Königssee von allen Seen die geringste Menge von Chlor beherbergt, widerspricht einer irgend nennenswerthen Betheiligung des nahen Berchtesgadener Salzgebirges am Aufbau seines Einzugsgebietes.

### Schwefelsäure.

Der hervorragenden Betheiligung von  $\text{SO}_3$  am Gehalt der Wässer, die hauptsächlich aus Dolomit stammen (nur der Walchensee bildet eine beachtenswerthe Ausnahme) wurde schon bei den alkalischen Erden gedacht. Die wechselnden Mengen Gyps dieser Wässer (aus ihrem  $\text{SO}_3$ -Gehalt leicht zu entnehmen) sind untrüglich grösstentheils den Rauchwackeneinlagerungen im Liegenden des Hauptdolomits entnommen.

Das sonst häufig mit dem Gyps vergesellschaftete Kochsalz würde jedoch hier vergebens gesucht werden, denn die an sich verschwindend kleinen Chlorgehalte zeigen nicht den geringsten Zusammenhang mit jenen der Schwefelsäure.

Zum Schluss des ersten Theiles dieser hydrochemischen Untersuchungen seien noch einige Bemerkungen über die der Analysentabelle einverleibten Untersuchungsergebnisse an Proben vom

### Gollinger Wasserfall und der Kesselbachquelle,

deren Wässer vielfach, nicht blos im Volksmund, als Seeausbrüche gedeutet wurden, beigelegt.

Der gütigen Beihilfe des Herrn Prof. FUGGER in Salzburg ist es zu danken, wenn dem Gehalt des Wassers vom Königssee jener des Wassers vom Gollingerfall zur Seite gestellt werden konnte, um vom chemischen Standpunkt aus in der

\*) Vergl. Unters. von Quell- und Flusswasser etc. Geogn. Jahreshfte IV, 1891. S. 82 ff.



schon öfters aufgeworfenen strittigen Frage wegen der Abhängigkeit, beziehungsweise Herkunft dieses Wassers vom Königssee Stellung zu nehmen.

Ein flüchtiger Vergleich der Analysen des Königsseewassers und der Schwarzenbachquelle (Quelle des Gollinger Wasserfalls) lehrt, dass diese Wässer in den zur Prüfung vorgelegenen Proben sehr verschieden sind. Immerhin mag eine entferntere Aehnlichkeit der Gehalte beider nicht abzuläugnen sein; diese ist aber durch die Abstammung aus einer gleichen oder doch wenig verschiedenen Gebirgsbildung leicht zu erklären.

Das Ergebniss der chemischen Prüfung spricht sonach entschieden zu Gunsten des Standpunktes, den Herr Prof. FUGGER vertritt\*) und der kurz dahin lauten kann: Der Gollinger Wasserfall stellt keinen Abfluss des Königssees dar.

Eine andere Frage wäre es, ob überhaupt jeder und aller Zusammenhang zwischen See und Fall in Abrede zu stellen sei.

Die Entfernung vom Nordende des Sees zum Wasserfall, die etwa 15 km beträgt, spricht gewiss nicht sehr für die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenhanges, schliesst aber einen solchen nicht völlig aus, wie auch der Analysenbefund eine beschränkte Betheiligung des Königssees am Gollinger Fall nicht für unmöglich erscheinen lässt.

Eine besondere Erwähnung verdient die eigenartige, durch organische Stoffe bedingte Färbung des Rückstandes vom Wasser des Gollinger Falles; die Färbung ist um so auffälliger, als ein grosser Theil dieses organischen Gehaltes sich als nicht zum Lösungsgehalt gehörig dokumentirt. Sollte uns daher nicht die mikroskopische Wasseranalyse den richtigen Weg weisen, welchen die Wasser nehmen, ehe sie so mächtig aus dem Berge brechen?

Am Kesselberg, zwischen Kochelsee und Walchensee, quillt aus dem Schutt des Hauptdolomits, der südwärts, in hohen Felsen anstehend, eine steile Böschung bildet, der Kesselbach zu Tage. Nahe seinem Ursprung hatte seiner Zeit B. SALBACH,\*\*) welcher sich um die Wasserversorgung von München grosse Verdienste erwarb, im Durchschnitt 500 Sekunden-Liter Schüttung gemessen. Eine ungefähre Schätzung am Quellort, die ich am 8. Januar 1898 vornahm, ergab ein Minimum von 332 Sek.-Liter.

Aus naheliegenden Gründen,\*\*\*) die hier jedoch einen ziffermässigen Ausdruck erhalten, wurde schon von SALBACH ein Zusammenhang dieses mächtigen Quellbaches mit dem Walchensee angenommen.

Die Beobachtungen am Quellort: Quelltemperatur von 8,5° C. (die einer relativen Höhenlage von Quellen†) bei 320 m, etwa der Höhe [über dem Meere] von Regensburg und seiner mittleren Jahrestemperatur von 8,4° C. entspräche) und Gasauströmungen sprechen entschieden für aufsteigenden Quellerguss; hiermit wird das eben rechnerisch aufgestellte Argument haltlos und verliert seine Beweiskraft.

\*) Prof. E. FUGGER. Der Gollinger Wasserfall; Vortrag, gehalten b. d. Alpenvereins-Ausflüge in Golling. 30. März 1884. Salzburger Volksblatt.

\*\*) B. SALBACH, In den Commiss.-Berichten für Wasserversorgung etc. der Stadt München i. d. Jahren 1874 und 1875.

\*\*\*) Wenn der jährliche Niederschlag im Kesselbachgebiet, sehr hoch gerechnet, auf 2000 mm angesetzt und der Oberflächenabfluss, gering genommen, nur mit 50% des Niederschlags bemessen wird, so beansprucht die Kesselbachquelle bei nur 300 Sek.-Liter Schüttung fast 10 Quadratkilometer Zuflussfläche, die auf keinen Fall dem Quellpunkt, unter Annahme einer Speisung durch Bodenwässer im **Absteigen**, zur Verfügung stehen.

†) Im Absteigen.



Vergleichen wir die Gehalte von Kesselbach und Walchensee, so sehen wir sogleich, dass dieser Quellbach einen einfachen und direkten Spaltenabfluss des Sees nicht bilden kann. Der bedeutende Schwefelsäuregehalt des Kesselbaches, der so geringe des Sees, wie die relativ hohe Temperatur des ersteren beweisen dies sicher; man kann daher sagen: ist der Kesselbach als Ausbruch des Walchensees anzusehen, so müssten diese Abflüsse zunächst in grössere Tiefe reichen, denn erst dann kann gepresste Luft\*) die versunkenen Wässer, beladen mit der Wärme und den Salzen der Tiefe (hier Gyps etc.), wieder zu Tage heben.

---

\*) Würde der Auftrieb des Quellwassers direkt vom Walchensee aus durch hydrostatischen Druck bewirkt, dann wäre ein Sprudeln trotz verhüllendem Bergschutt eher zu erwarten, denn der Seespiegel liegt an 25 m höher als der Quellort.

