

Der
KOCHEL-SEE.



Limnologische Studie
Ein Beitrag
zur Bayrischen Landeskunde

von

GEORG BREU, München.



Tafel VIII.



nach Reschreiter.

Durch Güte von der Deutschen Alpenzeitung, wofür wärmster Dank.

Vorwort.

Der Verfasser rechnet es zu seiner Pflicht, seinen Lehrern, Herrn Professor **Dr. Sigmund Günther**, **Dr. Wilhelm Götz**, **Dr. A. Rothpletz** in München, sowie Herrn Geheimrat **Dr. Theobald Fischer** in Marburg, die ihn bei der vorliegenden Arbeit wesentlich unterstützten, den besten Dank auszusprechen.

G. Breu.

Inhalts-Verzeichnis.

Einleitung.

Der Kochelsee in der Litteratur.

Lage und jetzige Grösse.

Tiefenlotungen.

Beschreibung des Apparates.

Lotungsvorgang.

Vergleichungsprofile.

Bodenrelief.

Entstehung des Kochelsees.

Geologisches.

Beweise für seine tektonische Entstehung.

Temperaturverhältnisse.

Eisverhältnisse.

Farbe.

Durchsichtigkeit.

Hydrochemische Untersuchungen des Kochelsees.

Moor- und Torfbildungen an den Ufern des Kochelsees.

Nischen, Strandlinien und Deltas am Kochelsee.

Die Entstehung der Schwefelquellen im Bereiche des Kochelsees. — Seiches

Der „ehemalige“ Kochelsee.

Loisach-Korrektion.

Beziehungen des Kochelsees zum benachbarten Walchensee.

Siedungsverhältnisse.

Das Klima am Kochelsee.

Rückblick.

Litteraturnachweise.

Einleitung.

Jener herrliche Seenkranz, der sich unmittelbar im Süden und Norden unseren Alpen angliedert, übte mit seinem geheimnisvollen Zauber nicht nur einen eigenartigen Reiz auf den fern vom nervenzerrüttenden Getöse der Grossstadt weilenden und sich nach Ruhe sehnenden Städter aus, sondern zog mit aller Gewalt auch den vom eifrigen Wissensdrange beseelten Forscher zur Ergründung seiner tieferen Geheimnisse, namentlich über sein Werden und Vergehen, sein inneres Leben und Treiben, an.

Alle Nationen, zu deren Landschaftsschmucke jene Gewässer gehören, folgten in neuerer Zeit emsig dieser bezaubernden Stimme, und Italiener wie Oesterreicher, Bayern wie Schweizer, teilten sich in dieses ebenso wichtige wie interessante Unternehmen

Wir wollen nicht alle die Männer anführen, welche sich im Auslande mit diesen limnologischen Studien beschäftigten, — es würde über den Rahmen unserer Arbeit weit hinausgreifen, nur erwähnen möchten wir kurz, dass A. Geistbeck¹⁾ Bayberger²⁾ und W. Ule³⁾ sich um die Seenkunde unseres Vaterlandes grosse Verdienste erworben haben.

¹⁾ A. Geistbeck, die Seen der deutschen Alpen. Leipzig 1885.

²⁾ Bayberger, Der Chiemsee, Mitteilungen des Vereins für Erdkunde, Leipzig 1889.

³⁾ W. Ule, Der Würmsee in Oberbayern. Leipzig 1901.

Starnbergersee wie Chiemsee sind bereits der Gegenstand einer beachtenswerten Bearbeitung geworden, und in jüngster Zeit beschäftigte sich Ule wieder mit einer eingehenden Untersuchung des dem Würmsee benachbarten Ammersees.¹⁾

Es wäre gewiss für die Wissenschaft von hohem Grade wertvoll gewesen, wenn man auch dem Kochelsee grösseres Interesse entgegengebracht hätte, namentlich schon deswegen, weil er mehr im Gebirge selbst schlummert, während alle übrigen Seen unserer schwäbisch-bayerischen Hochebene im Vorlande gelegen sind.

Diese Lücke in der bayerischen Seeforschung auszufüllen, soll auf vielseitige Anregung hin die Aufgabe des Verfassers sein.

¹⁾ Diese Arbeit wird in den Mitteilungen der Münchner geographischen Gesellschaft erscheinen (Heft 4 1906.)

Der Kochelsee in der Litteratur.

A. Kartographie.

Die bildlichen Darstellungen unseres Erdkörpers waren bis zum Anbeginne des 16. Jahrhunderts grösstenteils Erdgloben oder Weltkarten; dagegen treffen wir in äusserst seltenen Fällen landeskundliche Aufzeichnungen. Erst die eingehenden historischen Arbeiten der Humanisten wirkten umwälzend und fördernd auf dieses Gebiet ein, da man auch der detaillierten Darstellung der Einzelgebiete mehr Aufmerksamkeit schenkte.¹⁾

So entstand wenigstens die Basis zu einer Topographie, welche heute noch nicht, so wichtige Fortschritte sie auch zu verzeichnen vermag, ihren Höhepunkt erreicht hat. Dass es hierin in Bayern nicht besser bestellt ist, als in anderen Ländern, zeigt unsere einheimische Kartographie zur Genüge; immerhin weiss sie gerade in der topographischen Darstellung viel erfreulichere Züge auf, als in manch anderen Gebieten.

Genauen Aufschluss über die historische Entwicklung der bayerischen Kartenkunde finden wir in einer Abhandlung von H. Lutz „Zur Geschichte der Kartographie in Bayern.“²⁾ Uns beschäftigt hier selbstverständlich nur die kartographische Darstellung des Kochelsees, die, so einfach dieses Wasserbecken auch in seinen Formen ist, die abweichendsten Gestalten desselben oft zur Abbildung brachte.

Nach unseren Untersuchungen war es wohl Aventin³⁾ gewesen, der uns zuerst mit seinem Stifte die äussere Gestalt des Kochelsees kartographisch wiedergab, freilich in den einfachsten Zügen, die nur auf Erkundigungen beruhen konnten.

Entschieden genauer ist die Form des in Rede stehenden Sees von Philipp Appian⁴⁾ gegeben, wahrscheinlich schon

¹⁾ Lutz, Zur Geschichte der Kartographie in Bayern (Jahresbericht der geographischen Gesellschaft in München 1857.)

²⁾ Ebenda.

³⁾ Aventin-Karte (Neu herausgegeben von E. Oberhummer als Beilage zu den Jahresberichten der geographischen Gesellschaft München).

⁴⁾ Appian. Vierundzwanzig bayerische Landestafeln, Augsburg 1856.

auf wissenschaftlicher Vermessung fussend, da sämtliche Landestafeln jenes grossen Mathematikers, namentlich die hydrographischen Objekte, nachweislich auf geodätischer Beobachtung beruhen.

In allen anderen Kartenwerken, bis auf Adrian von Riedl, seien sie von den Augsburger oder Nürnberger Meistern hervorgebracht, erscheint uns dieser See, soferne er Berücksichtigung erlangte, nur als Kopie Appians, ein Beweis wohl dafür, dass sich diese Zwischenzeit mit einer eingehenden Darstellung dieses Terrains nicht beschäftigte. Geradezu als unverbleibliches Verdienst Riedels¹⁾ muss es angesehen werden, wenn dieser Schöpfer der modernen bayerischen Kartographie auch dem Kochelsee eine genaue Vermessung zukommen liess. Ohne Zweifel hatte dieses Becken dann die Form, wie sie Riedl angab, und wenn dieselbe mit der heutigen in manchen Details nicht mehr übereinstimmt, so liegt dies eben in der Natur der Dinge, wie wir etwas später erfahren werden, denn auch der Kochelsee muss jenem Gesetze gehorchen, wie alle seine übrigen Brüder: „er ist eine ephemere Erscheinung in der Landschaft.“

Nach diesem Erfahrungssatze kann es uns also nicht Wunder nehmen, wenn auch die späteren bayerischen Generalstabskarten in den Einzelheiten den See oft anders darstellen wie die jetzige. Namentlich den sogenannten Rohrsee zeigt die heutige Karte bedeutend reduziert, ein Zeichen, wie rapid gerade dieser See den Gang alles Irdischen geht.

Doch wie eben erwähnt, kommen wir auf die Vermoorung und auf das Verschwinden dieses Wasserbeckens in einem anderen Kapitel zu sprechen; hier möchten wir nur noch erwähnen, dass wir bei unserer Arbeit stets nur die neue Generalstabskarte als Grundlage benützten. Als geologische Karte diente uns die grosse Gümbel'sche Karte, die einzige, welche über dieses Gebiet vorhanden ist.

¹⁾ Riedl Adrian, Reise-Atlas von Bayern 1796

B. Bibliographie.

Eine eingehende Betrachtung des Kochelsees von Seite der Naturforscher konnte der Verfasser in der Litteratur nicht finden. Nur die Frage nach seiner Entstehung wurde hie

und da berührt, wie z. B. von v. Gümbel, Flurl, v. Schafhäütl, Penck, Götz, A. Geistbeck usw., andere Momente, wie seine Tiefenverhältnisse, seine chemische Zusammensetzung, seine Farbe u dergl. wurden zwar etwas eingehender betrachtet, aber immerhin für unsere Zwecke nicht hinreichend genug, so beachtenswert auch manche Arbeiten davon sind.

Da wir auf all' diese Untersuchungen in den Spezialabschnitten unserer Arbeit noch zurückkommen werden, so halten wir es für angezeigt, von der Aufzählung all' jener Forscher und Werke, die mit dem in Rede stehenden See in Beziehung stehen, absehen zu wollen, um Wiederholungen vorzubeugen.

Die Dürftigkeit der Litteratur — um es gleich hier hervorzuheben — erschwerte natürlich in hohem Grade unsere Forschung, zumal ja der Kochelsee ohne Zweifel in mancher Hinsicht zu den kompliziertesten Seebecken nicht blos Bayerns, sondern überhaupt der Alpen gehört. Das Verdienst, diese ebenso schwierige, wie wichtige Frage grösstenteils durch eigene Untersuchungen der Lösung näher geführt zu haben, dürfte dem Verfasser deshalb nicht versagt werden können.

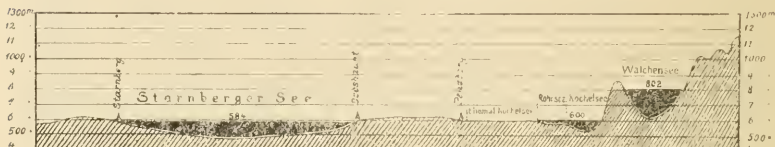
Lage und jetzige Grösse.

Der Kochelsee gehört sowohl orographisch als geologisch zu den Alpenseen; orographisch, da er auf drei Seiten, im Osten, Süden und Westen von den Alpenbergen begrenzt, geologisch, da seine Entstehung eng mit der geologischen Geschichte der Alpen verknüpft ist.

Er zerfällt in zwei Teile: in den eigentlichen See im Süden, der, die Schlehdorferbucht abgerechnet, ein von SW nach NE gerichtetes Rechteck bildet, wovon die SW-NE Längsseiten 3 km, die SE-NW Breitseiten etwa 2 km lang sind; dann in den Rohrsee, nach NE gerichtet, 3 km lang und 1 km breit. Letzterer ist jetzt vermoort.

Der Spiegel des Sees liegt in einer Höhe von 600,1 m, 16 m höher als der des benachbarten Würmsees.

Die mittlere Höhe seiner Umrahmung macht etwa 650 m aus. Sein Umfang beträgt nach unseren planimetrischen Messungen 6,08 km. Der See ist insellos.



Tiefenlotungen.

Ueber den wissenschaftlichen Wert derselben ist man bereits längst im klaren, und es mag hier nur angedeutet werden, dass nicht genug Tiefenlotungen gemacht werden können. Die Behauptung, dass sich Seebeckenprofile zu einander verhalten wie ein Ei zum andern, kann nicht mehr aufrecht erhalten werden, wie die neueren Untersuchungen bei Alpenseen bezeugten.

Abgesehen von dem grossen wissenschaftlichen Interesse, das zahlreiche Sondierungen bieten, kommt noch ein praktisches Moment seit wenigen Jahren zur Oberfläche: Das ist der grosse Wert dieser Messungen für den modernen Segelsport, der sich überall in den grösseren Alpenseen einer ausgedehnten Beliebtheit erfreut. Die Nachfrage über solche Tiefenkarten in unseren Buchhandlungen kann geradezu enorm genannt werden und man kann mit Fug und Recht sagen: dass das Verlangen hier grösser ist als das Angebot. Aus diesem Grunde — wohl ein Verdienst für die Wissenschaft, dass sie auch das praktische Interesse im Auge hat — und dann aus der oben erwähnten wissenschaftlichen Ursache, unternahmen wir trotz der grossen finanziellen Opfer, die uns diese Tätigkeit verursachte, eine eingehende Durch-

lotung des Kochelsees, der zwar schon von A. Geistbeck¹ nach dieser Hinsicht Berücksichtigung fand, allein immerhin zahlreicher Lotungen noch bedurfte. Dass wir von einer Nachprüfung der Geistbeck'schen Lotungen abstehen konnten, ist bei der bewährten Exaktheit seiner Arbeiten und bei der Bedeutung dieses Forschers selbstverständlich. Wir hielten es daher für angezeigt, durch Sondierungen an anderen Seestellen das Geistbeck'sche Unternehmen zu vervollständigen. Zwar ergaben sich -- um das gleich hier zu erwähnen -- keine wichtigeren Resultate für die Wissenschaft als die von Geistbeck, immerhin sind sie wert, der Veröffentlichung übergeben zu werden.

Bevor wir uns über das Relief des ausgeloteten Sees verbreiten, finden wir es für nötig, einige allgemeine Bemerkungen über unsere eigenen Messungen, sowie über die Methode derselben und unseren selbst konstruierten Lotapparat voranzuschicken. Die Anslotung des Seebeckens begann im Herbst 1904 und wurde im Sommer 1905 beendet. Im ganzen sind ungefähr 150 Lotungen gemacht worden. Die anruhende Karte mit Isobathenkurven zu je 50 Ruderschlägen = 70 Meter verticalen Abstand gibt selbstredend nur ein ganz allgemeines Bild von den Tiefenverhältnissen unseres Wasserbeckens. Hauptzweck unserer Lotungen war eine möglichst genaue Eruirung der Bodenverhältnisse des Kochelsees. Behufs dieser Ermittlung sondierten wir analog Geistbeck Quer- und Längenprofile durch den See, jedoch, wie bereits gesagt, in anderer Richtung. Zuerst wurde die Fahrrihtung auf der Karte bestimmt, alsdann geeignete Fixierpunkte am See gewählt, sowie deren Lage vermittelt eines Sextanten durch Peilung nach den auf der Karte notirten Punkten festgelegt²). Dem Sextanten haben wir vor der Busssole, welche Ule am Wirmsee benutzte, den Vorzug gegeben.

¹) A. Geistbeck, Die Seen der deutschen Alpen, Leipzig 1885.

²) Man könnte sich auch der „pothenot'schen Aufgabe“ bedienen.

Beschreibung des Apparates.

Was unseren Lotapparat¹⁾ betrifft, so erwies sich derselbe äusserst praktisch und handlich. In Nachstehendem wollen wir in ganz kurzen Zügen einige schriftliche Angaben hierüber folgen lassen.

Auf einer horizontalen, grossen eisernen Kurbel, eine Art Wellenrad, wurde der 100 Meter lange Kupferdraht (2 mm Dicke) aufgewickelt, der zum Loten diente. Wir wählten absichtlich Kupferdraht, weil eine Leinenschnur uns infolge ihrer leichten Ablenkbarkeit sich als untunlich erwies. Wohl wären zwar bei ruhigem Wetter auch durch ein Seil keine grossen Abweichungen zu erwarten gewesen, allein bei stürmischen Wetter hätte letztere Operation doch nicht die genauen Resultate geliefert, die sich durch den Kupferdraht ergaben. Namentlich in Hinsicht auf die Geistbeck'schen Lotungen schon hielten wir eine Sondierung mit Draht für angezeigt, damit allenfallsige Abweichungen nicht zu falschen Schlüssen geführt hätten.

Durch eine praktisch angefertigte eiserne Kurbelstange konnte nun der Draht nach den mechanischen Gesetzen der Kraftersparung auf- und abgerollt werden, was sich fast mühelos vollzog. Um noch mehr Kraft zu ersparen, wurde der Apparat so angelegt, dass der Kupferdraht mittelst eines Regulierpädchens über ein grosses, senkrechtstehendes eisernes Wellenrad geleitet wurde, um von hier aus durch ein zweites Regulierpädchen an der Spitze des Kahnes, beschwert mit einem 10pfündigen nach oben verjüngten Gewichte, in die Tiefe zu dringen. Das Gewicht hatte nebenbei die Aufgabe noch zu erfüllen, Grundproben aus der Tiefe zu schaffen, wozu am Boden desselben eine mit Talg bestrichene Höhlung angebracht wurde. Das Kupferlot war durch bezifferte

¹⁾ Auf meine Instruktion von der Firma J. M. Göggelmann sen, München hergestellt.

Neusilberplättchen in Meter gemarkt und erlaubte so eine direkte Abstandsmessung, indem die vom Lot erreichte Tiefe einfach abgelesen werden konnte.

Lotungsvorgang.

Bei diesen Tiefenuntersuchungen wurden wir von einem eigens hiezu gemieteten Schiffer unterstützt, der jedesmal derselbe war¹⁾ um, da wir die Entfernungen der Lotungspunkte nach Ruderschlägen bestimmten, möglichst genaue Resultate auch nach dieser Richtung hin zu erhalten. Anfangs sondierten wir von je 10 zu 10 Meter, liessen jedoch von diesem Vorhaben ab, als wir bemerkten, dass das Relief des Sees ein ziemlich gleichmässiges war. Entfernungspunkte von 50 bis 50 Meter wurden uns deshalb richtschnurgehend und bildeten auch die Grundlage zu unserer Tiefenkarte.

Die Lotungen wurden nur bei möglichst gutem Wetter und ruhigem See gemacht, doch musste zweimal, als uns der Sturm bei der Arbeit überraschte, die Tätigkeit ausgesetzt werden. (Siehe Tiefenkarte!) Dass unsere Lotungen nach diesen Ausführungen der Gründlichkeit nicht entbehren dürften, geht wohl zur Genüge hervor. Auch die grosse Anzahl derselben besagt, dass weder Mühe noch finanzielle Opfer gescheut wurden, um ein klares Bild von den Tiefen des Kochelsees zu erhalten, wohl zum Nutzen und Frommen der Wissenschaft.

¹⁾ Auch wurde immer mit ein- und demselben Kahne gefahren.

Vergleichungsprofile.

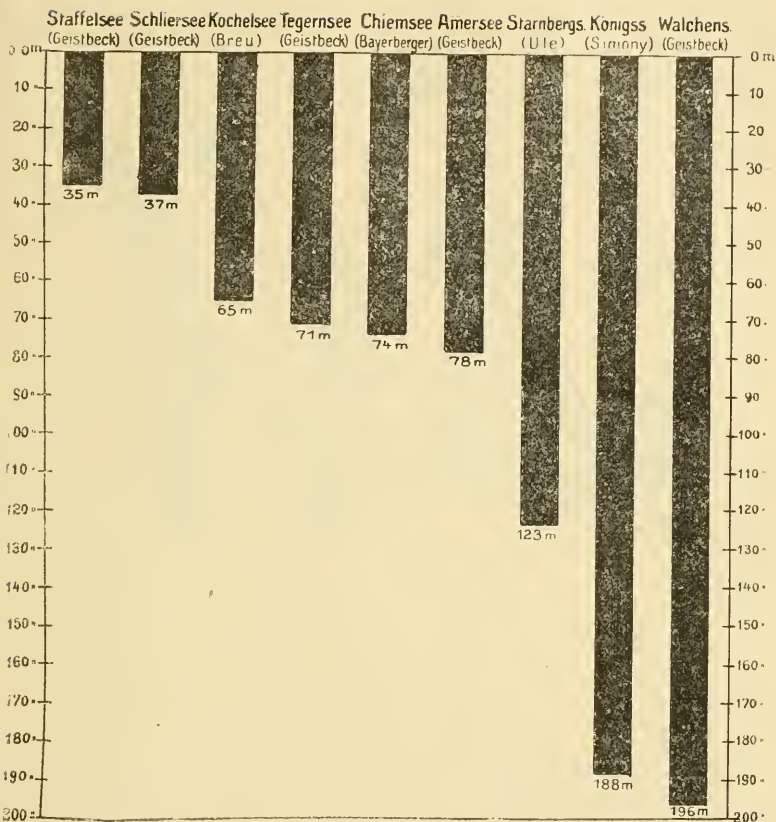
In Profil I haben wir die grösste Tiefe des Kochelsees nach der Meinung verschiedener Forscher graphisch wiedergegeben. Wir sagen absichtlich „Meinung“, denn einzelne von

ihnen, wie z. B. v. Gümbel, haben den See sicherlich nicht gemessen, sondern ihre Zahlen beruhen wohl auf Erkundigungen bei Schiffen oder sind direkt von anderen Forschern ohne Quellenangabe übernommen worden

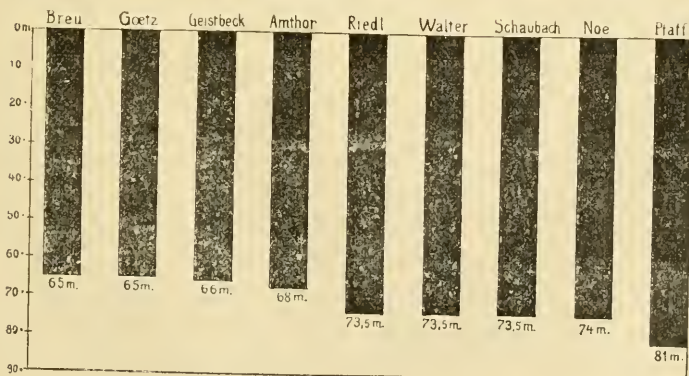
Ueberhaupt glauben wir nicht, dass die alten Tiefen von 82 Meter auf Messungen beruhen, denn die Möglichkeit ist ausgeschlossen, dass in einem solch kurzen Zeitraum, der hier in Betracht kommt, sich der Boden des Sees so bedeutend erhöht hätte (von 82 m auf 65 m!) Noch auffallender berührt uns aber die Tatsache, dass Geistbeck und Ule in ihren Arbeiten die Tiefe des Sees nach Steinhauser mit 232 Meter zitieren! Ohne Zweifel sind hier Fuss gemeint.

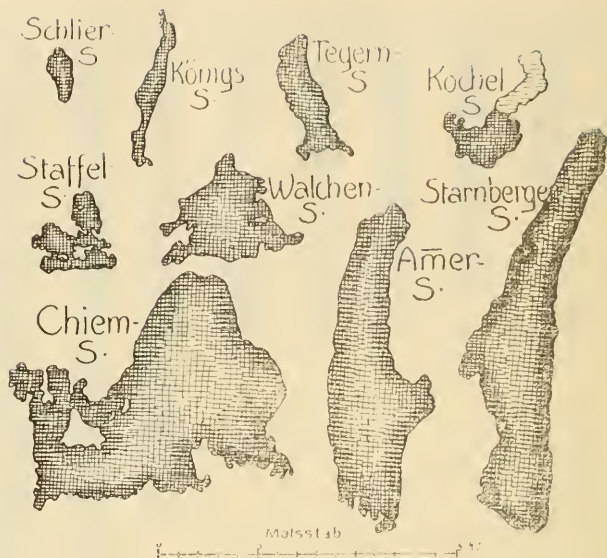
Profil II zeigt uns die wirkliche grösste Tiefe des Kochelsees, verglichen mit denjenigen anderer bedeutender Seen Südbayerns. Wir hatten dabei jene Tiefenangaben zu Grunde gelegt, die auf exakte Messungen beruhen, um dem Ganzen ein getreues Bild zu geben. Wenn wir hiebei am meisten auf die Geistbeck'schen Untersuchungen zurückkommen mussten, so hat dies seinen Grund darin, dass wohl dieser Forscher am gründlichsten von den früheren den See untersuchte.

Profil III zeigt uns endlich den Flächeninhalt und die Umrisse des Kochelsees, verglichen gleichfalls mit anderen südbayerischen Seen. In den meisten Lehrbüchern für die Geographie (z. B. Geistbecks Landeskunde von Bayern) wird das Verhältnis der Grösse von Seen zu einander in Quadraten angegeben, was ja auch nicht zu verwerfen ist, allein unsere graphische Darstellung dürfte entschieden übersichtlicher und klarer sein, abgesehen davon, dass sie noch einen anderen Zweck erfüllt, nämlich die Seen auch in ihrer äusseren Gestaltung zur Geltung zu bringen. Während man bei der Geistbeck'schen-Formel nur ein Quadrat vor sich hat, also nicht weiss, ob der betreffende See länger als breit ist, oder ob er Inseln enthält oder nicht u. s. f., zeigt dagegen unsere Darstellung den See in seiner wirklichen Gestalt, nur en miniature. Näher über unsere Darstellung sich auszulassen, halten wir nicht für nötig. Wir hoffen nur, dass eine solche ihres grossen Wertes und Vorteiles wegen in der Litteratur sich bald einbürgert.



Kochelsee.





Bodenrelief.

Die in den Bereich unserer Betrachtung fallende Bodengestaltung des heutigen Kochelsees zerfällt in zwei wesentlich sich unterscheidende Teile: einmal in das Gebiet einer im Süden von Ost nach West sich erstreckenden Rinne oder Senke, dann in eine den ganzen Norden einnehmende unterseeische Ebene, das Gebiet der sogenannten Vermoorungszone. Im Grossen und Ganzen stimmt wohl unser Relief auch mit dem Geistbeck'schen überein, nur hat die nördliche Vermoorungszone auf Kosten der südlichen Senke ein grösseres Areal angenommen. Man sieht hier deutlich, dass die Vermoorungsagentien viel gewaltiger arbeiten, als die auftragenden Kräfte am Südende, wohl eine Folge auch ihrer permanenten Tätigkeit, während im Süden nur bei Hochwasser nennenswertes Material in die Tiefe des Sees getragen wird. Wohl würde es noch viele tausend Jahre dauern, wenn der See nur durch Akkumulation der wenigen Gebirgsbäche, die in ihn münden, auf den Aussterbeetat gesetzt werden würde,

allein die von Norden kommende Vermoorungskraft verdrängt die Rinne im Süden zusehends; dort im nördlichen Teile ist auch das allmähliche Ansteigen der Senke aus unserer Tiefenkarte zu ersehen. Nur allmählich kommt man von 0,5 m auf 65,0 m, was immerhin einem Wanderer, der vom Fusse des Steines gegen Norden käme, auffallen würde. Steil dagegen wäre der Anstieg im Westen, Süden und Osten ungefähr so, wie an der Kesselbergstrasse. Freilich wird den See das Schicksal noch treffen, dass auch seine Wasser verschwinden; doch wird auf Jahrtausende hinaus ohne Zweifel ein kleiner See übrig bleiben, der in der Richtung von O nach W sich am Fusse der Nase hinzieht. Wir sagen auf Jahrtausende, denn die Niederschläge in diesem Gebiete sind ziemlich gross und bewirken eine bedeutende Wasseransammlung. Allerdings kann die menschliche Hand den Vernichtungsprozess beschleunigen oder hemmen, ein Faktor, mit dem man heutzutage rechnen muss, da er am meisten das Bild der Landschaft verändert.

Betrachten wir unser Relief im Detail, so fallen uns einige Merkwürdigkeiten auf. Die Isobathen verlaufen im Osten und im Süden so ziemlich parallel, im Westen dagegen, der Schlehdorfer Bucht zu, nehmen sie verschiedene Richtung an.

Die Isobathe 10 folgt hier fast genau den Umrissformen der Bucht, die anderen dagegen meiden letztere. Nur eine kleine Tiefenlinie von 20 Meter biegt dem Ausgange der alten Loisachmündung zu, wohl die tiefste Stelle am Nordufer des Sees.

Interessant ist auch die ovalverlaufende Isobathe 60. Sie umschliesst eine 2 Kilometer lange Rinne, die gegen Westen etwas gebogen ist. Ob diese Rinne ein Auslaugungsstück des nahegelegenen Gypsbruches oder ob sie eine Erdspalte ist, kann nicht exakt bewiesen werden. Das ist sicher, dass unten am Boden der Senke kein Gyps mehr vorhanden ist, denn meine zahlreichen Grundproben, die ich mit Absicht hier machte, lieferten keinerlei Anhaltspunkte hierfür. Ob wir es nun mit einer Erdspalte zu tun haben, werden wir im folgenden Kapitel nähere Aufschlüsse bringen, weshalb wir vorerst von einer weiteren Erörterung absehen.

Dass wir in der sogenannten Vermoorungszone von der Herstellung einiger Isobathen Abstand nahmen, ist bei der überaus geringen Tiefe des Sees selbstverständlich. Isobathen unter 10 sind hier geradezu untunlich.

Profil 1A.

Fahrt vom Ufer des Steins gegen den Gipsbruch.

Nr. der Lotung	Tiefe in Meter	Grundprobe	Bemerkungen
1	23,0	wenig Sand	Alle 10 Ruderschläge ge- lotet. — Himmel bewölkt. — Leichte Dünung.
2	29,0	" "	
3	34,0	" "	
4	30,0	" "	
5	34,0	Eindrücke	
6	47,0	"	leichter NS-Wind.
7	49,0	wenig Sand	
8	51,0	—	
9	53,0		
10	55,0	leichte Eindrücke	
11	55,0	—	starker NS-Wind.
12	59,0	—	
13	62,0	—	
14	62,5	—	
15	62,5	—	
16	63,5	—	Föhn! Lotung musste ab- gebrochen werden.
17	63,0	—	
18	62,0	Eindrücke	
19	64,0	—	
20	64,0	—	

Profil IB.

Fahrt von der Uferstelle des Gipsbruches nach dem Stein

Nr. der Lotung	Tiefe in Meter	Grundprobe	Bemerkungen.
1	0,60	wenig Sand	leichte Dünung. — Himmel
2	0,80	Schlamm	bewölkt. — Alle 10 Ruder-
3	2,5	—	schläge gelotet. — Son-
4	7,0	—	dierung erfolgte 2 Stunden
5	17,0	wenig Sand	später auf Profil IA.
6	31,0	Eindrücke	
7	46,0	—	
8	49,0	—	
9	51,0	—	leichter NS-Wind
10	52,0	Eindrücke	
11	52,5	—	
12	55,0	—	
13	56,0	—	
14	55,5	—	
15	56,5	—	
16	59,0	—	
17	58,0	Eindrücke	
18	61,0	—	starker NS-Wind
19	64,0	—	
20	63,5	—	
21	64,0	—	
22	64,0	—	
23	64,0	—	
24	64,5	—	Föhn! Lotung musste aber-
25	64,5	—	mals abgebrochen werden.

Profil II.

Abfahrt grauer Bär — Richtung Unterau.

Nr. der Lotung	Tiefe in Meter	Grundprobe	Bemerkungen
	15,0	viel Sand	ruhiger See. — Vom Ufer
	23,5	" "	weg alle 10 Runderschläge,
	27,0	wenig Sand	bis zur Tiefe von etwa
	27,0	Schlick	30 Meter, gelotet; weiteres
1	27,8	"	alle 50 Runderschläge.
2	50,5	Eindrücke	Himmel bewölkt.
3	52,8	—	
4	14,5	wenig Sand	
5	10,6	" "	leichter W.-Wind
6	10,3	—	
7	14,3	—	
8	9,8	wenig Sand	Regen.
9	2,5	Schlamm	
10	1,2	"	
11	0,5	"	
12	0,2	feiner sandiger Grund	

Profil III.

Fahrt von der Einbuchtung (b) bei Kochel zum gegenüberliegenden Ufer.

Nr. der Lotung	Tiefe in Meter	Grundprobe	Bemerkungen
1	3,0	Schlamm	ruhiger See. — Sonnen-
2	3,0	Schlamm	schein. — Alle 50 Ruder-
3	2,0	Sand und Schlamm	schläge gelotet.
4	3,0	" " "	
5	1,5	viel Sand	
6	0,85	Schlamm	
7	0,50	Schlamm	

Profil IV.

Fahrt von der Einbuchtung (a) des Rohrsees gegen die Säge.

Nr. der Lotung	Tiefe in Meter	Grundprobe	Bemerkungen
1	1,20	Schlamm	ruhiger See. — Sonnenschein. — Alle 50 Ruder- schläge gelotet.
2	0,70	"	
3	2,50	"	
4	27,0	wenig Sand	
5	32,0	—	
6	35,5	—	
7	31,0	—	
8	57,5	—	
9	61,0	—	
10	61,0	—	
11	65,0	—	
12	61,0	—	
13	54,0	—	
14	35,0	wenig Sand	

Profil V.

Fahrt von der Einmündung der Loisach nach der Nase.

Nr. der Lotung	Tiefe in Meter	Grundprobe	Bemerkungen
1	9,5	Schlick	ruhiger See. — Sonnenschein. — Alle 50 Ruder- schläge gelotet. — Himmel leicht bewölkt.
2	13,5	viel Sand	
3	13,0	" "	
4	32,5	—	
5	32,5	—	
6	28,5	—	
7	38,0	Eindrücke	
8	42,0	—	
9	16,0	wenig Sand	
10	22,0	" "	

Profil VI.

Fahrt von der Säge nach dem Stein.

Nr. der Lotung	Tiefe in Meter	Grundprobe	Bemerkungen
1	38,5	—	Ruhiger See. — Sonnenschein. — Klarer Himmel. — Alle 50 Ruder- schläge gelotet.
2	32,0	—	
3	20,5	—	

Profil IX.

Schlehdorfer Bucht.

Nr. der Lotung	Tiefe in Meter	Grundprobe	Bemerkungen
1	9,0	Schlamm	Ruhiger See. Starke Bewölkung des Himmels. — Dreimalige Lotung zu je 50 Ruderschlägen.
2	13,8	Sand	
3	9,0	Sand	

Profil VII.

Fahrt von der Einbuchtung (c) zwischen Stein und Säge-Richtung Silbersee

Nr. der Lotung	Tiefe in Meter	Grundprobe	Bemerkungen
1	39,0	wenig Sand	Ruhiger See. — Himmel leicht
2	36,0	" "	bewölkt. — Alle 50 Ruder-
3	58,5	—	schläge gelotet. — Fixierpunkte
4	60,0	—	durch Landesflaggen markiert.
5	60,0	—	
6	59,5	—	
7	56,0	—	leichter NS-Wind.
8	54,5	—	
9	49,5	—	
10	8,5	Schlamm und Sand	

Profil VIII.

Fahrt von der Loisachmündung zur gegenüberliegenden Villa

Nr. der Lotung	Tiefe in Meter	Grundprobe	Bemerkungen
1	10,0	viel Sand	leichte Dünung. — Himmel leicht
2	14,0	Schlick	bewölkt. — Leichter NS-Wind.
3	13,5	wenig Sand	Alle 50 Ruderschläge gelotet
4	15,0	—	
5	10,0	wenig Sand	

NB. Auf Mittelwasser wurde nicht reduziert, da dasselbe bei Seen mit Zu- und Abflüssen selten konstant ist

Entstehung des Kochelsees.

I.

Urteile anderer Forscher.

Selten wurden über die Entstehung eines Sees so verschiedene Urteile gefällt, als gerade über den Kochensee. Fast alle Möglichkeitsarten wurden ins Treffen geführt, ohne aber die Behauptung richtig zu begründen. Es war dies auch unmöglich und zwar deshalb, weil keiner der Forscher den See nur eingehend untersuchte. Man gab sich meist Vermutungen hin, urteilte schlechthin auf die äussere Gestalt usw. — und so kam es, dass selbst die bedeutendsten Forscher die verschiedensten Hypothesen zu Tage förderten.

Schon in der Art und Weise, wie dieser See in den Werken jener Gelehrten behandelt wird, liegt der deutlichste Beweis, dass es sich bei ihnen nur um eine vorübergehende Ansicht handelt. Nur in kurzen Notizen oft ist des Sees Erwähnung getan, mit einigen Zeilen war der ganze See behandelt.

Die wichtigsten Urteile der Forscher wollen wir hier herausgreifen.

I. Forscher, die den Kochensee für einen Gletschersee hielten, waren:

a) Penck A. Er schreibt:

„Der Gletscher hat oberhalb desselben, auf demselben und unterhalb desselben allenthalben erodiert, das Hindernis ist dadurch nicht entfernt worden, seine Höhe ist nur erniedrigt, aber oberhalb und unterhalb desselben sind Becken entstanden.

In ähnlicher Weise erklärt sich auch, warum Walchen- und Kochensee nebeneinander gebildet werden konnten. Der von Mittenwald kommende Zweig des Inn-gletschers drang in das Tal der Jachenau ein, überschritt dann den Kesselberg und ergoss sich in das Kochelsee-Tal. Allent-

halben erodierte er. Er vertiefte das obere Tal der Jachenau zu einem Becken, dem heutigen Walchensee, er erniedrigte den Kesselberg, ohne ihn abzutragen.¹⁾

b) Auch Geistbeck A.²⁾ hält ihn für einen Glacialsee. Er sagt hierüber:

„Die vielumstrittene Frage der Seenbildung hat sich allmählich Bahn gebrochen dahin, dass unsere südbayerischen Seen weder ein Produkt gewaltiger Zerreibungen der Erdrinde sind, noch Ausspülungen grosser vorzeitlicher Ströme, noch Reste eines Urmeeres, sondern, dass ihr Dasein schlechterdings nicht anders verstanden werden kann, als im Zusammenhange mit der grossen Eiszeit, während welcher Epoche unser Alpenvorland unter riesigen Gletscherströmen begraben war, ähnlich dem heutigen Grönland. Es kann kein blinder Zufall sein, dass unsere Alpenseen ganz genau an die Verbreitung der alten Gletscher gebunden sind, dass die grössten Seen in den Wegen der grössten Gletscher liegen, und dass die beiden Phänomene eine merkwürdige Analogie ihrer Entstehung zeigen, indem sie in der Richtung von Westen nach Osten allmählich abnehmen. Zwischen beiden Erscheinungen muss ein ursächlicher Zusammenhang bestehen und wir nehmen an, dass die Seebecken durch die aufschürfende, zerstörende Wirkung der Gletscher auf ihren Untergrund gebildet worden sind. Allerdings gilt dies nicht ausnahmslos von allen Seen, wie denn die Natur sich überhaupt verschiedener Mittel bedient, um dieselben Ziele zu erreichen.“

c) Auch Haushofer³⁾ führt den Kochelsee an den verschiedensten Stellen seines Werkes „Alpenlandschaft und Alpensage“ als Gletschersee auf.

II. Manche Forscher halten ihn für einen Auskolchungssee, so vor allem:

a) von Gümbel.⁴⁾ In seiner Geologie von Bayern schreibt dieser Forscher:

Es ist unverkennbar, dass nur durch den breiten Kessel des Kochelsees der Zug des Vorderrandgebirges hier zerstückelt wurde. Der See selbst ist in den weichen Gesteinen, welche

¹⁾ Die Vergletscherung der deutschen Alpen. Leipzig 1882. S. 264

²⁾ Die Seenwelt Südbayerns, Bayerland 1890, S. 111–138.

³⁾ Haushofer Max, Alpensage und Alpenlandschaft, Bamberg 1890.

⁴⁾ von Gümbel, Geologie von Bayern, II. B. 1894 S. 160.

diesen Vorderzug zusammensetzen helfen und denen sich mächtige Stöcke von Gips beigesellen, ausgekolcht.

b) Besonders eingehend tritt für diese Art von See aber J. Demleitner¹⁾ ein. Er berichtet:

Im See haben die Wasser die Arbeit ihres Vaters, des Gletschers, vollendet und die mächtige Gipsader ausgelaugt, welche von Schwangan-Ohlstadt herkommend, unter den Spiegel des Sees taucht und am östlichen Ufer wieder kühn das Haupt erhebt, um dann den Weg weiter fortzusetzen ins Isartal und an den Tegernsee.

III. Endlich fehlt es nicht an Forschern, die den See für einen tektonischen halten.

Schon

a) v. Schafhäütl trat für diese Art der Entstehung ein. Siehe sein Werk „Geognostische Untersuchungen des südbayerischen Alpengebirges München 1851 S. 4—10.

b) Auch Clessin führt ihn auf tektonische Entstehung zurück. Siehe: Die Moränlandschaft der bayerischen Hochebene v. S. Clessin, Zeitschr. des deutschen Alpenvereins 1883. S. 202.

c) Gleichfalls tritt auch Heim für die Annahme eines tektonischen Sees ein. Siehe Zeitschrift der deutsch-geolog. Gesellschaft, Berlin 1886 Bd. 38, „Heim aus dem Gebiet des alten Isargletschers.“

Zum Schlusse wollen wir noch Götz W. nennen, der in der allerletzten Zeit folgendes von ihm aussagt:

„Es wurde offenbar sein Hohlraum teils übertieft, teils ausgekolcht, wenn er auch durch tektonische Brüche und Senkung veranlasst war.“ (Siehe W. Götz, Landeskunde des Königreichs Bayern. Leipzig 1904.)

Bevor wir auf die Entstehung des Seebeckens eingehen, betrachten wir zunächst die geologischen Verhältnisse.

¹⁾ Demleitner J., Bruckmanns illustrierter Reiseführer Kochelsee und Umgebung 1902. S. 23

A. Geologisches.

Ohne Kenntnis der geologischen Verhältnisse der näheren Umgebung des Sees ist ein Verständnis der Ursachen von der Entstehung dieses Wasserbeckens ausgeschlossen. Gerade in diesem Gebiete finden wir eine Masse von geologischen Formationsgruppen auf ein Fleckchen Erde zusammengewürfelt, so dass ein geologisches Kärtchen davon wohl die buntesten Züge aufzuweisen hätte. Wohl fehlen hier die ältesten Gesteine und Schichten; doch von Muschelkeuper an finden wir eine Menge von Schichtengliedern auf engen Raum vertreten in der nächsten Umgebung. Allerdings kann ich hier nur jene Gruppen berühren, in die unmittelbar der See eingetieft ist; für eine allgemeine Kenntnis sorgt das heute noch grundlegende Werk von Gümbel „Geologie von Bayern“

Beginnen wir unsere Betrachtungen am Südufer des Sees!

Die höchste Umrahmung im Süden bildet der Herzogstand und die Kesselberg-Mulde, senkrecht zum See abfallend und aus unteren Keuperkalk bestehend. Geradezu eine gigantische Mauer (ungefähr 300 m senkrecht-hoch) bildet der Stein, die Kraftwirkung der ehemaligen Faltung in hervorragendem Masse in einem Aufbiss zeigend. Bisweilen stehen die Schichten hier sogar senkrecht, was wir gut von der See-seite aus ersehen konnten. Zwei Strandlinien, je ungefähr 1 Meter hoch, sind in vortrefflicher Weise ausgebildet. Ein Teil dieser Wand ist ohne Zweifel ehemals in die Tiefe gesunken, dorthin, wo heute die Fluten des Sees branden. Der deutlichste Beweis für diese Behauptung ist, dass noch ein alter Ueberrest jenes Teiles vorhanden ist und die Bezeichnung „Nase“ führt. Diese gewaltige Kante ist rechtwinkelig auf die eben genannte Wand gesetzt und lässt gleichfalls eine ehemalige Faltung gut erkennen.

Befahren wir nun von der Nase aus gegen Osten den See, so kommen wir in die südlichste Bucht und zum südlichsten Punkt des Beckens. Dort mündet der Jochbach, ein herrliches Delta bildend, ungefähr 50 Meter breit und 450 Meter lang, in den See.

Nur ein kleiner, höchstens 30 Meter hoher und etwa 20 Meter breiter Keuperkalkhügel, der sogenannte Sägbühel,

dicht mit Wäldern bewachsen, trennt dieses Delta von einem andern, dem Joch, gebildet vom Gerölle des Mühlbaches, einem Zweige des Kesselbaches.

Endlich, schon im Osten gelegen, trennt ein 25 Meter hoher und zirka 150 Meter langer Dolomithügel, das Jochdelta vom eigentlichen Kesselbachdelta, auf dem das Kesselberggasthaus mit grossem Garten und schönen, saftigen Wiesen steht.

Im Hintergrunde dieses Deltas aber liegt der Kesselberg, und der mächtige, fast senkrecht zum See abfallende Jochberg. Ersterer, der Kesselberg, ist scharf terrassiert und zeigt durch die kunstvolle Anlage der neuen Kesselbergstrasse die herrlichsten Aufschlüsse. Hier kann man die Faltung des Gebirges, welche hier gewaltig eingesetzt hat, in schönster Weise studieren. Bald sind die Schichten, namentlich dem Kochelsee zu, senkrecht, bald, und das ist in der Mitte zwischen dem Kochel- und Walchensee der Fall, im Winkel von 45° gefaltet. Da der Kesselberg gegen den Kochelsee zu fast senkrecht abfällt, so bilden sich hier grossartige „Wasserfälle“, worunter die Kesselbachfälle am bedeutensten sind. Auch wunderbare „Klammbildungen“ finden sich in diesem Gebiete, wert, einmal näher untersucht zu werden. (Eine Abbildung hievon in Haushofers: „Alpensage und Alpenlandschaft.“) Ob aber der Kesselberg entstanden sei durch Hebung oder Faltung ist heute noch eine strittige Frage.

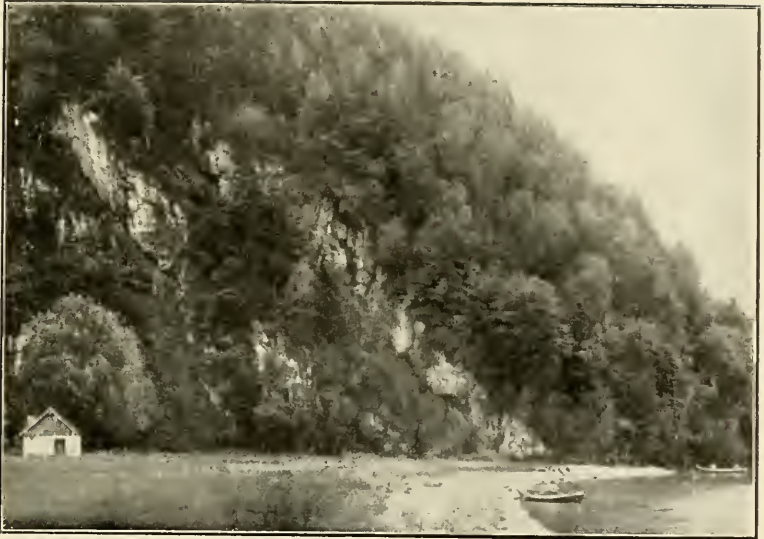
Das Gestein des Kesselberges ist Hauptdolomit des Keupers.

Der Jochberg dagegen, den wir eben erwähnten, besteht analog dem Herzogstand aus unterem Keuperkalk und zeigt die grossartigsten Erosionsformen. Der Heckenbach kommt von diesem Bergkoloss herunter und bildet mit dem eigentlichen Kesselbach das sogenannte Kesselbach-Delta.

Gehen wir nun am östlichen Ufer des Sees vom Kesselberge auf der Landstrasse nach Kochel, so treffen wir nicht weit vom Jochbache ungefähr 200 Meter vom Gasthaus „grauer Bär“ entfernt, einen Gipsbruch. Schon Schafhäütl¹⁾ schrieb darüber:

¹⁾ Schafhäütl, geognostische Untersuchungen des südbayerischen Alpengebirges, München 1891.

Tafel IX



Schichtenfall bei der Burg.



Schichtenfall bei der Nase.



Erratische Blöcke mit Gletscherschrammen.

„Dieses Gipslager liefert durch einen einfachen Tagbau den meisten und schönsten Gips in Südbayern. Schöne weisse feinkörnige Massen wechseln namentlich gegen die Höhe zu mit von Bitumen schwarz gefärbten gewöhnlichen Gips und Glanbersalzmassen, glasig durchscheinend, finden sich neben Kochsalzadern zwischen diesen bituminösen Gips!“

Das Kochsalz war bisher in diesen Steinbrüchen übersehen worden. Ich habe es beim Nachsuchen sogleich gefunden, wie ich es vermutete.

Es hat dieses Gipslager viele Aehnlichkeit mit der Lagerstätte des Kochsalzes zu Berchtesgaden, und beide sind wahrscheinlich unter ähnlichen Umständen entstanden; ja ich bin überzeugt, dass mit diesem Gips- und Stinkdolomitzuge die Kochsalzablagerung durch den Höhenzug stattgefunden hat!

Heutzutage ist dieser Gipsstock²⁾ schon bedeutend ausgebeutet und man sieht deutlich, dass dieses Lager nicht allzu gross ist. Die Vermutung, dass dieser Gips ehemals eine grössere Ausbreitung hatte und vom See ausgelaugt worden sei, hat sich noch nicht bewahrheitet. Auch konnte bis heute noch nicht nachgewiesen werden, dass sich jenseits des Sees eine Fortsetzung von ihm befindet.

Unmittelbar am Gipsbruche fanden wir ferner herrliche Ausbildungen von Flysch-Hügeln, die aber meist mit einer 3—5 Meter hohen Schicht aus Schutt und Geröll überlagert ist. Diese obere Ablagerung scheint im Zusammenhange mit der Ausbreitung eines grossen Gletschers zu stehen, der zur Diluvialzeit über den Kesselberg vorgedrungen ist. Hie und da fand ich beim Anschluss nahe beim Bade Neujoch über kopfgrosse erratische Blöcke. Mehrere Eiszeiten konnten jedoch nicht konstatiert werden.

Weiter nördlich vom Gipsbruche, dem Dorfe Kochel zu, liegen mehrere Hügel, alle überlagert von Moränenschutt und Hochmooren. Letztere werden wir einer Betrachtung unterziehen; über ersteren soll jedoch gesagt sein, dass er ziemlich grosse Findlinge enthält. Zwei Exemplare mit schönen Gletscherschrammen (siehe Tabelle Nr. II) hievon fand ich bei einem Aufbruch, 150 Meter vom Bade entfernt, beim Hause des Photographen Wenger.

²⁾ Der Gipsbruch war bereits im Jahre 1571 in Betrieb.

Der interessanteste von allen Hügeln ist wohl der, auf dem das Dessauersche Eigentum liegt. (Siehe Generalstabskarte) Betrachtet man diesen Hügel von der Seeseite aus, so findet man, dass seine Wände steil in den See fallen. Die gefalteten Kalkschichten, wie wir sie an der Burg, im Sägbühl usw. sahen, treten hier ebenfalls zu Tage und senken sich in den See. Die ganze Hügelreihe bei Kochel besteht also in ihrem unteren Teile aus Dolomitekalk, worauf sich mächtige Lager von Moränenschutt und Hochmooren befinden.

Man wäre bei flüchtiger Betrachtung geneigt, diese ganze Hügelzone für eine Drummlinslandschaft anzusprechen, was aber total verfehlt wäre.

Gegen das südliche Ende des genannten Hügels zu krümmen sich die Schichten zu einem völligen Sattel und fallen dann rechtssinnig ein.

Wichtig ist es, dass sich an diesen Hügel die Entstehung eines Heilbades knüpft.

„Die ganze Gegend scheint überhaupt, schreibt Schafhäütl, von Natronsalzen durchdrungen zu sein. Nicht allein das Wasser im Brunnen zwischen dem ersten und zweiten Hügel ist stark natronhaltig (heutiges Bad), sondern am ganzen östlichen Höhenzuge des Kocheltales brechen hie und da natronhaltige Quellen hervor.“

Auf mein Ersuchen hin erhielt ich bereitwillig vom Badeinhaber¹⁾ eine vom Geheimrat von Pettenkoffer gemachte Analyse eines solchen Quellwassers, die ich hier wiedergeben will:

Analyse der Natron- (Marien) Quelle.

Doppelkohlensaures Natron	0,906
Schwefelsaures Natron	0,288
Chlornatrium	0,005
Chlorkalium	—
Phosphorsaures Natron	—
Kohlensaure Kalkerde mit Spuren von Magnesia	0,018
Phosphorsaures Eisenoxydul u Manganoxydul	Spuren
Kieselerde	0,060
Organische Substanz	0,091
Freie Kohlensäure	172,8

¹⁾ Wofür ich hier den ergebensten Dank ausspreche.

Ebenso wichtig wie diese Natronquellen, über deren Existenzbedingung wir später berichten, sind auch die Jodquellen in dieser Gegend. Am bekanntesten ist die Quelle des Adelheidsbrunnen zu Heilbrunn bei Benediktbeuren, ferner befinden sich noch mehrere kleinere Quellen auf dem Westabhange der Flyschberge zwischen Kochel und Bichl. „Es ist nicht unwahrscheinlich, schreibt Gumbel¹⁾, dass der Jodgehalt aus der an Meerestieren überreichen Nummulitenbildung des tieferen Untergrundes abstammt. Merkwürdigerweise treten auch Kohlenwasserstoffgase mit auf, wie es sich bei dem Reinigen des Brunnenschachtes der Adelheidsquelle durch die Bildung entzündlicher, schlagender Wetter gezeigt hat.“

Da der Kochelsee ehemals eine bedeutend grössere Ausbreitung nach Norden gehabt hat, so ist es mithin unsere Aufgabe, auch die geologischen Verhältnisse dieses Gebietes näher kennen zu lernen.

Flyschschichten, die ziemlich gefaltet sind, haben ehemals von Kochel bis über Bichel hinaus den östlichen Rand des Sees gebildet. Hinter dem Flysch bildete die Benediktenwand dem See das, was heute der Herzogstand dem Süden des Sees ist: einen gewaltig grossartigen Hintergrund. Geologisch freilich ist das Benediktengebirge ein anderes Massiv als der Herzogstand: Es besteht grösstenteils aus Wettersteinkalk; doch teilen sich auch noch andere Kalkarten im Aufbau jenes riesigen Sockels.

„Zwischen den beiden Flügelaufbrüchen des weissen Kalkes“ schreibt v. Gumbel „legen sich auf der Kammhöhe der Benediktenwand im raschen Wechsel und in verschlungenen Zügen erst Raibler-Schichten und Lias streifenweise an und erzeugen in der vertieften Bucht einen höchst auffallenden Kontrast in Form kleiner Hügel und grubenförmiger Vertiefungen, neben denen, da oder dort, wie im Kirchstein, dazu noch mauerförmige Felsrippen von Dachsteinkalk hoch hervorragten. Auf der Nordseite am Längenberg gegen den Arzbach und zum zweiten Male am Vorberg bei der Kohlstatt-Alpe wiederholt sich dieser Schichtenzug, erweitert durch mächtige Aptychen-Schiefer und an der Kohlstatt be-

¹⁾ v. Gumbel, Geologie von Bayern, I. Bd. S. 162.

gleitet von obercretacischen Schichten und einem breiten Streifen von Rauhwanke die von Gipsbruch bei Kochel aus sich bis ins Isartal herabzieht.“

Schon am Gipsbruch fand ich die poröse mergelige Rauhwanke; ferner traf ich sie an in der Herrnkreut und am Angerbühl, endlich bei der Kohlstatt-Alm.

Nicht vergessen dürfen wir aber auch die Grünsandsteinbildung, die sich schon bei Bichl im Geistbühel inselartig und klippenförmig aus der Ebene hebt und dann im geringen Abstände davon fast ununterbrochen ostwärts zieht bis gegen Sauersberg, an mehreren Stellen aufgeschlossen, behufs Ausbeutung zu Schleifsteinen. Schon Schafhäütl erwähnt die dortigen Aufbrüche, allerdings dem Gestein den Namen „Marmor“ gebend.

Welcher Formationsgruppe dieser Stein eigentlich angehört, konnte erst in letzter Zeit sicher festgestellt werden: Schafhäütl sagt allerdings, es seien keine Petrefacten vorhanden, v. Gümbel jedoch stellte fest, dass Schafhäütl's Behauptung nicht richtig sei, allerdings seien die Fossilien sehr schlecht erhalten „so dass es zweifelhaft bleibt,“ „ob man diese Lage den Galtgrünsandstein zurechnen oder mit dem Burgbergsandstein der oberen cretacischen Schichten gleichstellen soll“. Imkeller, und vor ihm schon Rohatzsch, haben jedoch die Frage gelöst und den in Rede stehenden Sandstein für obere Kreide erklärt.¹⁾

Die nördlichste Grenze des ehemaligen Kochelsees bildete ein Rahmen von Moränen, der den grossen See abdämmte. Manche Hügel von diesem Zuge sind beträchtlich höher als die Moorgegend, oft 50—60 Meter, ja der Hügel am Berghof sogar 84 Meter. Es sind riesige Moränen, die hier einen mächtigen Wall bilden. Südlich von ihnen liegt das sehr grosse ehemalige Seebett, auf dessen Entstehung wir noch zurückkommen werden.

Erwähnt möge hier noch werden, dass in diesem nördlichen Teile unter den Moränen die sogenannten Braunkohlenflötze von Penzberg liegen, die ausgebeutet werden.

Die Westgrenze des ehemaligen Sees ist dagegen geologisch wiederreichhaltiger und mannigfaltiger als der Nordriegel.

¹⁾ Siehe eingehend hierüber und über das ganze Benediktengebirge: Rothpletz A, Ein geologischer Querschnitt durch die Ostalpen, Stuttgart 1894 S. 106—118.

Beginnen wir wieder im Süden beim Stein. Von diesem an, aus unterem Keuperkalke bestehenden Felsen, beginnt ein schönes Delta, das die Haselries-Laine gebildet hat. Diesem Delta anschliessend folgt ein schmaler Streifen Moos bis Schlehdorf (etwa 300 Meter breit), den früheren Seeboden bildend. Im Hintergrunde aber liegen jüngere jurassische und cretacische Schichten in immerhin ansehnlicher Mächtigkeit, welche rundkuppige Höhen zwischen Eschenlohe und Kochelsee darstellen. Hier sind davon wieder die jurassischen Aptychenschichten merkwürdig, die bei Ohlstadt in zahlreichen Steinbrüchen das Material zu Wetzsteinen liefern, welche letztere über die ganze Welt versandt werden.

Etwas nördlich davon liegen dann Flyschbildungen, aus denen sich inselartig die Grünsandsteinbildungen bei Grub an der Loisach erheben. Auch obige Wetzsteinbildungen ragen inselartig hervor, namentlich eine halbe Stunde hinter dem Dorfe Grossweil, links von der Strasse, die von Grossweil nach Schlehdorf führt, auf dem Wege nach Unterau. Hier erhebt sich mitten aus der Ebene ein unbedeutender Hügel, in welchem früher zwei Steinbrüche waren, die das Material zu den Verkleidungen der Kirchen von den Klöstern Benediktbeuern und Schlehdorf und wahrscheinlich auch zum Piedestale der Mariensäule auf dem Marienplatze zu München geliefert haben.

„Zu beiden Seiten des Chors in der Klosterkirche zu Schlehdorf sieht man, schreibt Schafhäütl, wie dieser Marmor (?) auch aus grünlichen Partien besteht, und in der Kirche von Benediktbeuern, wie leicht, selbst vor den Einflüssen der Witterung geschützt, die Amoniten berührenden Marmorteilchen herausgewaschen werden.“¹⁾

Ohne Zweifel ist dieser Sandstein ein Teil jenes geologischen Gebildes, das wir als Grünsandstein bei Bichel notirt haben.

Die ganze Terrasse aber, welche die Loisach von Ohlstadt aus in halbbogenförmiger Krümmung bis zum Kochelsee umschliesst und auf welcher Ohlstadt, Schwaiganger und Grossweil liegen, besteht in ihren oberen Teile aus diluvialen Schuttgebilden, zum Teil aus erratischen Ablagerungen, die

¹⁾ Schafhäütl a. a. O. S. 32.

der Gegend den Stempel einer Moränenlandschaft aufdrücken. In diesem Schuttgebilde nun liegt in weiter Verbreitung auch eine diluviale Braunkohlenbildung, „ähnlich jener, sagt von Gümbel, von Dürnten in der Schweiz und Imberg bei Sonthofen“.

v. Gümbel hat diese Ablagerungen auch eingehend untersucht und äussert sich darüber:¹⁾

„Spuren dieser Kohlenbildung begegnen wir schon an der Bartholomä-Mühle bei Ohlstadt und in einem Graben bei Schwaiganger, durch Bergbau gut aufgeschlossen, dagegen ist sie bei Grossweil näher bekannt geworden. Das Kohlenflöz besitzt hier eine Mächtigkeit von 1,7—2,5 Meter und liegt unter einer mächtigen Schotterdecke, von der es nur durch eine schwache Lettenlage getrennt ist, nahezu horizontal.

Bei dem Bergbau, der im Jahre 1888 eine Förderung von 11250 Ztr. hatte, wird nur der untere Teil des Braunkohlenflözes herausgenommen, der obere zum Schutze gegen Niederbrüche stehen gelassen. Im übrigen verhält sich die Ablagerung genau so wie jene bei Imberg, so dass es überflüssig wäre, diese Schilderung hier zu wiederholen.

Die Vorberge nördlich der Loisach bestehen aus Molasse, namentlich aus älterer Süsswasser- und älterer Meeresmolasse. Sie sind dicht mit Wald bedeckt und nur hie und da ist das Gestein aufgeschlossen. Fast durchwegs ist es überlagert von Moränenschutt, der Gegend an manchen Stellen das Aussehen einer Hügellandschaft gebend.

Dies wäre im Zusammenhang der breite Rahmen, der den ehemaligen Kochelsee umfasst. Nur ein kleiner Teil dieses grossen Beckens ist heutzutage noch mit Wasser bedeckt. Der übrige Teil ist, wie wir noch erörtern werden, mit Moor bedeckt, welches teils auf den Anschwemmungs- und Ablagerungsprodukten der Loisach sich erhebt, grösstenteils aber, wie wir in den verschiedensten Stellen sahen, auf den Ablagerungen des Loisach-Gletschers aufliegt.

Es muss ein bedeutender Gletscher gewesen sein, der in diesem Becken einst lag.

¹⁾ v. Gümbel a. a. O. S. 151. Bd. I.

Am Herzogstand fand ich seine Spuren bis 1000 Meter Höhe, ebenso in gleicher Höhe auf der Benediktenwand ¹⁾

Spuren des ehemaligen Gletschers fand man ferner beim Baue der Kesselbergstrasse, wo eine prachtvolle Gletschermühle zerstört werden musste. Recht viele und grosse Granit-, Gneis- und Quarzblöcke, welcher der einstige Gletscher aus Tirol verfrachtete, findet man heute noch auf dem Rabenkopf, allerdings meist von einer mächtigen Moosdecke eingehüllt, die der geologische Hammer zuvor blossstellen muss

Nachdem wir nun die geologischen Merkmale der Gegend kennen, ist es uns möglich, an die Frage nach der Entstehung des Sees zu gehen.

Am wenigsten mag wohl die Gumbelsche und Demhart'sche Erklärung genügen. Dass nach dem Zurückgange der Gletscher gewaltige Wassermassen über den Kesselberg sich herabgestürzt haben mögen, die vielleicht am Fusse des Herzogstandes und des Jochberges eine Vertiefung oder gar eine Auslangung des Gipsbruches veranlassten, könnte als plausible Erklärung dann dienen, wenn der Kochelsee damals nur etwa halb so gross gewesen wäre, wie heutzutage. Da dieses Gewässer aber nach der Eiszeit sogar die Ausdehnung einer achtfachen heutigen Grösse repräsentierte, so ist es geradezu unmöglich, dass diese gewaltige Fläche das Werk einer Anskolchung ist. Noch nie wurde der Nachweis erbracht, dass sich der kleine

¹⁾ Auch Rothpletz schreibt hierüber über letztere Vergletscherung: „Jüngere Schichten sind dem Flysch nicht aufgelagert, ausgenommen die Moränen der Quartärzeit. Diese haben sich in ungeheuer mächtigen Massen in den kleineren von Ost nach West verlaufenden Tälern abgelagert und dieselben seiner Zeit fast ganz ausgefüllt bis zu den Höhen von etwa 1000 Meter. Später sind sie zum grössten Teil wieder ausgewaschen worden, aber noch jetzt laufen der Steinbach und Lainbach abwechselnd über Flyschgesteine und Moränen. Um so auffallender ist es, dass die höheren Lagen ganz frei von Moränen sind; über Hohen von etwas mehr als 1000 Meter fand ich am Zwiesel nicht einmal mehr einzelne Geschiebe, statt dessen zeigt die Oberfläche eine recht dicke Kruste von braunen Verwitterungslehnen, indem einzelne Bruchstücke des darunter anstehenden Flysches liegen. Auf der Nordseite ist das Gehänge des Zwiesels überhaupt auch bis zu grösseren Tiefen herab moränenfrei. Man wird also annehmen müssen, dass der Arm des Isargletschers, der in die Niederung des Kochelsees heraustrat, sich auf seiner Ostseite zwar an das Benediktiner Flyschgebirge anlegte, aber nur bis zu Höhen von etwa 1000 Meter heraufreichte, und dass auch der Isargletscher bei Tölz nicht höher anschwell. (a. a. O. S. 109 und 110).

Gipsbruch bei Kochel unterseeisch fortsetzte; auch ist bis jetzt seine Fortsetzung am jenseitigen Ufer des Sees noch nicht aufgefunden worden. Oder soll vielleicht dieser gleichfalls ausgekolkelt worden sein? Warum dann dieser und jener nicht, der doch gewiss stark unter den Wassern des Jochberges zu leiden gehabt hätte! Da aber nach Meinung mehrerer Bergleute dieses Gipslager ehemals nicht viel grösser war als heutzutage, so wird wohl die Auslaugung nicht mit jener Intensität gearbeitet haben, wie von Gümbel sich den Vorgang vorstellt. Und denken wir uns gesetzentfalls Gümbels Auslaugungsvorgang als sich ereignet, so müsste ein kleiner aber tiefer See sich gebildet haben, der gerade dort, wo Gümbel sich das Gipslager geradlinig fortgesetzt dachte, seine tiefsten Stellen aufzuweisen hätte. Dies ist zwar der Fall, aber auch das ganze Südende des heutigen Beckens und noch ein beträchtlich grosser Teil des Gewässers bei Kochel weist sehr namhafte Tiefen auf. Es müsste bloss sein, dass sich Gümbel im See ein ungeheuer grosses Gipslager dachte, das aber wohl mehr in seiner Fantasie als in Wirklichkeit vorhanden gewesen sein mag. Ja, und wenn selbst dieses Gipslager so gross gewesen wäre — immerhin ist von Gümbels Hypothese hinfällig, denn wir haben bei der Forschung nach der Entstehung des Kochelsees nicht die heutige Wasseroberfläche in Betracht zu ziehen, sondern den ehemaligen See, der vom Herzogstand bis gegen Penzberg seine Fluten warf. Und für diesen See ist eine Auslaugung sicherlich undenkbar, und von Gümbels Anschauung können wir nur insofern eine Existenzberechtigung zugestehen, als vielleicht, wie wir früher betont haben, die Schmelzwasser der Eiszeitgletscher bei ihrem Rückzuge eine Vertiefung des Südende unseres heutigen Seebeckens bewirkten, eventuell vielleicht einzelne Gipslager — deren einstige Existenz wir jedoch bezweifeln — auslangten; allein die Entstehung des früheren Seebeckens konnten all' diese Umstände nicht bewirken. Wir dürfen darüber hinweggehen!

Ohne Zweifel haben wir uns dagegen mehr mit jener Hypothese zu befassen, die unsern See auf „glaciale“ Ursachen zurückführen will.

Dafür sprechen zahlreiche Momente, Momente deren Nichtberücksichtigung sicher ein wissenschaftliches Vergehen

wäre, schon der Forscher wegen, die mit ihrem berühmten Namen dafür eintraten, wie Penck, Geistbeck A. n. a.

Die Penck'sche Hypothese hat wohl so viel für sich, dass sie einer näheren Betrachtung würdig ist. Wie wir schon früher gehört haben, bedeckte nach der Tertiärzeit ein gewaltiger Eismantel zu verschiedenenmalen¹⁾ unsere Alpen, eine Eisdecke, die bis gegen München reichte und oft eine Mächtigkeit von zirka 900–1000 Meter erreichte.

Diese Gletscher sollen damals fast sämtliche Alpenseen gebildet haben, darunter auch den Kochelsee, teils durch Auskolkung, teils auch durch Abdämmung mittelst Moränen.

Dass in Wirklichkeit auch das Eis nicht in Stagnation sich befand, kann man sogar heute noch sehen, und ohne Zweifel erhielten unsere grösseren Alpenseebecken wenigstens ihre „äussere“ Gestalt durch glaciale Wirkung.

Dies mussten selbst die grössten Gegner Pencks zugestehen, wie Heim und andere. Auch bezüglich des Kochelsees müssen wir gestehen, dass sein morphologisches Aussehen, wenn wir das ganze ehemalige Seebecken vor unseren Augen vorüberziehen lassen, ohne Zweifel dem Gletscher zuzuschreiben ist.

Überall, wohin wir sehen, finden wir im ganzen Gebiete dort die Spuren einstiger Gletscher. Diese haben dort ausgleichend gewirkt und dem ganzen Bassin ein schüsselförmiges Aussehen verliehen. Dass aber jene Eisberge in der Lage waren, das Becken selbst zu bilden, müssen wir durchaus bezweifeln und zwar aus mehreren Gründen, die wir später andeuten werden.

Wir müssen sogar behaupten, dass an manchen Stellen die Gletscher im alten Seebecken mehr abgelagert als erodiert haben; namentlich ist dies im nördlichen Teile der Fall. Nicht selten liegen hier die Moorbildungen fasst direkt auf Grundmoränen. Auch sahen wir nicht, dass unser See ehemals ein Abdämmungsbecken war. Nirgends fanden wir, dass ein Moränenwall an irgend einer Stelle für das Wasser einen Damm gebildet hätte.

¹⁾ Nach Penck viermal, nach anderen Forschern wie Götz, Heim usw. dreimal

Allerdings für den, der von den Höhen des Heimgartens oder des Herzogstandes herunter auf die Ebene blickt, erscheint das Becken als eine ausgesprochene Glacialwanne und geradezu mächtig würde dieser Gedanke Wurzel fassen, wenn nicht Detailuntersuchungen einer anderen Anschauung Raum lassen würden.

Auch der Umstand, dass der See eine verhältnismässig geringe Tiefe hatte (hente an seiner tiefsten Stelle nur 65 Meter) spräche für einen Glacialsee, allein verschiedene Momente zeigen uns doch, dass wir es trotzdem mit einem tektonischen See zu tun haben.

Beweise für seine tektonische Entstehung.

Wir sind hiezu infolge monatelanger und genauer Untersuchungen imstande, solche zu erbringen. Auch sind wir in der Lage, Gründe für unsere Anschauungen vorzubringen, die bisher noch nie bei Seeforschungen ins Feld geführt wurden. Beginnen wir:

1. Eine genaue Untersuchung ergab, dass sich die Schichten der Umgebung des Sees direkt in den See ziehen. Wir haben zum näheren Beweis hiefür Photographien anfertigen lassen, die wir hier in dieser Abhandlung bringen. (Siehe Tafel II.)

Oft fallen jene Schichten in einem Winkel von 45° in das Wasser und ihre Fortsetzung dortselbst ist am schönsten bei der sogenannten „Burg“ zu sehen.

Hier ist die Situation etwa folgende:



Manchmal aber auch sind die Schichten des Gesteins unmittelbar am Rande des Sees namentlich beim „Stein“ im Süden und beim „Bade Kochel“ ganz steil aufgerichtet und fallen fast senkrecht in den See. Auch die folgenden Hügel vom Bade bis zum Gipsbruche fallen mit ihren Schichten fast steil in die Tiefe.

Anders liegen die Verhältnisse auf dem Westufer des Sees.

Bei Kleinweil fallen die Schichten rechtsinnig, d. i. von Süden nach Norden ein; dagegen finden wir, dass eine halbe Stunde entfernt davon, bei Grub, dieselben Schichten widersinnig stehen, also von Nord nach Süd, und zum Teil sogar senkrecht aufgerichtet.

Schon v. Schafhäütl hat letztere Beobachtung gemacht und davon folgende Erklärung geknüpft.

„Die neue Formation am rechten Loisachufer beweist wieder, dass sich hier die Loisach ihr Bett nicht durch den Höhenzug, sondern die Verwerfungsspalte entlang zu ihren Abfluss benützt habe.“

Kurz, wohin wir wandern: nirgends eine Gleichmässigkeit des Schichtenfalls. Bald steil aufgerichtet, bald flach, bald von O nach W streichend, bald von Süd nach Nord und umgekehrt — das ist das charakteristische tektonische Moment der Schichten in nächster Umgebung des Sees.

Gewaltige Gebirgskräfte müssen hier also gearbeitet haben, um diese Einbrüche und Einstürze zu vollziehen, und wir dürfen wohl nicht fehlgehen, wenn wir dieselben bis in die Miocänzeit zurückverlegen, in die Zeit, wo wohl die Alpen sich aufgetürmt haben. Damals setzten jene unterirdischen Kräfte ein und vollzogen jenes Werk.

Dass dabei der Kochelsee nicht allein entstand, ist einleuchtend. Auch die andern benachbarten Seen und selbst die Flussläufe zeigen die Spuren einer früheren Katastrophe, sie liegen in Spalten! Freilich wird man uns entgegenhalten, dass solche Spalten selten die Ausdehnung vom ehemaligen Kochelsee haben können! Oder: wohin sind alle die Schichtenfolgen gekommen, welche die beiden Stöcke und Höhenzüge rechts und links miteinander verbanden und deren Ueberreste sich noch in manchen Hügeln im alten Seebecken zeigen?

(z. B. am Geisterbühel). Sind sie vielleicht fortgewaschen worden vom fließenden Wasser?

Wir glauben das nicht. Unsere Anschauung ist, dass hier ganze Gebirgsteile in die Tiefe gesunken sind, und die Kochelseeeinsenkung bildet sogar nur einen Teil hiervon; denn „so schreibt Schaflhäutl — dessen Meinung vollständig die unsere ist — „an dieser gewaltigen Verschiebung und Verstürzung der Schichtenfolgen nahm nicht allein die Ausfüllung des Kocheltales, sondern der ganze östliche Gebirgszug daran teil.“

„Vergleichen wir nämlich die Schichtenfolge des östlichen Bergzuges des Kocheltales mit dem westlichen, so finden wir an beiden Seiten dieselbe Schichtenfolge wieder; aber nicht mehr in derselben Linie; sie passen nicht mehr aneinander, sondern dieselben sind um nahezu anderthalb Wegstunden in der Art aneinander gerückt, dass entweder die westliche Reihe um so viel zurück, oder die östliche um so viel vorwärts geschoben sein musste.“

„Denken wir uns, schreibt der gleiche Forscher, eine gerade Linie, nicht zusammendrückbar nach ihrer Achse, deren Enden zwei gegenüber wirkende Kräfte drängen, und die Linie selbst drücke zugleich die Richtung dieser Kräfte aus, so wird sie, da sie in sich nicht zusammendrücken lässt, bei der geringsten Störung des Gleichgewichtes seitwärts ausweichen, und, wenn sie hie und da auf Hindernisse stösst, sich etwa in folgende Winkel krümmen, die



uns wenigstens die Art versinnlichen, in welcher die Schichtenreihen, ursprünglich in einer geraden Linie liegend, auf einer Seite vorwärts, auf der andern rückwärts geschoben erscheinen können. „Es ist aber wahrscheinlich, dass beim Versinken dieser Schichtenmassen, die sich natürlich in mehrere Keile spalteten, der eine Keil sich rückwärts, der andere vorwärts neigte.“ Schaflhäutl glaubt sogar, dass selbst der Starnbergersee sich noch in der Spalte befindet, in der der Kochelsee

lag und liegt, ähnlich wie auch der Ammersee in der Verlängerung der Staffelseespalte liege. Ob diese Anschauung gerade die richtige ist, können wir nicht genau beurteilen, dagegen können wir durch die grossen Verwerfungen und Einbrüche in der unmittelbaren Nähe des Gebirges und somit im Kochelseebecken die tektonische Entstehung des Sees als gegeben betrachten.

2. Hiezu haben wir noch indirekte Beweise, die unseres Wissens noch nie bei limnologischen Studien angeführt worden sind, und deshalb unsere Arbeit interessanter und reichhaltiger machen. Wir haben im Laufe unserer Arbeit erfahren, dass zahlreiche Natronquellen sich am Ufer des Sees befinden, wovon eine sogar, die Marienquelle, ausgebeutet wurde und deren chemische Zusammensetzung wir schon gedachten.

Welchen Zusammenhang haben nun diese Natronquellen mit der Entstehung unseres Wasserbeckens?

Schon als Klaproth die Quellen von Karlsbad analysirte, in welchen hauptsächlich Natronsalze vorwalten, machte er darauf aufmerksam dass ganz in der Nähe derselben Gebirgsarten in grosser Verbreitung Basalte an die Oberfläche treten, welche einen unerschöpflichen Vorrat an Natron in ihrer Zusammensetzung enthalten, die durch die Verwitterung und Auslaugung aus ihnen sichtbar verschwindet, also mutmasslich durch die Gewässer zu den Ursprungsarten der Quellen hin fortgeführt wird.

Die Wissenschaft zeigte dann ferner: Dass auch alle anderen natronhaltigen Mineralquellen von Böhmen, wie die von Eger, Teplitz, Marienbad usw. ihre Eigentümlichkeit der Nachbarschaft derselben Gebirgsarten verdanken, welche man auch in ungewöhnlicher Häufigkeit überall in ihrer Nähe nachzuweisen imstande ist.

Berzelius, welcher den Untersuchungen über die Zusammensetzung der Quellen von Karlsbad einen eigenen Abschnitt über ihre Entstehung hinzufügte, ging in der Reihe seiner Schlüsse noch weiter; er war lebhaft von den Betrachtungen ergriffen worden, dass sich in der Nähe dieser Quellen ganz dieselben Anhäufungen von basaltischen Gebirgsarten und schlackigen Laven finden, welche er früher im südlichen Frankreich (in der Auvergne im Viorais) kennen gelernt hatte, und in deren Umgebungen zahlreiche Mineralquellen, von

demselben Charakter der Zusammensetzung hervortreten. Er schloss daher, dass auch jene auf ähnlichen Wege aus der Auflösung derselben Gebirgsarten erzeugt werden müssen.

G. Bischof, welcher auf dieselben Verhältnisse des Zusammentreffens natronhaltiger Gebirgsarten mit natronreichen Quellen, bei seinen Untersuchungen der Quellen von Fachingen, Geilnau und Selters aufmerksam wurde, hat in einer fleissigen Zusammenstellung dieser Ansicht vermehrte Stützen gegeben; er zeigte, dass überall wo dieselben Wässer bekannt, auch dieselben Gebirgsarten in der Nähe sich wiederholen und wiederfinden, und er lieferte eine Uebersicht der natronhaltigen Mineralquellen in Deutschland und seinen Nachbarländern, aus welcher es unmittelbar hervorging, dass sie in Beziehung auf ihre geographische Verteilung genau denselben Gesetzen folgen, wie die Verteilung der Basalte und vulkanischen Gebirgsarten in diesen Gegenden!

In Deutschland allein liessen sich sieben solche Hauptgruppen nachweisen.

Eine andere für die Entstehungsgeschichte dieser Quellen wichtige Tatsache, auf welche die Forschungen der genannten Gelehrten von neuem die Aufmerksamkeit lenkten, ist hier hervorzuheben. Alle diese Quellen, welche Natronsalze unter den festen Bestandteilen charakteristisch besitzen, zeichnen sich gemeinschaftlich durch den Gehalt an Kohlensäure aus, welchen sie ihre vorwaltenden Eigenschaften verdanken. Natronhaltige Gebirgsarten gibt es noch mehrfach ausser den genannten (Granit, Porphyr, Tonschiefer, Glimmerschiefer usw. enthalten beträchtliche ungleich geringere Quantitäten Natron) und doch zeigen sich allein diese Quellen bei den ersten, in der Nähe der vulkanischen Gebirgszüge, wo auch die Kohlensäure in ungemessener Häufigkeit antritt.

Diese beständige Art der Verbindung musste daher zu der Ansicht führen, dass beide Phänomene miteinander in notwendiger Beziehung stehen. Wir sehen daher mit Recht in der ganzen Natron-Kohlensäure-Quellen-Familie das Produkt einer vulkanischen Regung, welche fortwährend aus längst erloschenen vulkanischen Gebirgszügen vor sich geht.

Diese theoretische Ansicht von der Entstehung der Natronquellen, welche rein eine Folge der Verbindungen

geognostischer und chemischer Forschungen ist, hat bei dem Versuche, sie auf die speziellen Verhältnisse einzelner Mineralquellen anzuwenden, bereits einen so hohen Grad von Befriedigung gewährt, dass es nicht nötig sein wird, auf weitere Erklärungen zurückzugreifen.

Nun aber zu unseren Kochelnatronquellen! Finden sich auch hier vulkanische Gesteine? Hier können wir fast einen scheinbaren Widerspruch konstatieren!

Doch dem ist nicht so!

Schon bei den Quellen von Pymont und Driley wurde ein solcher Widerspruch gefunden, aber auch aufgeklärt.

Diese Quellen treten unter Verhältnissen auf, welche es sehr wahrscheinlich machen, dass die vulkanischen Gesteine zwar vorhanden sind, aber unter der Oberfläche von jüngeren Gebirgsarten liegen.

Sie treten sämtlich aus Spalten der Erdrinde hervor, welche das unzweifelhafte Gepräge der Entstehung durch vulkanische Kräfte haben.¹⁾ Dass bei der Alpenaufaltung zahlreiche Spaltenbildungen entstanden, haben wir bereits gehört. Auch wissen wir, dass an manchen Stellen sogar die heissen vulkanischen Wasser hoch empor bis fast zur Oberfläche getrieben wurden, so z. B. bei Oberstdorf im Allgäu. Nach einer Dissertation von K. A. Reiser findet man in letzter Gegend vielfach Spuren ehemaliger vulkanischer Produkte. Wahrscheinlich ist dort in einer Spalte die warme Masse emporgetrieben worden, die jedoch damals nicht ganz die Oberfläche erreichte, aber heute durch die denudierenden Kräfte teilweise blogelegt wurden.²⁾

So ähnlich wird es sich bei Köchel verhalten. Auch hier fanden die vulkanischen Kräfte in den Spalten Platz zum Empordringen, jedoch hatten sie nicht die ganze Kraft, an die Oberfläche zu kommen.

Wir vermuten aber, dass schon bei einer Tiefe von 200 Meter an jener Stelle, wo das Mineralbad liegt, jenes Gestein zu finden ist.

Durch erdmagnetische Untersuchungen könnte dies leicht

¹⁾ Siehe z. B. Pogg. Annal. XVII. S. 151.

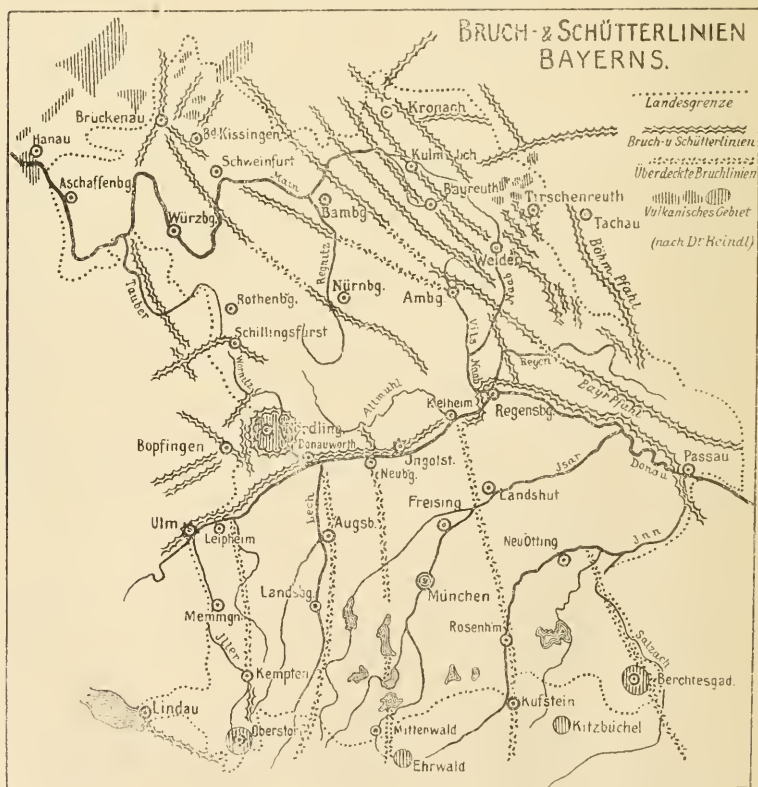
²⁾ Siehe Reiser K. Aug. „Ueber die Eruptivgesteine des Allgäu, Wien 1889. Wie bei Oberstdorf, so finden sich in den nördlichen Kalkalpen auch bei Ehrwald und bei Berchtesgaden Eruptivgesteine

nachgewiesen werden und es wäre eine sehr verdienstvolle Arbeit, wenn dieses Unternehmen gemacht würde.

Freilich würden die Resultate gewiss selbst den Rahmen einer weiteren Arbeit umfassen und deshalb eine eigene Publikation erfordern.

Doch haben wir durch die ziemlich vielen Erdbeben, die sich in diesem Gebiete ereignen, einen gewissen Anhaltspunkt für unsere obige Behauptung, denn nach J. Reindl's Erdbebenarbeiten¹⁾ liegt die Gegend von Kochel in einer Bruchspalte, wo alle Jahrzehnte grössere und kleinere Erdbewegungen nicht zu den Seltenheiten gehören. Siehe nachstehendes Kärtchen!

¹⁾ Siehe Reindl J. „Die Erdbeben Bayerns in historischer Zeit“ Erdbebenwarte von Belar 1902.



Temperaturverhältnisse.

Messungen der Tiefentemperaturen von Binnenseen, welche durch einen längeren Zeitraum systematisch fortgesetzt sind, besitzen wir in sehr grosser Zahl, wovon manche wieder, wie die von Fischer-Ooster, von Simony, A. Geistbeck, E. Richter, Ule und Johann Müller geradezu musterhaft genannt werden können.

Selbst der Kochelsee wurde in dieser Hinsicht schon Gegenstand einer näheren Betrachtung und zwar von Herrn Assistenten Dr. v. Aufsess¹⁾, allein so genau seine Messungen auch sind, fanden wir es doch nicht für unnötig, eigene Untersuchungen zu machen. Schon die Tatsache, dass v. Aufsess, wie er selbst in seiner Arbeit angibt, die Temperaturmessungen mehr der Lichtgrenze wegen vornahm, rechtfertigt unser Unternehmen, abgesehen davon, dass mehrfache Messungen wohl zuverlässiger sein dürften, als einzelne. Auch der Umstand, dass wir verschiedene Oertlichkeiten des Sees in Betracht gezogen, ja sogar die Temperaturen einzelner in den See mündender Flüsse und Bäche feststellten, gibt unserer Betrachtungsweise ein etwas anderes Bild, als die Aufsess'sche Abhandlung zeigt; dessenungeachtet stehen wir nicht an, dieser letzten jede Achtung zu zollen.

Als Messinstrument benützten wir ein Negretti-Zambrasches Tiefseethermometer, wie es auch von Forel und Richter bei ihren Untersuchungen auf dem Genfer- und Würther-See angewandt und als sehr zuverlässig befunden worden ist; dasselbe war vor den Untersuchungen mit einem dem meteorologischen Landesdienst von Bayern gehörigen Normalthermometer verglichen worden. .

Bemerkt sei, dass unser Tiefseethermometer nicht in dem üblichen Holzrahmen mit Schrottbelastung benutzt, sondern mit einer besonderen, durchaus zuverlässigen Umkehrvorrichtung versehen, benutzt wurde. Es war genau das gleiche Thermometer wie es Ule bei seiner Forschung im Starnbergersee in Verwendung hatte.²⁾ Der Vorzug der Umkippvorrichtung lag

¹⁾ Aufsess, Farbe der Seen, Dissertation München 1903

²⁾ Siehe Abbildungen Ule, der Würinsee 1901 S. 117. Hier ist dieses Instrument sowohl beschrieben wie abgebildet.

einmal darin, dass das Umkippen mit absoluter Gewissheit erfolgte und ein vorheriges Umkippen, wie es bei Holzrahmen sich einstellen kann, so gut wie ausgeschlossen ist, weiter aber auch darin, dass die Umkehr genau an der Stelle geschieht, wo die Messung vorgenommen ist. Bei der ursprünglichen Einrichtung der Umkehrthermometer im Holzrahmen, ebenso wie bei der für Tiefseeforschungen getroffenen Einrichtung mit Propeller vollzieht sich das Umkippen durch Zug erst allmählich, wodurch doch kleine Aenderungen des Thermometerstandes bewirkt werden können, da die Temperaturunterschiede in einzelnen Schichten des Wassers auf Meter schon ganz bedeutende sind und mehrere Grade umfassen.

Nach Ules Muster wurde das Thermometer stets mindestens 3 Minuten der Wärmewirkung ausgesetzt, da nach dieser Zeitdauer auch bei grossen Temperaturunterschieden eine Aenderung des Thermometerstandes nicht mehr wahrzunehmen war.

Die von uns auf diesem Wege gefundenen Resultate sind in der beigegebenen Tabelle angezeigt.

Daraus ist zu ersehen, dass die Temperatur nach der Tiefe nicht gleichmässig abnimmt. Aus den Untersuchungen von Simony, Forel, Ule usw. wissen wir schon, dass die Temperatur während der Sommermonate in den oberen Schichten langsam, dann von einer bestimmten Tiefe an sehr rasch fällt bis nahe auf ihren Minimalwert, dass ferner die unteren Schichten eine sehr gleichmässige Temperatur besitzen. Indessen hat man sich bisher fast durchweg darauf beschränkt, diesen Temperaturverlauf im allgemeinen und vor allem die Differenzen zwischen Oberflächen- und Grundtemperatur festzustellen. Dagegen ist die Zone, in welcher die raschen Uebergänge stattfinden, bis jetzt noch fast gar nicht genau untersucht worden. Wir haben es daher von vornherein als eine unserer Hauptaufgaben angesehen, diese Uebergangszone näher zu studieren.

Das Ergebnis war, dass nämlich auch in dieser Uebergangszone die Temperaturabnahme keineswegs gleichmässig verläuft, dass sich vielmehr der eigentliche Uebergang von den höheren zu den niederen Temperaturen auf eine schmale Schicht von nur wenig Meter Breite zusammendrängt, die Richter sehr treffend als „Sprungschicht“ bezeichnet.

Diese Sprungschicht gibt folgende Tabelle. Wir wählten

diese graphische Darstellung, da sie mehr als das geschriebene Wort veranschaulicht. (Siehe Tabelle III.)

Eine weitere höchst auffällige Erscheinung ist, dass die Erwärmung der grösseren Tiefen in den eigentlichen Sommermonaten nur sehr langsam vorwärts schreitet, der Hauptsache nach sich vielmehr erst in den Monaten September und Oktober vollzieht, in einer Zeit also, in welcher die oberen Schichten bereits wieder eine sehr merkliche Abkühlung erfahren.

Auch für den Winter ergaben sich sehr merkwürdige Resultate. Wie schon Aufsess auch feststellte, kann sich das Wasser direkt unter dem Eise auf $+3^{\circ}$ halten. Eine Erwärmung infolge Bestrahlung durch das Eis hindurch dürfte so ziemlich ausgeschlossen sein, da das Eis ebenso wie das Wasser die Wärmestrahlen stark absorbiert.

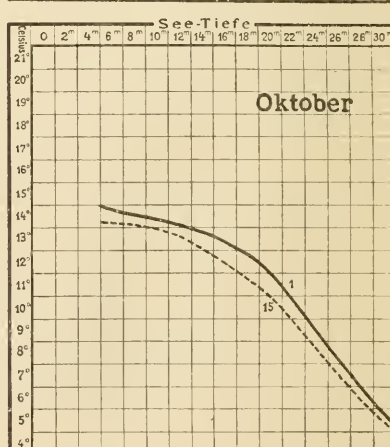
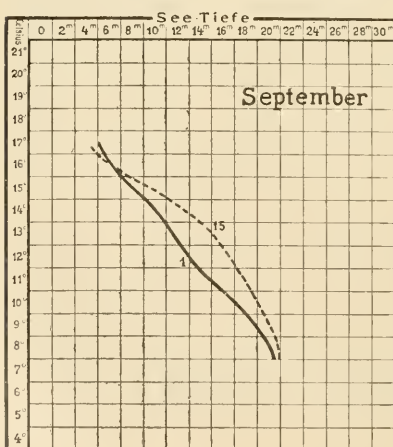
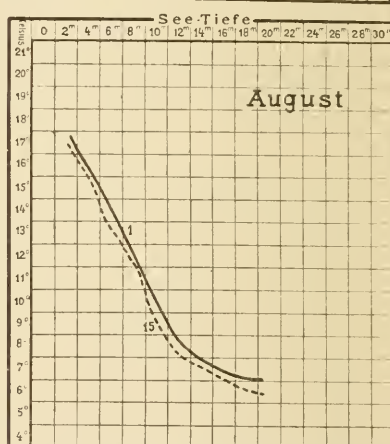
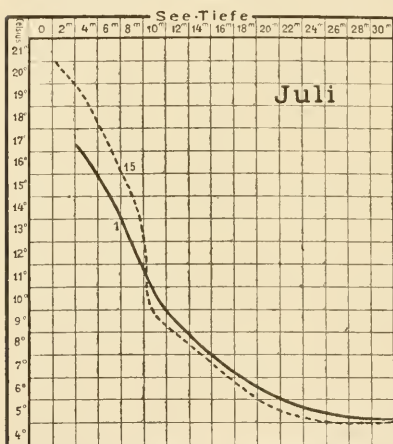
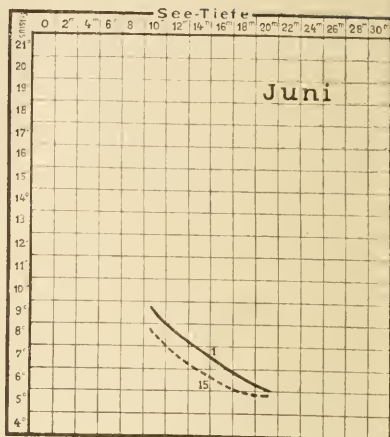
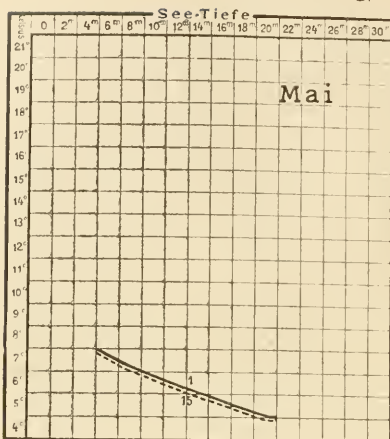
An anderen Punkten des Sees hatten wir nur das Oberflächenwasser an jenen Tagen gemessen, und fanden, dass dasselbe im Süden des Sees in den Sommermonaten nur $2-3^{\circ}$ kühler war als in der Mitte des Sees. Die Ursache dieser Erscheinung dürfte wohl darauf zurückzuführen sein, dass der Schatten, den der Stein wirft, eine geringere Temperaturabnahme bewirkt. Die geringste Temperatur zeigte das Seewasser an jenen Stellen, wo die Alpenbäche und Alpenflüsse in den See mündeten. Wir fanden dabei, dass die Berggewässer dem Kochelsee konstant kühles Quellwasser zuführen. Durch Trübung dieses Wasser an der Mündung kann man beobachten, wie es bei dem Eintritt in den See als schwerer untersinkt und am Boden zur Tiefe sinkt. Wenn auch die täglich zugeführte Wassermasse im Vergleiche zu der des Sees gering ist, so dürfte, wie Ule schon im Würmsee nachgewiesen hat, doch die niedrige Temperatur der Bäche auf die thermischen Verhältnisse immerhin einen Einfluss ausüben.

So fand ich am 15. Juli 1904 bei der Loissachmündung folgende Temperaturen:

- | | | |
|---|----------------|----|
| 1. Loissach 50 m oberhalb ihrer Mündung | 18° | C. |
| „ 10 m im See | 18° | C. |
| „ 70 m im See | 20° | C. |
| See selbst hatte: | $20,5^{\circ}$ | C. |
| 2. der Kesselbach 10 m vor der Mündung | 16° | C. |
| „ 20 m im See | 17° | C. |

Tabelle III

SPRUNG- SCHICHTEN.



Der See selbst 70 m innerh. d. Mündung 20° C.

Die Folge dieser interessanten Erscheinung war, dass das kältere Wasser der Gebirgsflüsse bald nach dem Eintritte in den See untersinkt, da nach bekannten physikalischen Gesetzen kälteres Wasser schwerer ist als wärmeres.

Auf der Nordseite des Sees machten wir die gleiche Wahrnehmung, doch in einem entgegengesetzten Falle. Hier war das Wasser der kleinen Moosbäche um 1–2° wärmer als das Wasser des Sees, was zur Folge hatte, dass das wärmere Wasser der Bäche auf dem schweren Wasser des Sees schwamm und die dunkelbraunen Moosbäche noch oft viele 100 m weit im See sichtbar waren.

Noch andere Verschiedenheiten haben wir hier festzustellen. Schon aus unserer Tabelle dürfte ersichtlich sein, dass die Temperaturen der Oberfläche selbst in einem Monat oft sehr verschieden sind. Wer die Gegend jedoch genau kennt, weiss, dass dort oft im Winter mehrmals Föhnwinde¹⁾ eintreten, die auch die Wärme des Wassers um einige Grad erhöhen.

Nicht vergessen darf dabei auch werden, dass auch zahlreiche Regen, die hier nicht zu den Seltenheiten zählen, eine Temperaturerhöhung des Wassers bewirken. Es mag folgende Beobachtung, die wir von 1. Juni 1905 bis zum 3. Juni 1905 machten, erwähnt werden. Am 1. Juni früh war normales Wetter. Gegen Mittag trat Föhnwind ein, so dass das Wasser nachmittags schon eine Wärme von 22° C. hatte, gegenüber einer Frühtemperatur von 18° C. Abends 9 Uhr hatte das Wasser wieder eine Temperatur von 20° C., am Morgen des 2. Juni aber bereits 23° C. und am Nachmittag des gleichen Tages schon 24° C. Nachts sank die Temperatur wieder um 3° C. und am 3. Juni mittags 12 Uhr zeigte das Thermometer die Temperatur von 25,5° C. Da trat noch warmes Regenwetter ein und der Maximalbetrag betrug dann 4 Uhr nach-

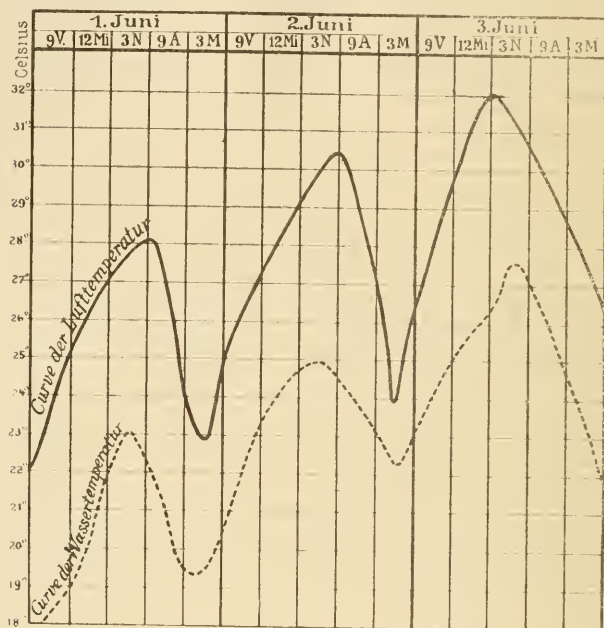
¹⁾ Der Föhn, schreibt Supan, ist eine zahlreichen Gebirgsländern gemeinsame Erscheinung, während man ihn früher nur auf die Nordalpen beschränkt glaubte. Hier ist dieser warme und trockne Südwind (SW–SO), der sich zeitweise zum Sturme steigert, von Besançon am Jura bis Vorarlberg zuhause, erreicht aber in seinen östlichen Ausläufern auch das untere Inntal und manchmal sogar die Täler des Salzburgs und des Salzkammergutes.

(Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde. S. 133–135. Leipzig 1903.)

Siehe unter „der Föhn“. —

mittags 26,5 °C. Am 4. Juni kam kalter Nordost und verursachte wieder eine Temperaturenniedrigung von 6 Grad.

Folgende interessante graphische Zeichnung, die auch die damalige Lufttemperatur angibt, veranschaulicht dies am besten.



Das Resultat davon ist:

1) die Wassertemperatur der Oberfläche steigt mit der Lufttemperatur und fällt mit dieser.

2) Die Erwärmung des Wassers ist zweifellos in erster Linie auf eine Wirkung der Sonnenstrahlen zurückzuführen.

Nachdem wir unsere Arbeit bereits abgeschlossen, hatte Herr Dr. Frhr. von Aufsess die sehr interessante Entdeckung gemacht, dass die Temperatur am Grunde der Seen nicht so kontant ist, als man bisher annahm. Die Messungen, die dieser Forscher im Walchen- und Kochelsee mit einem eigens hiezu konstruierten „Einschmelzthermometer“, das er in Wien anfertigen liess, machte, ergaben überraschende Resultate. Dieselben wollen wir hier ihrer Wichtigkeit wegen anführen.¹⁾ Zugleich mit dem eingeschmolzenen Thermometer versenkte v. Aufsess auch nicht eingeschmolzene Minimumthermometer.

¹⁾ Siehe Peterm., Mittlg. Bd. 51. XI, S. 258.

Dabei ergaben sich mit Berücksichtigung der vorherigen Eichung auf ein Normalthermometer folgende Resultate:

Kochelsee

Tiefe in Meter	Nicht eingeschm. Thermometer	Eingeschmolzenes Thermometer
62 (auf Grund)	4,9°	4,7°
60	4,9°	4,7°

Bei den Messungen im Walchensee wurden zwei nicht eingeschmolzene Thermometer benutzt, wovon das eine erst kürzlich angefertigt wurde, während das andere schon etwa 25 Jahre alt war.

Aus den ermittelten Zahlen zog v. Aufsess nun nachstehende Schlüsse:

1. der grosse Wasserdruck (bis zu 19 Atmosphären) in der Tiefe eines Sees übt einen merklichen Einfluss auf den Stand des Flüssigkeitsfadens in einem nicht gegen Druck geschützten Thermometer; bei neuem Glas ist er geringer, bei altem bedeutender. Ferner sieht man, dass dieser Einfluss bei gleichem Drucke nicht immer gleich gross ist und dass er nicht proportional mit dem Drucke steigt. Dies dürfte daher rühren, dass bei öfterem Versenken des Thermometers, besonders in kurzen Zwischenräumen, eine Ermüdung des Glases eintritt, die nicht genau kontrollierbar ist.

2. Für eine allgemeine, überall vorhandene Steigerung der Temperatur am Grunde eines Sees sprechen die Messungen nach Vermeidung der genannten Fehlerquellen nicht.¹⁾ Die bisherigen Beobachtungen dieser Tatsache dürften sich daher entweder auf den Einfluss des Druckes zurückführen lassen oder darauf, dass

3. die Temperaturen in der Tiefe eines Sees durchaus nicht so konstant sind, wie bisher angenommen wurde. Die oft ziemlich plötzlichen lokalen Temperaturänderungen in der Nähe des Grundes rühren, wie mir scheint, von Quellen her. Da die Temperatur des Quellwassers meist 7—8° beträgt.

¹⁾ Zu demselben Resultat kam auch W. Ule bei seinen Beobachtungen im Würmseee.

[illegible]

so dürften sich dadurch die mitunter beobachteten etwas höheren Temperaturen in der Tiefe auf einfachste Weise erklären.

Wenn man den labilen Gleichgewichtszustand, wobei wärmeres Wasser unter kälterem vorhanden ist, nicht doch für einige Zeit als möglich ansehen will, so könnte vielleicht die Erfahrungstatsache eine befriedigende Antwort geben, dass auch bei noch so geringen Wellengang, oder wenn auch nur ganz leichter Wind weht, das Boot immer etwas von der Stelle getrieben wird, so dass es nach Beendigung einer Messung, die ja immerhin eine ziemlich lange Zeit in Anspruch nimmt, bei Beginn einer zweiten an einen Ort gekommen sein kann, wo andere Temperaturverhältnisse herrschen.

Ferner zeigt sich, dass auch im Sommer Temperaturen unter 4° vorkommen können.

4. Da, wie oben erwähnt, eine Eichung der Thermometer auf Druck wegen der elastischen Nachwirkung des Glases oder wegen gänzlicher Ermüdung desselben, besonders bei alten Thermometern, nicht stattfinden kann, so werden einwandfreie Temperaturmessungen in den Seen nur in der Weise erhalten werden können, dass man gegen Druck gesicherte Thermometer verwendet. Da aber eine einzige solche Temperaturmessung eine halbe Stunde und darüber in Anspruch nimmt, so wird man gut tun, an dieselbe Leine mehrere solche Thermometer in die gewünschten Tiefen zu gleicher Zeit zu versenken. Man eliminiert dadurch auch nach Möglichkeit die Aenderung der Temperatur mit dem Orte, ferner haben langsam sich einstellende, sog. träge Thermometer den Vorteil auch solche Temperaturen richtig anzugeben, die höher sind, als solche beim Hinablassen bzw. Heranziehen passierter Schichten, während schnell sich einstellende Instrumente immer nur die absolut tiefste Temperatur der durchmessenen Strecke anzeigen. —

Eine Nachprüfung dieser Ergebnisse war infolge der vorgeschrittenen Jahreszeit nicht mehr möglich; auch wäre eine solche bei der Aufsess'schen Genauigkeit und Sorgfalt im wissenschaftlichen Arbeiten nicht mehr angezeigt gewesen; immerhin aber dürfte eine Nachuntersuchung in anderen Seen mehr als erwünscht sein.

Eisverhältnisse.

Nicht selten wird man heutzutage noch eine moderne limnologische Studie finden, die nicht auch die Eisverhältnisse eines Sees berücksichtigen würde. Diese Zugabe zu den Temperaturverhältnissen eines grossen Sees dürfte wohl um so dankbarer sein, als eben durch eine solche Darlegung auch die Lufttemperatur während der ganzen Winterperioden einige Beleuchtung erfahren wird. Somit wird es nicht gleich sein, ob ein Gewässer im Winter eisfrei ist oder nicht, und der Augenschein lässt manche oberflächliche Betrachtung Lügen strafen, zumal wenn es sich um einen Gebirgssee oder um ein Wasserbecken der Ebene handelt. So wird der Laie sagen: Der Starnbergersee ist mehr eisfrei als der Kochelsee, eben weil ersterer in der Ebene, letzterer im Gebirge liegt. Dem ist aber nicht so! Der Starnbergersee trägt eine viel mächtigere und ausgedehntere Eishülle als der Kochelsee, weil er der Kälte auf der offenen Hochebene viel mehr ausgesetzt ist, oder mit anderen Worten gesagt, der Kälte ein günstigeres Angriffsobjekt bildet, als der von den Bergen auf drei Seiten eingeschlossene Kochelsee.

Nicht alle Jahre gefriert letzterer vollständig zu, was aber beim Würmsee, trotz seiner achtfachen Grösse, die Regel ist. Namentlich ist es der Föhn auch, der mehrmals im Winter in der Kochelseegegend ganz warmes Wetter bringt und den See in wenigen Stunden von seinen Fesseln befreit. Dass das Klima an unserem See schon im Mittelalter ein ebenso mildes war, bewies uns Reindl¹⁾ in seiner Skizze über die ehemaligen Weinkulturen in Südbayern, worin er anführt, dass bei Kochel und Benediktbeuren von den damaligen Klosterherren die Rebe gepflanzt wurde. Ob dies ein guter Wein war, wissen wir nicht, — aber doch dürfte er trinkbar gewesen sein — und, was die Hauptsache für uns ist — die Rebe konnte überwintern, was sicherlich auf ein mildes Klima schliessen lässt. Und noch heutzutage gehört diese Gegend zu den besten Obstgegenden, denn Benediktbeuren

¹⁾ J. Reindl, die ehemaligen Weinkulturen in Südbayern, Jahresbericht der geograph. Gesellschaft in München 1901/1902.

bant z. B. soviel Obst, dass es waggonweise nach fernen Gegenden verfrachtet wird.

Dieses milde Klima ist es also, das dem See jene geringe Eishülle verschafft, ein Umstand, weshalb der Wintersport nicht diejenigen Dimensionen angenommen hat, als am Starnbergersee.

Die Dicke des Eises, insofern der Kochelsee zugefroren ist, ist gleichfalls keine so beträchtliche wie am Würmsee, höchstens 2—3 dm¹⁾, immerhin so stark, dass dem Sport an manchen Stellen gehuldt werden kann. Naturgemäss ist diese Eishülle im Süden des Sees, unweit des Gebirges, stärker als im Norden und zugleich auch von einer längeren Dauer. Gänzlich zugefroren war der See nach unseren Nachforschungen (sowohl im vorigen Jahrhundert als nach den mündlichen wie schriftlichen Berichten) nur dreizehnmal, ein Zeichen, dass der See im Mittel nur alle zehn Jahre einmal ganz zugefroren.*) Erwähnt soll hier noch werden, dass auf dem über 1700 m hohen Herzogstand die Münchener meteorologische Zentrale eine Zweigstation hat, deren mehrjähriges Ergebnis ist, dass am Kochelsee nicht, wie es in Gebirgsgegenden oft der Fall ist „termische Anomalien“ auftreten, dagegen ist dies am Walchensee der Fall, der allseits von den Bergen eingeschlossen ist.

Ursache dieser wichtigen Erscheinung ist, dass der Walchensee fast den ganzen Winter hindurch eine Eisdecke trägt und fast alle 3—4 Jahre gänzlich zugefroren ist.

Am Schlusse soll auch noch auf die Arbeit von A. Geistbeck²⁾: „Die Eisverhältnisse der Isar“ hingewiesen werden welche speziell auf jene der Loisach, dem Hauptfluss des Kochelsees, zu sprechen kommt.

¹⁾ Geistbeck gibt die Eisdecke zu 4 bis 5 cm an (Seen der deutschen Alpen.)

²⁾ Siehe Geistbeck: Die Eisverhältnisse der Isar, Jahrbuch der geographischen Gesellschaft, München.

³⁾ Im Winter 1905/06 war der See bis Mitte März ganz zugefroren. Durch einen starken Föhn wurde er über Nacht seiner Eisdecke beraubt.

Farbe.

Die Frage nach der Ursache der Farbe der Gewässer, der fließenden sowohl wie der stehenden, ist in jüngster Zeit Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen. Jene Forscher, die sich mit diesem Probleme beschäftigten, haben wir in unserer Litteraturangabe aufgeführt. Sie versuchten teils auf physikalischen, teils auf chemischen Wege die genannte Eigentümlichkeit des Wassers zu lösen und jeder Weg bot vieles für sich, hatte seine Berechtigung. Die volle Lösung des Rätsels wird wohl der Forscher gewinnen, der beide Richtungen einschlägt, was wir bei unserer Arbeit zu beabsichtigen gedenken.

Man unterscheidet bei jedem Gewässer, so auch beim Kochelsee, eine „Eigenfarbe“ und eine „scheinbare Farbe“. Letztere Farbe nimmt der Beobachter wahr, wenn er den See unter einem schiefen Winkel beobachtet. Vom Ufer aus gesehen erscheint die Oberfläche d-s Sees, wie Forel im Genfersee schon nachgewiesen hat, gefärbt, doch nicht in den Tönen des Seewassers, sondern in denjenigen der jenseits des Sees gelegenen Landschaft. Ist der See ruhig, so ist die Reflexion an seiner Oberfläche sehr vollkommen, sobald sich aber die Oberfläche des Seespiegels unter dem Einflusse des Windes oder irgend eines mechanischen Impulses auch nur im geringsten kräuselt, vollzieht sich die Spiegelung unter ganz anderen Bedingungen. Jede Welle stellt nämlich, wie die eingehenden Untersuchungen im Genfersee ergaben, einen zylindrischen im Wellenkam konvexen, im Wellental konkaven Spiegel dar, der bei grösseren Einsfallswinkel verzerrte, in ihrer Höhe verkleinerte virtuelle Bilder der gespiegelten Gegenstände gibt.

Der konkave Teil der Welle erzeugt verkehrte, der konvexe Teil aufrechte Bilder. Es entsteht so durch Spiegelung eine gewisse Färbung der Oberfläche des Gewässers, die die Resultante aller gefärbten sich spiegelnden Gegenstände in ihrer selektiven Zurückstrahlung ist.

Diese scheinbare durch Spiegelung an der Oberfläche entstehende Färbung ist allerdings nur bei ganz glattem

Wasserspiegel und gewisser Entfernung des Beobachters von der Wasseroberfläche mehr oder minder allen sichtbar; meist aber kombiniert sie sich mit der Eigenfarbe des Wassers, die von jener sehr wohl unterschieden werden muss.

Gerade im Kochelsee ist diese scheinbare Farbe besonders wahrzunehmen. Auf sie führen sich die mannigfaltigen Nuancierungen zurück, die eine Folge der wechselnden Beleuchtung im Laufe der Stunden und Tage, der Beschattung durch Berg und Wälder, (z. B. durch den Herzogstand mit seinem grossartig dunklen Waldschmucke) durch Wolken nsw. sind. Auch an den verschiedensten Stellen des Sees ist diese scheinbare Farbe zur gleichen Zeit verschieden. Wo sich nackte weisse Felsen in seinen Fluten spiegeln, erscheint uns sein Bild oft silberweiss, wo dagegen der dunkle Wald sich gleichsam in ihm scheinbar badet, tief schwarz; wo lieblich grüne Matten von seinen Ufern ans die Berge emporklettern, bald grün, bald bunt, je nach dem Gewande der Wiesen: ja selbst blau erschienen uns seine Fluten, da nämlich, wo die blauen Alpenfirnen an abendlichen Sommertagen zum friedlichen See herabgrüssten. Und stiegen wir an manchen Mai- oder Junitagen früh morgens den Herzogstand hinan, als die Sonne wie eine Feuerkugel im Osten über die Alpen herankam, da sahen wir sogar tief unten feuriggelb oft den Spiegel des Sees, beschienen von der aufgehenden Aurora.

Das ist die scheinbare Farbe dieses Sees, die stündlich wechselt, die mit ihren Reizen wohl mehr den empfindenden Menschen und den Maler anlockt, als den Naturforscher.

Uns interessiert mehr die Eigenfarbe des Kochelsees. Welches ist diese?

Wenn man den See, dessen Tiefe so gross ist, dass der Boden des Beckens nicht mehr durchschimmert, senkrecht von oben betrachtet, so dass eine Spiegelung der Gegenstände ringsum ausgeschlossen ist, so erhält man die Eigenfarbe des Wassers. Wie kommt diese nun zustande?

Wäre das Wasser des Kochelsees absolut rein, so würden die Lichtstrahlen in der ihnen durch Brechung gegebenen Richtung weiterdringen, sie würden allmählich durch Absorption des Wassers ausgelöscht werden. Die Intensität des Lichtes würde daher beim Eindringen in tiefere Schichten successive abnehmen. In einer bestimmten Tiefe würde praktisch alles

Licht ausgelöscht sein. Solche Gewässer müssten, da alles Licht absorbiert und nicht reflektiert wird, bei Betrachtung von oben ganz schwarz erscheinen.

Das Wasser enthält jedoch zahllose mineralische und lebende oder abgestorbene organische Partikel, die das Licht reflektieren. Je nach der Menge der Teilchen zeigt auch dann die Farbe des Wassers eine andere Gestalt.

Welcher Natur sind nun diese Partikelchen, die die Farbe des Kochelsees bestimmen?

Nach den Untersuchungen von Schwager und von Aufsess enthält der in Rede stehende See sehr viel Kalk und organische Bestandteile.

Nach Aufsess enthalten nämlich:

	in 1000 gr Wasser (in mg) der	
Walchensee:	50,5 CaO	14,55 Org.
Kochensee:	! 80,4 CaO	22,78 Org.
Wurmsee:	49,8 CaO	23,86 Org.
Gentersee:	58,95 CaO	13,80 Org.

Schon aus dieser Analyse ersieht man, dass der Kochelsee gegenüber den übrigen Seen auffällt durch den Reichtum an Kalk und an organischen Substanzen!

Diese Partikelchen sind es nun, die dem See eine dunkelgrüne Farbe verleihen. Die Kalkteilchen verursachen die grüne, die Humusteilchen die braune Färbung. Dies kann man besonders bei der Ruhelage des Sees beobachten, wo der südliche Teil des Wassers, wie meine Schöpfproben ergaben, infolge der grösseren Mengen an Kalk grün, der nördliche Teil dagegen, in der Zone der Vermoorung braungrün ist. Diese interessante Tatsache veranlasste mich sogar, nach dem Forel'schen und Ule'schen Muster, ein Kästchen mit den verschiedensten Farben herzustellen, um womöglich die Wasserfarbe genau zu fixieren.

Das Resultat war, dass im Süden des Sees, wo die grösste Tiefe zu verzeichnen ist, das Wasser smaragdgrün ist; hierauf folgt eine Zone des Uebergangs von grün zu braun in einer Linie Silbersee — grauer Bär; endlich dann das Gebiet der bräunlichen Färbung des Wassers jenseits der Uebergangszone. Bei Hochwasser tritt diese scharfe Trennung nicht hervor — das Wasser ist fast im ganzen See schmutzig-

grün — hervorgerufen durch den Unrat der Wildbäche und der Loisach.

Zum Schlusse muss noch auf eine ganz besonders grossartige physikalische Farbenerscheinung unseres Sees hingewiesen werden, auf das

„Blühen des Sees.“

Besonders im Frühjahr, im Sommer und anfangs Herbst ist diese eigentümliche Erscheinung zu sehen. Namentlich an Abenden wird auf einige Stunden der See oft in seinem ganzen Teile so smaragdgrün, dass man glauben möchte, man befände sich auf einer jungen Wiese. Nicht selten beobachtet man dabei auch an einigen Stellen ein glänzendes Leuchten im hellsten Rosa. Diese sonderbare Erscheinung veranlasste mich, ihren Spuren nachzugehen, um ihr Wesen zu ergründen. Wir entnahmen deshalb, als am 7. Mai 1904, abends 7 Uhr 15 ein solches Blühen war, einige Wasserproben und liessen sie chemisch und mikroskopisch von Herrn Dr. Reindl in unserer Anwesenheit untersuchen, das Resultat war, dass das Blühen durch tausende von Mikroorganismen hervorgerufen war. Ob dieselben tierischer oder pflanzlicher Natur gewesen, konnte die Untersuchung nicht genau ergeben; unserer Meinung nach waren es tierische Organismen, während Reindl's Ansicht mehr zu Lebewesen pflanzlicher Natur neigt.

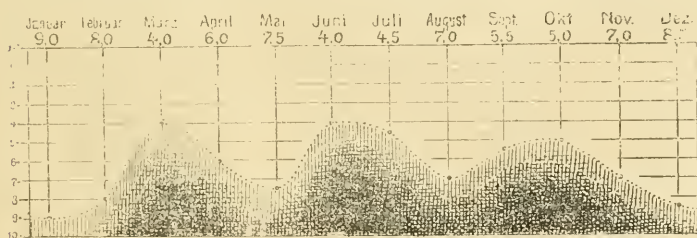
Durchsichtigkeit.

Von besonderen Belang ist nebst der Farbe die Durchsichtigkeit unseres Sees, mit anderen Worten gesagt, die Ermittlung jener Grenzlinie, in der ein in Wasser eingetauchter greller Gegenstand unserem Auge entschwindet. Diese Sichttiefe wechselt gleichfalls, wie die Farbe des Sees, von Tag zu Tag, von Stunde zu Stunde, von Jahreszeit zu Jahreszeit, je nachdem der See Hoch- oder Niedrigwasser zeigt, je nachdem gute oder schlechte Witterung vorhanden ist. Sie ist anders an der Mündung der Loisach, als bei Beginn des Rohrsees, sie ist wieder anders in der Mitte, als am Rande des Sees.

Die Resultate, die sich bei unseren zahlreichen Untersuchungen an den verschiedensten Stellen und zu den verschiedensten Tages- und Jahreszeiten ergaben, seien hier wiedergegeben. Wir benutzten hiezu eigens auf unsere Anregung hin gemachte Blechscheiben, die 1 m Durchmesser und eine Stärke von 1 mm hatten. Dieselben sind ähnlich den sogenannten Secchischen Scheiben, auf der Oberseite mit einem eigens hiezu präparierten Emaillack bestrichen, auf der Unterseite mit einem 6 kg schweren Gewichte versehen, wodurch wir viel genauere Resultate erreichten, als dies durch andere in der Litteratur angegebene Instrumente möglich gewesen wäre; denn einmal bewirkt das unten angehängte Gewicht, dass die Scheibe in horizontaler Lage senkrecht eintauchte; dann aber auch, weil die kräftige weisse Emailpolitur dem Auge in viel grösseren Tiefen noch empfindlich wird.¹⁾ Wir können bestätigen, dass unser Apparat weit besser operierte, als z. B. die Ule'sche Scheibe, die wir anfangs anwendeten, aber zu mangelhaften Resultaten führte. Es mag sein, dass für den Starnbergersee bei seiner grossen Klarheit die Ule'sche Scheibe noch hinreichend war, für den Kochelsee reichte dieselbe nicht aus. Nebenbei soll noch gesagt sein, dass wir auch noch andere Scheiben von roter, blauer und gelber Lackierung anwendeten, die aber, da sie durch grosse Absorbtion des Lichtes bald ausgelöscht wurden, geringe und für uns wenig tangliche Werte lieferten. (So z. B. verschwand die rote Scheibe schon bei 0,85 m.) Ganz selbstverständlich: die weisse Platte absorbierte eben wenig oder gar kein Licht. Das Ule'sche Verfahren, etwaiges reflektiertes Licht durch die Hand oder noch besser durch den Hut zu beseitigen, wandten auch wir mit Erfolg an.

¹⁾ verfertigt von der Firma J. M. Göggelmann sen. München.

²⁾ Das Verschwinden der Scheibe wurde mittelst Sehhrohr beobachtet.



Wir fanden durch obige Operationen dabei folgende Ergebnisse:

	Untersuchungs- stelle	Monat	Stunde	Meter	Beschaffenheit des Seewassers
1.	A. d. tiefsten Stelle (s. Isobathen-Karte)	6. Jan.	11 V	9,0	rein.
2.	Nase	15. Febr.	9 V	8,0	trüb: an den Rän- dern war der See leicht gefroren.
3.	Mitte des Sees	15. Febr.	9 V	8,0	
4.	grauer Bär	24. März	1 N	4,0	sehr trüb Regen.
5.	Nase	24. März	3 N	3,5	
6.	Rohrsee	4. April	3 N	5,0	trüb.
7.	Säge	4. April	3 N	5,0	
8.	Kesselbg.-Gasthof	4. April	5 N	6,0	
9.	Schlehdorfer Bucht	18. Mai	8 V	7,5	sehr rein. Sonnenschein
10.	grauer Bär	18. Mai	11 V	6,5	
11.	Nase	1. Juni	2 N	3,0	sehr trüb.
12.	„	20. Juni	10 V	4,0	trüb.
13.	Kesselberg- Gasthaus	16. Juli	1 N	4,5	auffallend trüb.
14.	Mitte der See	4. Aug.	10 V	7,0	leichte Trübung.
15.	grauer Bär	5. Aug.	4 N	6,0	„ „
16.	Nase	26. Aug.	11 V	3,0	sehr trüb. — Hoch- wasser.
17.	Mitte des See	15. Sept.	9 V	5,5	ziemlich klar.
18.	Stein	4. Okt.	3 N	5,0	wenig getrübt
19.	Nase	14. Nov.	10 V	7,0	sehr klar.
20.	Mitte des Sees	1. Dez.	1 N	8,5	sehr klar.

Hydrochemische Untersuchungen des Kochelsees.

Das Wasser des Kochelsees wurde schon eingehend von A. Schwager¹⁾ von Gebbing²⁾ und neuerdings von J. Reindl³⁾ chemisch untersucht, Da heutzutage die chemische Analyse von grösster Bedeutung für die Erklärung der Ursache der Farbe und der Durchsichtigkeit derselben ist, so geben wir in nachstehenden Tabellen die Resultate obiger Forscher nieder.

A. Schwager A.

In 1000 gr. Wasser sind in 0.1 mg enthalten

Schöpfstelle	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Li ₂ O	Cl	SO ₃	P ₂ O ₅	CaO + organ. Substanzen
Kesselberger Bucht	37	1	17	1	s	799	237	42	48	s	11	285	s	796

¹⁾ Schwager A. Hydrochemische Untersuchungen oberbayerischer Seen, München 1898 Geognostische Jahreshefte

²⁾ Gebbing J. Hydrochemische Untersuchungen des Würm-, Kochel- und Walchensees. Jahres-Bericht der geographischen Gesellschaft, München 1901/02 S 55-86.

³⁾ Diese Probe verdankt der Unterzeichnete Herrn Dr. J. Reindl, der mit grosser Liebenswürdigkeit einen von mir mitgebrachten Liter Wasser chemisch untersuchte.

B. von Gebding.

Gefundene Resultate					Berechnete Resultate					Rückstand			
Schöpfstelle	SiO ₂	Cl	SO ₃	CaO	MgO	SiO ₂	NaCl	CaSO ₄	CaCO ₃	MgCO ₃	Fe- trock- net	Fe- glüh- verlust	
1) Gasthaus grauer Bär (SW)	0.34	0.13	3.03	8.04	2.45	0.34	0.2145	5.15	10.57	5.12	23.6	14.0	9.6
2) Wasserprobe aus 20 m Tiefe	0.29	0.12	2.84	7.74	2.17	0.29	0.198	4.826	10.28	4.535	22.0	13.2	8.8
3) Wasserprobe aus 60 m Tiefe	0.27	0.10	2.70	8.00	2.33	0.27	0.165	4.589	10.91	4.869	22.8	13.4	9.4
4) Wasserprobe aus der Einflusstelle der Loisach in den See.	0.28	0.12	3.2	10.12	2.81	0.28	0.198	5.438	14.7	5.87	28.6	16.6	12.0
5) Wasserprobe aus dem Ausfluss	0.30	0.12	3.16	7.93	2.49	0.30	0.198	5.410	10.22	5.209	23.5	14.1	9.4

C. Reindl J.

In 1000 gr Wasser waren in mg enthalten:

Schöpfstelle	SiO ₂	TiO ₂	F ₂ O ₃	MnO	CaO	Cl	CaO + Organische Substanzen
Seebrunne	24	0	1	0	854	13	>0,3

Aus den erwähnten Analysen ist zu ersehen, dass das Kochelseewasser ungemein reich an Kalk, Magnesia und Humussäure ist, dagegen dass es einen grossen Mangel an Silikaten etc. hat. Diese Tatsache ist für uns, wie bereits hervorgehoben, sehr wichtig für die Feststellung der Durchsichtigkeit und der chemischen Beschaffenheit der Farbe. Aber auch sonst zeigen die Analysen interessante Aufschlüsse. Einmal fällt auf der ziemlich grosse Reichtum an kohlensauren Natron, eine Eigentümlichkeit die, wenn sie im Zusammenhang mit den nahegelegenen Natronquellen (Bad Kochel) gebracht wird, ihre leichtere Erklärung findet. Ohne Zweifel finden sich auch im Grunde des Sees einige Quellen, oder was auch nicht ausgeschlossen ist, mündet eine solche vom nahegelegenen Bade in den See. Wie gesagt, überraschend ist jedenfalls der grosse Natrongehalt. Das Eisen tritt sehr gegenüber anderen Substanzen zurück, dagegen fällt sofort der riesig grosse Trockenrückstand auf, eine Folge der starken Vermoorung. Sonst sind die Analysen wenig von Belang.

Moor- und Tortbildungen an den Ufern des Kochelsees.

Wohl das grossartigste Bild der Vertorfung eines Sees! Kein Alpensee kann in dieser Hinsicht dem Kochelsee beigestellt werden.

Während von Süden und Südwesten her die Alpenflüsse und -bäche daran arbeiten, diesen herrlichen See aus der erhabenen Landschaft zu verdrängen, gleichfalls zusehends (man vergleiche nur die wunderbaren Deltas am Kesselberggasthof, Säge etc.) tun dies in ungleich grösseren Massstabe noch die geheimnissvoll arbeitenden Moorkräfte von Norden und Nordwesten her. Wenn man in alten Urkunden und Chroniken liest, dass vor mehreren Jahrhunderten noch die Klosterherrn von Benediktbeuern, wie schon erwähnt, zu Schiff von ihrem Kloster aus ihre Besuche bei ihren Kollegen zu Schlehdorf machten, so muss man staunen, wie gewaltig schnell dieser Prozess vor sich geht.

Wie wir im Kapitel „ehemalige Ausbreitung des Sees“ erfahren werden, ist das ganze Gebiet von Kochel bis gegen Bichl hin im Osten einerseits und von Schlehdorf bis Sindelsdorf im Westen andererseits, sowie von der Linie Schlehdorf-Kochel im Süden bis zum Moränenzuge Sindelsdorf-Bichl im Norden alles vermoort und vertorft, eine Fläche von der achtfachen Grösse des jetzigen Sees.

Wie kam das?

Ehemals lag hier in der Eiszeit der gewaltige Gletscher der Loisach, der bei seinem Rückzug fasst das ganze, schon früher bestandene Seebecken mit seinem Schutte zugedeckt hatte. Als nach der letzten Eiszeit die grosse Eismasse durch das mildere Klima verschwunden war, war allerdings die ganze oben angeführte Fläche noch unter Wasser, allein im Norden höchstens 1—2 m. Schon damals setzten die vermoorenden Kräfte ein, die heute noch an ihrer Arbeit sind.

Unmittelbar am See finden wir deshalb grossartige „Wiesenmoore“, im Norden die zeitlich älteren Torfflächen.

Gehen wir näher darauf ein.

Wer auf der Landstrasse von Schlehdorf nach Kochel hinüber wandert, kann die Region der echten Wiesenmoore studieren.

Hier finden wir nasse, saure Wiesen, Sümpfe, Riede. Die Sphagnumarten sind überall vertreten. Der Untergrund ist kalkiger Natur, zum Teil Moränenschutt, zum Teil Ablagerungen der Loisach. Diese selbst bewirkt wieder Moorbildungen durch „Infiltration“, namentlich ausserhalb Schlehdorf gegen Westen. Grasartige Gewächse, vor allem Repräsentanten der Familie der Cypergräser, sind in diesem Teile charakteristisch.

Man sieht in der Landschaft auch: Je mehr die Moorbildung, ihr Prozess, fortschreitet, desto zusammenhängender, fester wird der zum grössten Teile vegetabilische Boden, so dass endlich selbst verschiedene Sträucher und Bäume, namentlich Weiden, Erlen, Birken, ja sogar Kiefern und Tannen günstige Existenzbedingungen auf ihm finden. So ist die ganze Landstrasse Schlehdorf-Kochel mit sehr schönen Birken eingesäumt, gleichfalls sieht man im Moore nicht selten kleine anmutige Tannen und Kiefernbestände.

Weiter im Norden ist natürlich der Vermoorungsprozess

älter, — hier finden wir auch bereits das „Torfland“ -- das „Filzgebiet.“ Die vermoorte Fläche ist oft 1–2 m tief, wie die Torfstiche bei Benediktbeuren und Bichel lehren.

Bei dem uns hier speziell interessierenden Torfe wurde, wie wir mehrmals sahen, der Luftabschluss durch stagnieren des Wasser bewirkt, welcher zuerst zur Ansiedelung bestimmter charakteristischer Pflanzen (Sphagna Arten, manchmal auch Heidekräuter *Calluna*, *Vulgaris* und *Erica*, *Tetralix* etc. *Carex* Arten, von den Gramineen das gemeine Schilfrohr etc.) Anlass gegeben hatte, deren abgestorbene Teile während einer Reihe oft unzähliger Generationen durch das Vorhandensein des sie ganz durchtränkenden flüssigen Elementes in vollständiger Verwesung gehindert, sich zu einer immer höher wachsenden Schicht mehr oder weniger zersetzter Vegetabilien anhäufen. Man kann hier beobachten: Obwohl die Torfbildung unter Wasser vor sich geht, ist sie doch in ihrem Wesen von der Kohlenbildung, abgesehen von einigen, durch Wasserbedeckung hervorgerufenen, unbedeutenden Abweichungen, nicht verschieden, und ihr Erzeugnis, der Torf, ist der Repräsentant des jüngsten Stadiums der Bildung von Kohlengesteinen, ist eine auf der niedersten Stufe der Entwicklung stehende Kohle.¹⁾

1) Geologisches Zeitalter	Kohlengesteine	Zusammensetzung in 100 Th. nach Abzug der mineralischen Beimengungen		
		C (Kohlen- stoff)	H (Wasser- stoff)	O u. N (Sauerstoff u. Stickstoff)
1. Archaische Periode	Graphit	100	0	0
2. Devon und Silur	Anthracit	94	3	3
3. Karbon	Steinkohle	80–90	4–6	4–14
4. Tertiär	Braunkohle	70	5–6	24–25
5. Diluvium u. Jetztzeit	Torf	60	6	34

Auch dieser Torf ist aus Wiesenmooren entstanden. Durch das seitliche Eindringen des Wassers in die Ufergelände, sowie durch zeitweilige Ueberstauung derselben erhielt das den See umsäumende Terrain zuerst eine sumpfige Beschaffenheit wie heutzutage bei Schlehdorf und am Rohr-

see, infolgedessen sich bald eine üppige Vegetation von Sumpfgewächsen, Schilfrohr, Kalmus, Wassergräsern etc. einstellt. Die Sumpfflora rückte von den sich durch vegetabilische Ansammlung stetig hebenden Rändern immer mehr gegen die Mitte des flachen Kochelsees vor, auf diese Weise den freien Wasserspiegel Schritt für Schritt zurückdrängend und einengend, wobei sie auch vor den Resten alljährlich absterbenden und unter Wasser zu Boden sinkenden Wasserpflanzen unterstützt wird. Auf diese Weise entstanden zuerst moorige, schilfbewachsene, sich immer weiter ins Wasser erstreckende Landzungen, welche zugleich an Breite zunahmen, bis auch die sie trennenden Zwischenräume schliesslich ausgefüllt waren und nur noch über der tiefsten Stelle ein kleiner Wasserspiegel übrig blieb, welcher jedoch auch, wenn das Wasser nicht sehr tief war, allmählich verschluckt und ausgefüllt wurde. Je mehr dieser Vermoorungsprozess fortschritt, desto fester und zusammenhängender wurde der ursprünglich durchaus sumpfige Boden, bis endlich selbst Sträucher und Bäume auf ihm wurzelten und gedeihen konnten.

Soviel von den Grünlandsmooren und von den Torfbildungen in unserer Gegend.

Hoch interessant ist, dass sich im Gebiete des Kochelsees auch „Hochmoore“ befinden. Diese liegen auf dem Moränegebiete, namentlich auf dem kleinen Hügelrycken bei Kochel und hier wieder beim Bade Kochel. Die Unterlage auf der dieselben ruhen, besteht nach unseren eingehenden Untersuchungen aus Gletscherlehm, hie und da aus Thon, doch in den seltensten Fällen. Es ist also hier kein kalkführender Boden, wie bei den Wiesenmooren unten im Tale bei Bichl, Benediktbeuren und Schlehdorf, sondern kieselsäurehaltiger Boden.¹⁾ Die diesen Torf und dieses Moor zusammensetzenden Pflanzen²⁾ sind dem kohlensäuren Kalk abhold. Die Bildungsorte dieser Hochmoore sind meist mulden- oder beckenförmige, oft kaum bemerkbare Bodensenkungen.

¹⁾ Bei einem Hausbau in der unmittelbaren Nähe der Apotheke, des Photographen, war der Boden aufgeschlossen (150 m vom Bad entfernt) und hier konnte man bei einer Tiefe von $\frac{1}{2}$ m den Gletscherlehm ganz deutlich beobachten.

²⁾ *Andromeda polifolia*, *Scheuchzeria palustris*, *Rhynchospora alba*, *Eriophorum vaginatum* *Sphagnum*, *molluscum*, *Sphagnum cymbifolium* etc.

Täler der Hügellandschaften. (Siehe nebenan.) Diese Moore erhalten ihr Hauptbildungswasser aus den atmosphärischen Niederschlägen oder aus den Quellen, die entweder aus der Umgebung die Fläche der Mulden berieseln oder von unten her das Erdreich mit Wasser durchtränken.¹⁾



Wie entwickeln sich nun im Besonderen diese Moore?

Auf den mulden- und beckenförmigen Einsenkungen entstand zuerst eine spärliche Vegetation von Haidekräutern; Generation von Generation folgte dann auf Generation, die absterbenden Pflanzenteile humifizierten und vermischten sich mit der Lehmunterlage, wodurch deren Gehalt an organischen Stoffen in stetem Zunehmen begriffen war: das sogenannte Sohlland entwickelte sich. Die das Hochmoor bildenden Pflanzen konnten nun in üppigster Weise gedeihen und vegetieren. Während sie an ihren unteren Enden abstarben, wuchsen sie an den Spitzen freudig weiter, indem sie vermittelst ihrer Blätter reichlichst Wasser in sich aufnehmen und selbst aus der Tiefe kapillar emporheben konnten.

Infolge dieser eigentümlichen Vegetationsverhältnisse der Sphagnum-Arten wächst das Hochmoor, namentlich in seinen mittleren, am besten mit Wasser versorgten Partien (Mulden) höher und höher über seine Umgebung empor, während die abgestorbenen Generationen reichliches Material zur Torfbildung liefern, bis endlich die kapillare Kraft der Moospflanzen nicht mehr hinreicht, um noch das Wasser aus den tieferen Schichten emporzuheben und damit die Existenzbedingung für die Torfmoore anhört, die Oberfläche des Moores trocken wird, wie dies sehr schön in der Kochler Hügellandschaft zu ersehen ist.

An den Rändern ist naturgemäss die Moosvegetation eine weniger kräftige, da das Wasser mehr nach der Mitte zu abläuft und dieser Umstand, sowie auch die allmähliche

¹⁾ Bayern besitzt im Ganzen 144,300 ha Moore, wovon ca. $\frac{1}{3}$ zu den Hochmooren zu zählen sind. Im Staatsbesitz sind 9403 ha. Die übrige Fläche ist im Privatbesitz. Von der gesamten Moorfläche sind ungefähr $\frac{1}{3}$ kultiviert.

seitliche Ausbreitung des Moosrasen an den Rändern ist der Grund, warum das Hochmoor vom Rande gegen die Mitte ansteigt, mächtiger und auch absolut höher wird, eine gewölbte Oberfläche erhält.

An manchen Stellen bei Kochel, wo die Abtrocknung der Hochmooroberfläche vor sich ging, sahen wir im Querschnitt die Auflagerungen der verschiedenen Gattungen von Pflanzen: eine Generation von Heidepflanzen folgt auf die andere, die Reste der abgestorbenen Pflanzen setzten die Torfbildung fort und so kam es, dass über der Hauptmasse der grösstenteils aus Sphagnum entstandenen Moore meist eine oberflächliche Schicht von Haidedorf lagerte, der mit den Resten anderer Pflanzen, namentlich Wollgrases, untermengt ist.

Wenn auch die kapillare und wasserhaltende Kraft der Sphagnumarten eine sehr bedeutende ist, so liegt es doch auf der Hand, dass zur Bildung solcher fast nur aus Torfmoosen bestehenden Hochmoore ganz gewaltige und mehr oder weniger stets vorhandene Wassermengen notwendig waren, oder mit anderen Worten, dass derart beschaffne Hochmoore nur in Perioden entstehen und sich bilden konnten, während welchen die alljährlichen Niederschlagsmengen sehr bedeutende und ziemlich gleichbleibende waren.

Das trifft nun für die Gegend von Kochel in hohem Masse zu. Den Niederschlagsmengen unserer meteorologischen Berichte zufolge, hat man es hier mit einer niederschlagsreichen Gegend zu tun. Es ist dies auch ganz natürlich. Die gewaltige Gebirgsmauer der Benediktenwand und des Jochbergkomplexes halten die feuchten Westwinde auf, und veranlassen sie, ihren Feuchtigkeitsgehalt abzugeben.

Schliesslich sei noch auf ein Profil aufmerksam gemacht, das in der Nähe der Apotheke von Kochel zu sehen ist.

Zuerst erblicken wir eine ein bis zwei Fuss starke Heidehumuslage, die Bunkerde, dann die mehr als 1 Meter mächtige Schicht des Haidekrauttorfes, welcher mit zunehmender Tiefe aus braunen, die Struktur seiner Bildungspflanzen noch mehr oder weniger genau erkennen lassen, dem Torf allmählich in schwarzen, amorphen Torf übergeht. Unter der den höchsten Grad der Vermoorung aufweisenden Heidetorfschicht findet sich dann eine zwar sehr starke zusammengepresste jedoch

aus verhältnismässig wenig zersetzten Sphagnum-Pflanzen bestehende, etwa 8 dm dicke Moorstorflage, welche dem Sohlbande und dieses wieder dem lehmigen Untergrund aufliegt.

Nun wären wir zu Ende. Allein es dürfte doch noch angezeigt sein, hier mitzuteilen, welchen Nutzen diese Torfmoore haben.

Was die Pflanzenwelt unweit des Kochelsees betrifft, so ist sie eine überaus manigfaltige; so findet sich nach Höller und Kainz die alpine wie die subalpine Flora in reichlicher Masse vertreten. Die wichtigsten Gattungen sind: In der Umgebung des Rohrsees: *Calluna vulgaris*, *Drosera rotundifolia*, *Dr. intermedia*, *Vaccinium Oxycoccus*, *Andromeda polifolia*, *Arundo phragmites*, *Eryophorum*, *Typha latifolia*. Bei Schlehdorf: *Gentiana acaulis*, *Gent. pneumonanthe*, *Gent. asclepiadea*, *Gent. uliginosa*, *Menyanthes trifoliata*, *Primula farinosa*, *Orchis morio*, *Epipactis palustris*; Ausserhalb Sindelsdorf: *Dianthus superbus*; unweit der Loisach und Loisachbrücke: *Dianthus superbus*, *Ranunculus lingua*, *Nymphaea alba*, *Potamogeton natans*, *Myriophyllum verticillatum*, *Hippuris vulgaris*, *Allisma plantago*. Zu beiden Seiten der Schlehdorferstrasse: *Utricularia vulgaris*, *Drosera*, *Tofieldia calyculata*, *Allisma plantago*, *Parnassia palustris*, *Bidens tripartita*, *Bidens cernuus*, *Veronica anagallis*, *Veronica beccabunga*, *Myosotis palustris*, *Myosotis versicolor*, *Lysimachia vulgaris*, *Bartschia alpina*, *Pinguicula alpina*, *Pinguicula vulgaris*, *Conium maculatum* und *Cicuta virosa*, *Pedicularis palustris* (seltner) bei Grossweil findet sich: die seltene *Ped. sceptrum Carolinum*. Bei Kochel und im Süden davon: *Alchemilla montana*, *Allium suaveolens*, *Leucoium vernum*, *Primula acaulis*, (Bastard: *Primula acaulis* $\times$ *elatior*) *Anemone*, *Gentiana verna*, *Allium ursinum*, *Crysosplenium alternifolium*, *Gagea lutea*, *Adoxa moschatellina*, *Carex pendula*, *Camelia silvestris*, *Cardamine silvatica*, *Carex pendula*, *Cephalanthera ensifolia*, *Cerastium alpinum*, *Dentaria enneaphylos*, *Drosera intermedia*, *Epipogium ophyllum*, *Evonymus latifolius*, *Festuca silvatica*, *Geranium pratense*, *Juncus stygius*, *Malaxis paludosa*, *Nuphar luteum*, *Orobanchae lucorum*, *Ranunculus auricomus*, *Scelopendrium vulgare*, *Taxus baccata*, *Veronica persica*. Am Kesselsee: *Dentaria enneaphylos*, *Erica carnea*. In Benediktbeuren: *Aspidium Orestis*, *Botrychium Lunaria*, *Carduus tetraphyllus*, *Carex chordorrhiza*, *Carex sempervirens*, *Centaurea pseudophrygia*, *Orobanchae lucorum*, *Primula acaulis*, *Senecio fuchsii*, *Senecio paludosus*.

Die Hochmoore werden in dieser Gegend wenig ausgebeutet. Ihre Region ist auch zu gering. Dagegen werden die Wiesenmoore einer ausgiebigen Enttorfung unterzogen.

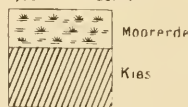
Torfstich reiht sich an Torfstich. Das Verfahren dabei ist folgendes: Das Moorterrain wird zunächst durch ein entsprechend angelegtes Grabennetz entwässert, wodurch eine bessere Durchlüftung, Entsäuerung und schnellere Humification des Moores bewirkt wird. Die Tiefe der Entwässerung richtet sich nach der Art des Moores und nach der beabsichtigten Nutzung; bei in Aussicht genommener Wiesenkultur muss der

Wasserstand wenigstens auf 50 Zentimeter, für Ackerbau auf 1 Meter unter die Oberfläche gesenkt werden.

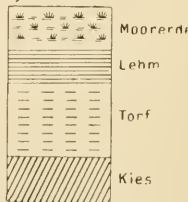
Durch die Entwässerungsgräben wird das Land in viele Dämme gelegt, deren Breite auch nach der beabsichtigten Nutzungsweise verschieden zu bemessen ist. Die einzelnen Dammfächen werden nun vier bis fünf Zoll hoch mit mineralischen Boden bedeckt, welcher entweder der Grabensohle entnommen oder auch von benachbartem Terrain herbeigefahren wird. Diese Sanddecke wirkt in hohem Grade konservirend auf die Bodenfeuchtigkeit, weshalb ein besandeter Moorboden ohne Gefahr für die Vegetation weit tiefer entwässert, und dadurch die Gefahr eines zeitweise zu hohen Wasserstandes sehr vermindert oder auch ganz beseitigt werden kann. Durch die Moordecke wird ferner die Bodentemperatur infolge Herabsetzung der Wärmestrahlung erhöht, gleichzeitig aber auch die Möglichkeit des Eintrittes von Spätfrosten sehr vermindert. Ein weiterer Vorteil derselben besteht darin, dass sie die Gefahr des Auffrierens des Bodens infolge des von ihr ausgeübten Druckes völlig beseitigt. Die Pflanzen haben in der mineralischen Deckschicht einen festeren, besseren Stand, als im unbesandeten Moore und werden sich deshalb weit seltener lagern. Durch die Komprimierung des Moores durch die Decke und durch diese selbst wird auch erreicht, dass das Moor stets, sogar bei anhaltend nassen Wetter, befahren und begangen werden kann, und endlich ist noch die nothwendige flache Bearbeitung als ein grosser wirtschaftlicher Vorteil anzusehen.

Nachstehend noch zwei Bodenprofile:

a) bei Schlehdorf:



b) bei Bichl:



Nischen und Strandlinien am Kochelsee.

Für die Tatsache, dass der Spiegel des Kochelsees ehemals viel höher lag als heutzutage, haben wir markante Beweise. Der See hat es selbst gleichsam als Wahrzeichen seiner früheren Grösse in die Felsen und auch in die lockeren Moränen eingeschrieben: Kräftig ausgebildete Nischen bei der Burg und Nase, sowie schön ausgeprägte Strandlinien bei den zahlreichen Deltas am Südostende des Sees sind die sichtbaren „Zeugen“ hievon.

Letztere, die Strandlinien, liegen 3 cm, 1 m und 2 m hoch und decken sich vollständig mit den in die Felsen eingegrabenen Nischen. Dass wir es bei diesem Phänomen nicht mit einer säcularen Hebung oder Senkung des Uferrandes zu tun haben, ähnlich wie es im klassischen Gebiete der Niveauschwankungen in der baltischen Region und in Norwegen der Fall ist, ist leicht erklärlich, schon aus diesem Grunde, weil die ganze Gegend hier seit der Alpenaufrichtung während der Miocän- und Pliocänzeit in voller Stagnation liegt. Die Ursache dürfte deshalb in anderen Gründen liegen, die wir hier erörtern wollen.

Von dem Faktum ausgehend, dass jede Strandlinie und Nische einen Stillstand im Wachstum eines Sees bedeutet, mithin der Abstand zwischen zwei Nischen oder zwei Strandlinien ein rapides Schwinden des Seespiegels bedeutet, präzisieren wir unsere Thesen hierüber folgendermassen:

Die 2 m hohe Strandlinie dürfte schon vor den Eiszeiten vorhanden gewesen sein, denn da und dort sind noch die Spuren von Gletscherschrammen in die Terrassen eingragt, namentlich bei der Burg und in der Nähe von Kochel.

Die Strandlinie von 1 m Höhe dürfte in die Zeit unmittelbar nach der letzten Eisperiode zurückzuführen sein, in die Götz'sche sogenannte Pluvialperiode.

Endlich stammt die 3 cm hohe Strandlinie aus der Zeit der Loisachkorrektur, in welcher der See seinen Spiegel um 3 cm tiefer legen musste.

Deltas des Kochelsees.

Wir verlassen nun die Strandlinien und Nischen des Sees, um uns zu neuen Chronometer, den Deltas, hinzuwenden. Es sind dies deren „vier“, das Delta des Kesselbaches, des Jochbaches, der Haselriesleine und das der Loisach.

Das Kesselbach-Delta verdankt seine Entstehung dem Kesselbache, dessen Wiege noch nicht vollständig entdeckt ist. Zwar traten schon von jeher Vermutungen unter den Bewohnern dieser Gegend auf, dass der genannte Bach ein unterirdischer Abfluss des nahen Walchensees sei, allein erst wissenschaftliche Untersuchungen sollten dieser Frage einen positiveren Beweis bringen.¹⁾

Den Kesselbach selbst hinsichtlich seiner Länge und Breite von seinem Austritte aus dem Kalkfelsen bis zu seiner Mündung in den See zu verfolgen, halten wir weder für nützlich noch zweckvoll. Dagegen bildet der Bach gerade für manche Gebiete der physikalischen Geographie die schönsten und deutlichsten Beispiele für gewisse morphologisch-tektonische Fragen. So ist im Gebiete des oberen Kesselbaches eine Klamm- und Klammbildung zu finden, die sich zwar nicht an Grösse, jedoch an Schönheit und prägnanter Ausbildung mit der Partnachklamm messen kann. Wie eine Säge hat sich hier der Bach ungefähr 20 Meter kanonartig tief in das Gestein eingegraben; dabei Nischen bildend, die einen Stillstand in seinem früheren Laufe bildeten. Geradezu eigenartig ist der Abschluss der Klamm von der unteren ersten Brücke aus gesehen. Es entstand hier eine Nische mit ovaler Oeffnung, aus welcher das Wasser wie aus einem Becken hervorquillt, scheinbar von unten in die Höhe gedrückt.

Noch interessanter aber sind die Wasserfälle, die dieser Sohn der Berge bildet. Fast circa 25–30 Meter hoch stürzt sich das Wasser, etwa 8 Minuten vom alten Kesselbergdenkmal entfernt, in die Tiefe, ein Schauspiel wilder Romantik bildend.

Zeigt sich in beiden Beispielen so, in der herrlichen Klamm- und Klammbildung und im idyllischen Wasserfalle, die gewaltige erodierende Kraft des Gebirgsbaches, so zeigt sich noch schöner die auslaugende in den Höhlenbildungen. v. Aufsess geht, wie man uns mitteilte, mit unermüdlichen Fleisse jenen

¹⁾ Siehe Kapitel: Beziehungen des Kochelsees zum Walchensee.

Bildungen nach, deren Existenz durch den geringen Widerstand des Dolomitgesteines bedingt ist. Jedenfalls ist auch der obere unterirdische bereits erwähnte Abfluss des Walchensees¹⁾ der die Geburtsstätte des Kesselbaches sein soll, durch eine derartige Höhle in seinem Laufe bedingt.

Endlich — ebenso interessant — sind die Deltas, welche obengenannter Bach teils mit dem Heckenbache rechts der Burg und teils allein links dieses Felsens bis zum Sägebüchel bildet. Hier kann man die Arbeit des Wassers, die es im jahrhundertelangen Kampfe mit den Bergen führt, beobachten.

Gleich in unmittelbarer Nähe nagt sich das Wasser tief in das Herz des Kesselbergs, unten am Fusse des Gebirgsstockes lagert es wieder sein Transportmaterial ab; im Hintergrunde des Deltas das grobe Geröll in der Mitte die weniger grossen Steine, am Ufer des Sees das feinere Material. Das geschieht natürlich bei Niederwasser. Zu Hochwasserzeiten aber rauscht der wilde Bergbach wie ein Strom über den Gebirgsstock herunter, in seinem Laufe alles verheerend und vernichtend, was ihm in den Weg kommt, und da geschieht es bisweilen auch, dass grobe und grössere Gesteine bis an den Strand des Sees getragen werden, wodurch die ruhige Ablagerung bei Niederwasser gestört und zu einem Pele-mele umgearbeitet wird. Das Delta selbst hat eine Länge von 305 Meter bei einer grössten Breite von 255 Meter.

Das Delta des Jochbaches zwischen dem Stein und dem Säg-Büchel gelegen, wird gebildet vom genannten Bache, der nicht auf dem Jochberge sein Mutterhaus hat, sondern wohl aus einer Quelle, in der Nähe des Kesselberges (dem Passe oder Joche) entsteht. Alle die übrigen Flösschen, wie der Teufelsbach, die Rossfüllaine etc. bilden seine Zuflüsse, obwohl geographisch genommen eigentlich die Rossfüll-Laine der Hauptfluss wäre, da ihr Ursprung in der Luftlinie genommen am weitesten von der Mündung liegt. Freilich ist es schwer, im Hochgebirg den richtigen Hauptfluss zu bestimmen, denn nicht selten kommt es vor, wie gerade bei unserem Beispiele, dass man überhaupt von keinem Mittel und Unterlaufe im strengen Sinne reden kann. Bei einer Lauflänge von höchstens 1—2 km haben diese Flüsse ein Gefälle von circa

¹⁾ Angenommen, es hätte Gebbing den direkten Beweis durch seinen Fluoreszenz-Versuch erbracht.

400—450 Meter, dabei zahlreiche oft 20—30 Meter hohe Wasserfälle bildend. Man glaubt sich beim Anblick dieser Gebirgsgewässer, wenn man am Südufer des Sees steht, unwillkürlich in die Gegend der Fjorde von Norwegen oder der Riasküsten von Algerien versetzt, wo, nur in etwas grösseren Masstabe, die Flösschen der Gebirge gleichfalls nach kurzem Laufe in die tiefe See stürzen — man sieht mit dem Auge Quelle und Mündung, ein eigenartiges Bild! Schon bei seiner Geburt sieht der wilde Sohn der Berge seine Grabstätte vor sich liegen, der er mit Blitzesschnelle zueilen muss.

Nirgends sieht man auch Göthes Worte über das Wasser so sich verwirklichen als gerade hier:

„Vom Himmel kommt es,
Zum Himmel steigt es
Und wieder zur Erde muss es,
Ewig wechselnd!“

Es ist, als hätte unser Altmeister ehemals gerade diese Worte gedichtet, als er auf seiner Reise nach Italien hier vorüber pilgerte.

Während nun die Bächlein sich immer tiefer und tiefer in das Herz des Gebirgsstockes eingraben, gleichsam als wollten sie ihrer Mündung ihrem Grabe fliehen, lagert sich unten das Material ab, das auf der Reise mitgenommen wurde, bald Steine zentnerschwer, bald wirres Geröll und zuletzt das feinere Material.

Das Delta der Haselries-Laine. Zwischen Schlehdorf und dem Stein liegen Aluvialschichten, die von mehreren Flüssen gebildet werden. Das meiste Geröll hievon stammt von der Haselries-Laine, welcher Bach das schönste und interessanteste Delta am Kochelsee bildet. Der Gebirgsfluss selbst nagt sich schluchtenartig zwischen den Höhen des Joches und der nassen Hölle durch, um am Ausgange aus den Bergen seine kolossalen Transportmassen niederzulegen, die namentlich nach Hochwassern ganze Muren bilden. Interessant ist auch die Tatsache, dass der Fluss seine Mündung immer mehr nach Norden verlegt, während im Gegensatze hiezu die anderen Bäche des Deltas gegen Süden ihre Mündung richten. Dies kommt daher, weil kleinere Felsengebirge der Haselries-Laine ihren Weg nach Süden verlegen.

Was das Loisach-Delta betrifft, so ist dasselbe nicht

weniger interessant wie letzteres. Es ist geradezu enorm, was dieser Fluss zur Zuschüttung des Sees getan hat. Die anlässlich der Loisachkorrektion gemachten Profile, die zur Zeit in Händen des Flussbauamtes Weilheim liegen, bestätigen dies am deutlichsten. Man darf darnach mit Fug und Recht sagen, dass von Westen her dem See dasselbe Verhängnis von jeher durch die Alluvionen der Loisach beschieden war, wie von Norden her durch Vermoorung. Die von mir auch persönlich bei Schlehdorf angestellten Untersuchungen in der Nähe des grossen Bezirksspitals ergaben eine Schichtenbildung von rezenten Anschwemmungen in einer Höhe von 1—2 Meter. Ohne Zweifel mündete der Fluss auch, wie meine ferneren Nachgrabungen ergaben, früher 2 km weiter nördlich. Aber durch die enormen Geröllmassen, die der Fluss mit sich führte, wurde er immer weiter nach Süden gezwungen, bis er jenen charakteristischen Bogen einnahm, den er heute noch trotz der Korrektion bildet.

Wie gewaltig die Anschwemmungsprodukte dieses Flusses endlich sind, beweist folgende Berechnung. Täglich wirft dieser Fluss 5 Eisenbahnwaggons oberhalb Unterau aus dem Gebirge heraus. Das macht im Jahre 1825 Eisenbahnwaggons. Rechnet man hiezu jene Massen, die bei Hochwassern heraus-transportiert werden, so darf man gut 2000 Waggons Gerölle rechnen, wozu also 200 Güterzüge mit je 10 Waggons gebraucht werden würden, um diese Schuttmassen fortzubringen. Und wieviel macht dies in hundert und tausend Jahren aus? Wir brachen keine Zahlen mehr! Dem See ist in mehreren tausend Jahren sein Schicksal schon besiegelt. Doch staunen muss man, was mehr zu bewundern ist: die enormen Massen, die herausgetragen werden, oder das Gebirge, das allmählich an seiner Grösse abnimmt

Die Entstehung der Schwefelquellen im Bereiche des Kochelsees.

Diese Entstehung lässt sich leicht erklären. Ueberall wo Flötze von Kohlen (am Jochberg, bei Penzberg etc.) vorkommen, in denen man die ortdauernde Zersetzung der Kiese

durch Beobachtung nachweisen kann, sind auch Schwefelquellen nicht selten, und selbst in dem Umfange grosser Torfmoore, in welchem, wie neuere Beobachtungen erwiesen haben, teils Schwefelkiese sich zersetzen und neu erzeugen, teils eine grosse Menge von Schwefelwasserstoff unmittelbar durch die Fäulnis der Pflanzen entwickelt wird, kommen Schwefelquellen vor.

Dass die Schwefelquellen im Gebiete des Kochelsees die gleiche Entstehung haben, bedarf keiner weiteren Ausführung mehr.

Seiches.

Eine limnologische Studie wäre nicht vollständig, wenn nicht auch der bekannten rythmischen Schwingungen des Spiegels geschlossener Wasserbecken, gebildet durch Interferenz eines direkten und eines reflektierten Wellenzuges, gedacht würde. Wir sind der Meinung, dass dieselben auch im Kochensee vorhanden sind, jedoch dürfte das Seebecken viel zu klein und zu seicht sein, um die Seiches nachweisen zu können. Wie wir wissen, hat Prof. Ebert¹⁾ im Starnbergersee, einer viel grösseren Wanne²⁾, nur Seiches der halben Wellenlänge nachzuweisen vermocht.

Man würde demnach beim Kochensee nur $\frac{1}{50}$ einer Wellenlänge erhalten, und diese dürfte selbst mit den feinstregistrierten Apparaten sehr schwer oder gar nicht nachzuweisen sein.

Erwähnt soll hier noch werden, dass Endrös eine vortreffliche Arbeit über die Seeschwankungen des Chiemsees — ein fünf- bis sechsmal grösseres Becken als der Kochensee — erst vor kurzer Zeit vollendete.³⁾

¹⁾ Ebert, Seiches-Phänomen am Starnbergersee, München 1902.

²⁾ Länge des Starnbergersees 24 km, Länge des Kochelsees 2 km

³⁾ Endrös A. Seeschwankungen, beobachtet am Chiemsee, München 1903.

Der ehemalige Kochelsee.

Das Studium des Bodenreliefs eines Landes spielt wohl heutzutage in der Morphologie der Erdoberfläche die erste Rolle. Mit geradezu staunenswerter Genauigkeit kann man daraus wie aus einem ehernen Buche lesen, welche Schicksale in jüngster historischer Zeit unsere Erdrinde erlebte.

Ein herrliches Exempel hiefür bildet namentlich unsere südbayerische Landschaft, speziell aber auch unsere Gegend von Kochel. Wie einstens der Ostersee ein Teil des Starnbergersees war, so ist auch Tatsache, dass der ehemalige Murnauersee (jetzt schon vertorft) der unmittelbare Nachbar des Kochelsees war und mit diesen durch die Loisach zusammenhing. Damals bot also unser Alpenland ungefähr ein Bild dar, wie das heutige Finland und Schweden. Ein Seebecken reihte sich an das andere, meist mit einem Kanal in enger Fühlung stehend. Heutzutage nun sind diese Wassermassen grösstenteils verschwunden, teils durch Infiltration¹⁾ teils durch Vermoorung oder durch Zuschüttung.

Man erinnere sich nur an die zahlreichen Trockentäler, wie sie gerade das Isartal aufweist. Ehemals ansehnliche Gletscherbäche, heute angetrocknete Täler!

Als der Mensch in dieses Gebiet kam, war die im Rahmen unserer Abhandlung stehende Gegend in ihren grossen Zügen wohl schon ungefähr so, wie heutzutage. Nur kleinere Teile der Landschaft haben sich verändert, wenn auch nicht zusehends, doch immerhin im Jahrhunderte langen Prozesse merklich.

Gehen wir nun auf die Details näher ein.

Eine Schifferhütte bei Schlehdorf, jetzt 7 m vom See entfernt, war vor zirka 15 Jahren noch vom Seewasser bespült, wie meine Erkundigungen ergaben. Genaue Messungen von mir zeigten, dass das Wasser um volle 5 m zurückgegangen war, die übrigen 2 m waren versumpft.

¹⁾ Wilhelm Götz, „Das Schwinden des Wassers in den höheren Bodenschichten“. München 1905.

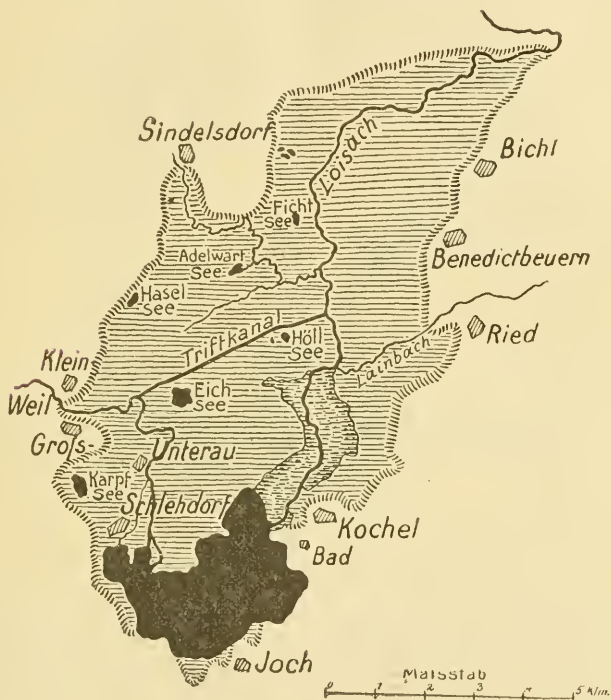
Ein Vergleich meiner Tiefenkarte mit derjenigen Geistbecks zeigt noch deutlicher die Vergänglichkeit unseres Sees. An manchen Stellen, besonders an der Westseite von der jetzigen Mündung der Loisach an bis hinauf zum Rohrsee und auch diesen noch inbegriffen, schritt die Versumpfung und Vermoorung um volle 100 bis 150 m seeeinwärts; ja von dieser Grenze nimmehr äusserster Versumpfung, weist der See, wie die Tiefenkarte lehrt, nur Stellen von oft bloß 0,5 m auf. Wer die Zone der Seerohre und Schilfe am Kochelsee schon betrachtet hat, wird bald zur Kenntnis kommen, dass es nur noch wenige Dezennien bedarf, bis diese grosse „Schilffläche“ vermoort ist. So rapid geht von Westen her die Veränderung des Sees.

Auch von Norden her geht sie so rasch voran!

Im Mittelalter noch reichte der See sogar bis zu den Klostermauern von Benediktbeuren und es war dies auch begreiflich. Die Vorliebe der Klöster, ihre Besitztümer an einem See zu haben (wir denken an Chiemsee, Tegernsee, Andechs, Schlehdorf) war in mehr als einer Ursache begründet, und so ist die Nachricht, dass ehemals die Klosterherren von Benediktbeuren mit ihren Kollegen von Schlehdorf zu Schiff verkehrten, keine leere Phrase, sondern historisches Faktum. Und bedenkt man, dass somit seit dieser Zeit, also innerhalb 900 Jahren nicht nur die Fläche des heutigen Rohrsees, sondern auch eine ebenso grosse nördlich von ihm versumpfte, wohl eine Fläche grösser als der heutige Kochelsee, so kann man sich ein Bild machen von der ungeheuren raschen Arbeit, die die Vermoorungsagentien vollbringen. Doch dem noch nicht genug! Wir wissen zwar, wie wir gerade aus einer historischen Tatsache gehört haben, dass innerhalb 900 Jahren so rapid die Vermoorung von Norden her wirkte, positiven Beweis von Westen her haben wir allerdings nur den eben angeführten, der besagt, dass innerhalb zirka 15 Jahren die Versumpfung an manchen Stellen nur um 7 m, an manchen dagegen wieder um 100–150 m seeeinwärts schritt. Nehmen wir im Mittel nur etwa 10 m innerhalb 15 Jahren an — das dürfte sicherlich nicht zu hoch gegriffen sein — so schritt die Vermoorung von Westen her innerhalb 100 Jahren um 70 m und innerhalb 900 Jahren um 630 m voran. Diese Zahl dürfte ungefähr stimmen. Nur der Nordwesten des Gebietes macht

eine Ausnahme, wo die Loisach mit ihrem starken Gefälle und ihren grossen Gerölnmassen der Vermoorung etwas Einhalt gebietet. Die zwei grossen Buchten von Schlehdorf liefern den deutlichsten Beweis davon.

Ehemaliger Kochelsee.



Loisach-Korrektion.

Ohne Zweifel hängt die fernere Existenz unseres Sees nicht nur von der Vermoorung, die langsam aber sicher fortschreitet ab, sondern auch von dem ungestümen Lauf des Zuflusses, der Loisach.

Das Material, das dieser Fluss, namentlich zu Hochwasserzeiten in den See wirft, geht ins Unermessliche. Von Jahrzent zu Jahrzent verlegte dieser Bergstrom, wie aus den früheren Karten nachweislich ist, sein Delta und verschüttete

zugleich den See von Südwesten her. Auch sonst veränderte dieser gewaltige Gebirgsfluss in historischer Zeit sein Bett, und die alten Serpentinien dieses Gewässers mit ihren ehemaligen Flussterassen erinnern lebhaft an jene Laufveränderung (Siehe beigegebenes Kärtchen).



Infolge der oben angeführten Tatsache, dass der Loisachfluss ungeheuer viel Gerölle mit sich führt, was zu grossen Unträglichkeiten der früher sehr ausgedehnten Flossschiffahrt¹⁾ führte, musste dem Gedanken nahe getreten werden, diesen ungestümen Sohn der Berge etwas Einhalt zu tun. Schon im Jahre 1716 liess Kurfürst Max-Emanuel eine Korrektion des Flusses vornehmen, die jedoch sich nicht als gründlich genug erwies und infolgedessen nach einigen Jahren wieder den wilden Naturkräften preisgegeben war. Erst als mit der Errichtung der Eisenbahn nach Kochel und Partenkirchen der Flossschiffahrt eine ungeheuer grosse Konkurrenz geschaffen wurde, war man ernstlich dazu genötigt, wieder an eine Kanalisierung des Flusses zu denken, die auch in den letzten Jahren meisterhaft durchgeführt wurde. Man hatte hier ein

¹⁾ Siehe eingehend: Gruber Ch., die Bedeutung der Isar als Verkehrsstrasse, München 1890 S. 66 ff.

Kulturwerk geschaffen, dessen Publikation noch nicht in die Öffentlichkeit gedrungen ist und schon aus diesem Grunde wollen wir hier etwas eingehend darauf zurückkommen.

Wie schon angedeutet, wurden gewaltige Kiesmassen, die die Loisach in ihrem Laufe von den Schluchten des Fernpasses bis zu den Ausläufern des Wettersteingebirges sammelt und dem Tale zuwältzt, bei Grossweil am Kochelsee, wo die Loisach das Gebirge verlässt und in die Ebene eintritt, zu grossen Haufen geworfen und dadurch das Flussbett verlegt; dabei schlenderte der wilde Gebirgsfluss bei Gewittern u. s. f. plötzlich grosse Wassermassen in das Seebecken, das rasch überfüllt dieselben in die ganze Umgebung verteilte, weil der Abfluss durch den Unterlauf der Loisach nur äusserst langsam erfolgte. Die Distriktsstrasse von Kochel nach Schlehdorf stand z. B. seit Jahrzehnten von Mitte März bis oft Mitte Juni an manchen Stellen meist Meter tief unter Wasser.

Die Dörfer Schlehdorf, Unterau und Grossweil waren ferner beständig von hohen See- und Mooswasserständen heimgesucht, ja das Dorf Krünenbach war bisweilen so schwer von Ueberschwemmungen bedacht, dass man oft mit dem Kahne von Haus zu Haus fahren musste.

Eine wirksame Abhilfe konnte also nur durch eine gründliche Korrektur der Loisach geschaffen werden, die zu Beginne des Jahres 1901 in Angriff genommen wurde. Das Arbeitsgebiet erstreckte sich auf einen Flächenraum von rund 10 Quadratkilometer. Die Korrekturstrecke ist über 12 Kilometer lang. Ihren Anfang hat sie unweit Grossweil, mündet bei Schlehdorf in den See, beginnt dann wieder beim Ausfluss der Loisach aus dem See, durchzieht den Rohrsee und das Moorgebiet bei Brunnenbach und führt dann, die grossen Schleifen abschneidend, bis nahe zu den Anhöhen bei Penzberg.

Auf der Gesamtstrecke mussten nahezu 700,000 Kubikmeter Material (Lehm, Kies, Moor, Schlamm) ausgehoben und forttransportiert werden.

Bei der Kanalisierung sah man besonders darauf, dass der Spiegel des Kochelsees nicht mehr als unbedingt notwendig sei, gesenkt wurde, um die landschaftlichen Reize desselben nicht zu schmälern. Durch die Regulierung erhielt die Loisach vor Grossweil bis zu ihrer Mündung in den Kochel-

see ein Nieder- und ein Hochwasserprofil. Ersteres hat bei 20 Meter Breite und 1 Meter Tiefe gepflasterte Böschungen, sowie ein sehr starkes Gefälle (1:500), wodurch der Geschiebetransport sich jederzeit als sehr lebhaft gestaltete. Unmittelbar an das Niederwasserprofil stossen zwei je 20 Meter breite Bermen, die beiderseits von gewaltigen Hochwässer-dämmen begrenzt sind. Um allen Eventualitäten genügen zu können, sind letztere in aussergewöhnlicher Stärke hergestellt worden.

Die Regulierung von Grossweil bis zur Mündung in den Kochelsee dient aber nicht nur als Schutz gegen Hochwasser, sie muss vielmehr auch die Geschiebeführung regeln, sowie die Ablagerungen des Gerölls in den Kochelsee korrigieren. Eine beträchtlich vorgeschobene Kieshalde an der Mündungsstelle verrät schon jetzt die eifrige Wirkung der bisherigen Korrektur. Es unterliegt keinem Zweifel, dass im Laufe der Zeit hiedurch die Grösse des Wasserbeckens verringert und langsam mit Kies zugefüllt werden wird. Der Aushub des Materials unter Wasser erfolgte durch einen Trockenbagger mit etwa 800 Kubikmeter Tagesleistung, während mehrere Lokomotiven die mit Material gefüllten Züge auf die Hochwässer-dämme beförderten.

Das Hauptarbeitsgebiet aber konzentrierte sich auf die Strecke vom Kochelsee bis zur Schönmühle bei Penzberg. In diesem völlig versumpften Gelände waren fast 500,000 Kubikmeter Moorboden und Lössboden auszuheben, um die geplante Senkung des Wasserspiegels, sowie die Entwässerung und Kultivierung des ganzen Gebietes zu erreichen. Die Arbeiten wurden, da man bei einer derartig schwierigen Aufgabe an gewöhnliche Mittel nicht denken durfte, vermittelst eines Spezialbaggers¹⁾ ausgeführt.

Auf diesem Bagger, der auf vier eisernen Schiffen ruhte, arbeiteten drei Dampfmaschinen mit zusammen 90 Pferdekraften. Dieselben trieben das Becherwerk, die automatische Vor- und Seitwärtsbewegung des Apparates, das Heben und Senken der Eimerleiter, ferner eine Riesen-Zentrifugalpumpe, die dem Baggergut in der Sekunde 500 Liter Wasser zusetzte, um das Abfließen des Materials zu bewirken und eine Dynamo-

¹⁾ Aus Lübeck stammend; Preis 120,000 Mark.

maschine zur elektrischen Beleuchtung beim Nachtbetriebe. Der gewaltige Apparat, dessen Gerüst 22 Meter hoch war, erforderte zu seinem Transport nicht weniger als 18 Eisenbahnwaggone. Dieser Koloss der modernen Technik arbeitete 18 Monate lang mit Ausnahme der Sonntage, bei ununterbrochenem Tag- und Nachtbetrieb! Er leistete in 12 Stunden je nach Lage zwischen 600–1500 Kubikmeter bei einer Bedienung von 20 Mann, die sich in zwölfstündigen Schichten bei jedem Wetter gegenseitig ablösten. Die Ausbaggerung selbst verlief nicht ohne alle Störung. Es waren eine Menge grösserer und kleinerer Reparaturen an der Maschine nötig. Wenn diese Störungen auch höchst geringfügiger Natur gegen die Grösse des Werkes selbst waren, so erregten sie doch mehrmals höchste Besorgnis; ferner wurden auch bereits vollständig ausgebaggerte Strecken durch nachträglich aufgetriebene Moormassen im Umfange von 20,000 bis 30,000 Kubikmeter wieder total verlegt; versunkene Waldungen bildeten ausserdem monatelang die grössten Hindernisse; dazu kam noch abwechselnd Hochwasser und auch Wassermangel. Wir sehen also, dass die Kanalisierung unter enorm grossen Schwierigkeiten vorgenommen werden musste, die einen äusserst unregelmässigen Verlauf nahm. Doch infolge geschicktes Eingreifen und durch unermüdliches Arbeiten kam man auch über diese Hindernisse hinweg, so dass bereits im Sommer des Jahres 1904 dieses Meisterwerk vollbracht war. Dabei zeigte sich auch, dass der allgemeine Wasserstand um zwei Meter gefallen war. Strassen und Wege blieben wieder über Wasser und ermöglichten einen normalen Verkehr. Der Distrikt Tölz liess die Strasse von Kochel nach Schlehdorf regulieren, wodurch dieselbe ebenfalls hochwasserfrei wurde. Die neu angelegte Rohrseestrasse erfüllt nebenbei auch den Zweck, das Wasser des Kochelsees zu regulieren und nicht allzu rasch abfliessen zu lassen; denn gerade dadurch wurden die früheren grossen Überschwemmungen verursacht. Diese Regulierung der Loisach war auch für die Flossfahrt von Bedeutung, denn hiedurch wurden die vielen hinderlichen Sandbänke und verwildeten Inseln dauernd beseitigt. Um der Flösserei noch mehr aufzuhelfen, hat man bei Grossweil eine neue Flossschleuse gebaut und den Flosskanal von dort nach Benediktbeuren ausgebaggert und befestigt. Interessant ist,

ass von den ausgebaggerten und gelagerten Massen im Moor-
gebiete kaum eine Spur mehr zu sehen ist.

Wahrscheinlich versank der ausgebaggerte Lehm, Sand
und Kies bald bis auf wenige Reste im Moorboden. Das
Werk erforderte einen Kostenaufwand von 720,000 Mark. Die
mit grossem Erfolge und ohne nennenswerten Unfall aus-
geführte Loisach-Korrektion war somit für die hohe wirt-
schaftliche Bedeutung unseres Vaterlandes von grösster
Tragweite.¹⁾

¹⁾ Siehe Riedlinger. Neueste Nachrichten 1905

Beziehungen des Kochelsees zum benach- barten Walchensee.

Entschieden wäre unsere Abhandlung nicht vollständig,
wenn wir nicht auch das Verhältnis des nahen Walchensees
zum Kochelse berühren würden.

Nur eine Entfernung von 2 km in der Luftlinie trennt
beide Seen; ein Pass von 250 m Höhe liegt zwischen beiden
Gewässern und bildet eine Abdämmung des 10 km langen
und 7 km breiten Walchensees gegen Norden. Dennoch ist
dieser See kein Abdämmungssee im eigentlichen Sinne, sondern
er ist wohl zu gleicher Zeit entstanden, als die Gebirgs-
bildung auch dem Kochelsee ihr Leben gab, ob durch Hebung
oder Senkung? Darüber streiten sich heute noch die Ge-
lehrten; aber das ist richtig, dass er tektonischen Ursprungs
ist. Wer schon die serpentinarartige Kesselbergstrasse¹⁾ empor-
gepilgert ist, der hat die Gewölbe und Falten gesehen, die
einst der mächtige Faltdruck zur Tertiärzeit bewirkte. Zu
jener Zeit entstand ohne Zweifel durch die grosse Bruchlinie
in der heute noch Walchen-, Kochel- und Starnbergersee liegen
und jener Querriegel des Kesselbergpasses mag sich durch
Emporhebung gebildet haben. Die Annahme vieler Forscher,
dass der Kesselberg infolge eines Bergsturzes entstanden sei,
muss entschieden in das Reich des Unmöglichen verwiesen
werden, umso mehr, als jede tektonische Bildung des Passes
gegen solche Spekulation spricht. Die Erbauung der neuen

¹⁾ Länge der neuen Kesselbergstrasse 5.820 km, stärkste Steigung 5 $\frac{1}{2}$ ‰.

Länge der alten Kesselbergstrasse 2.860 km, stärkste Steigung 25 $\frac{1}{2}$ ‰.

Kesselbergstrasse hat durch ihre ausserordentlich herrlichen Aufschlüsse darüber nähere Kenntniss zutage gefördert.

Der Walchensee selbst ist grösser als der Kochelsee und 248 m tief. Wie von so manchen Alpengewässern fabelte man viel von seiner Unergründlichkeit bis die Geistbeck'sche Lotung Licht in die Sache brachte.

Herrlich ist das gewaltige Becken dieses smaragdgrünen Sees, eines der grossartigsten Gebirgsbilder im bayerischen Hochland, besonders von seinem Nordende aus betrachtet, ohnegleichen in der langen Reihe der grünen Wasserflächen in den Bergen. Gewaltig meilenweit liegt die Flut da, nur von düsteren Waldbergen und Felsen umringt, hinter denen im Süden noch die Zacken des Karwendel aufsteigen und das erhabene Bild abschliessen. Die südlichen Ufer sind Dolomitberge und im Norden drängt sich zwischen den aus krystallinen bituminösen Alpenkalk bestehenden Gebirgen der Dolomit des Kesselbergs bis an den benachbarten Kochelsee hinaus. Gegen Osten hin fliesst der fischreiche See¹⁾ durch die Jachenau in die Isar ab; seine Höhe über dem Meeresspiegel beträgt 802 Meter.

Auch morphologisch hängen Kochel- und Walchensee eng zusammen, und zwar durch den bekannten Kesselbach. Nicht umsonst erzählten es sich schon seit alters her die Hirten auf den Bergen, dass der Walchensee mit dem Kochelsee in Verbindung stehe. Der Kesselbach ist ein unterirdischer Abfluss des Walchensees, was schon Gebbing, wie bereits erwähnt durch Fluoride nachgewiesen haben will. Wir unternahmen denselben Versuch öfters²⁾, der zwar offen gesagt jedesmal misslang, doch halten wir aus verschiedenen Gründen einen Zusammenhang des Walchensees mit dem Kochelsee nicht als ausgeschlossen, einmal schon deswegen, weil der Kesselbach aus dem Boden direkt als Bach hervortritt und dann, weil gerade in diesem verkarsteten Gebiete Höhlen in grosser Menge, wie im Jura, vorkommen. Ausserdem bemerkten wir ungefähr in 30-40 m Tiefe am Nordende des Walchensees eine auffallende Strömung dem Ende zu, die dort einen kleinen Ausgang vermuten lässt.

¹⁾ Renken, Barsche, Ruten, Hechte und Karpfen; — der Rohrsee eine Brutstätte für Schleie, Forelle, Äsche und Huchen.

²⁾ am 6. Dezember 1905 in der Bucht von Urfeld.

Wie gesagt, wir halten dort einen Abfluss, welcher der Kesselbach sein dürfte, für möglich, sicher nachweisen konnten wir es trotz der ebenso vielfachen und sorgsamsten Versuche nicht.¹⁾

In die engste Beziehung wird der Kochelsee zum Walchensee treten, wenn in allernächster Zeit das von Ingenieur F. Jeanjaquet und Oberbau rat R. Schmick aus Darmstadt gemachte Projekt, den Walchensee als Kraftquelle für elektrische Zwecke zu benützen, zur Wirklichkeit wird. Wenn nämlich nach den Plänen dieser Ingenieurre mittels eines Stollen durch den dazwischenliegenden Kesselberg das Wasser des Walchensees unter Ausnützung des, bedeutenden Gefälles von rund 200 m nach dem Kochelsee geleitet wird, so kann hiedurch eine Wasserkraft gewonnen werden die nach Umsetzung in elektrische Energie die grösste ist, die bisher in Deutschland verwertet wurde.

Die Denkschrift ist bereits dem bayerischen Ministerium des Innern zugegangen und schildert, dass die gewonnene Kraft bei einem Leistungswert der Turbinen von 75 $\frac{0}{100}$ zu

$$\frac{200 \times 10,000 \times 75}{75 \times 100} = 20,000 \text{ Pferdekraften}$$

beträgt.

Der Stollen im Kesselberg soll darnach zuerst mit wenig Gefälle gegen den Kochelsee hin getrieben werden.

Kurz vor seinem Austritte aus dem Berge schliesse sich dann ein sehr stark geneigter Druckstollen an, der das Wasser nach abwärts zu den Turbinen führt. Durch einen kurzen Unterkanal käme dann das Unterwasser nach dem Kochelsee und durch die Loisach wieder zur Isar. Allerdings würde dadurch die normale Wasserführung der Loisach erheblich vergrössert, aber durch Ausbaggerung könnte diesem Uebelstande entgegengesprochen werden. Durch die Vergrösserung des Loisachbettes würde nämlich erzielt, dass die in den letzten Jahren vorgenommene Senkung des Wasserspiegels im Kochelsee in keiner Weise gestört wird; es könnte im Gegenteil ohne erhebliche Unkosten eine noch grössere Senkung erreicht werden.

¹⁾ Auch die Untersuchungen bezüglich einer Wasserkraftanlage Walchensee-Kochelsee ergaben, dass zwischen beiden Seen kein innerer Zusammenhang besteht. — Auch Schwager bestreitet den Zusammenhang; siehe Geog. Jahresh. 1897 S. 79.

Eingehend auf die erwähnte Denkschrift einzugehen, halten wir für unnötig, da sie sich hauptsächlich mit dem Walchensee und dessen zukünftigen künstlichen Zufluss beschäftigt.

Unsere Darlegung, soweit sie den Kochelsee betrifft, hatte nur den Zweck nachzuweisen, wie allmählich die Hand des Menschen in die herrlichen Werke der Natur Eingriffe macht und so die natürlichen Bedingungen verwischt, die den ewigen Jugendreiz unserer herrlichen Seen bildeten. Farbe und Durchsichtigkeit, Grösse und Tiefe usw. — alles wird anders, bis nichts mehr übrig bleibt, als ein künstliches Wasserreservoir, jeglichen Naturreizes bar.

Siedelungsverhältnisse.

Unsere letzte Frage wird nun wohl sein: „Wie verhält sich der Mensch mit seinen Wohnstätten zum See?“

Schon der alte Pfahlbauer¹⁾ errichtete in dem nicht besonders tiefen See seine Hütte. Zahlreiche Spuren, wie sie im benachbarten Würm- und Staffelsee gefunden wurden, führen darauf.

Im Altertum siedelten sich auch die Römer dort an, was schon die Namen Walen oder Walchen, ursprünglich Romanen bedeutet. Es war auch begreiflich, dass die Römer diesen Weg nach Deutschland benützten, denn der Weg durchs Werdenfelserland bildete die direkte Linie nach Bayern und war sogar im Mittelalter noch der Haupthandelsweg nach Italien. Selbst Göthe benutzte diese Strasse auf seiner Reise dorthin, bis sie durch die Schienenwege über Kufstein ihre Bedeutung verloren hat. Doch trachtet man heutzutage wieder

¹⁾ Wir unterscheiden steinzeitliche und bronzezeitliche Pfahlbauten. In der Steinzeit waren die Pfahlbauten näher dem Ufer, die Pfähle meist roh-zugespitzte Baumstämme. In den bronzezeitlichen Pfahlbauten sind bereits wesentliche Fortschritte bemerkbar. Die aus Metall (Bronze) hergestellten Werkzeuge gestatteten eine bessere Bearbeitung der Pfähle. Das allmähliche Verschwinden der Pfahlbauten dürfte in das Ende der Bronzezeit fallen. Wie weit die Pfahlbauten zurückreichen, lässt sich nicht bestimmen, sicher aber dürfen wir annehmen, dass schon 3000 vor Christo die Pfahlbauten vorhanden waren.

den alten Heerweg benützen zu wollen, und zwar durch eine Eisenbahn von München nach Innsbruck, entschieden der schönste und kürzeste Weg nach dem Süden

Auch die Klöster (Benediktbeuern, Kochel, Schlehdorf etc.) erkannten im Mittelalter die Bedeutung dieser Strasse und legten demgemäss dort ihre Siedelungen an.

Heute sind die Siedelungen noch in Form von Dörfern und Einzelgehöften vertreten, je nach dem Raum, der zur Siedelung zu Gebote stand. An den engen Seenfern sind meist die Einzelgehöfte, namentlich im Süden; im Norden, wo das Dorf sich ausbreiten konnte, ist dieses zur Entfaltung gelangt, so Kochel als typisches Haufen-, Schlehdorf als typisches Reihendorf.

Freilich hat die neuere Zeit hier manigfache Veränderungen an die Gestade des Sees getragen. Hotels, Villen, Gasthöfe, Bäder geben der Umgebung einen modernen Anstrich und ist es ein eigenartiges Bild, wenn man diese jungen Siedelungen neben den altehrwürdigen Klostermauern und Türmen von Kochel, Schlehdorf und Benediktbeuern zu sehen bekommt.

Hinten dagegen am See haben nur in den tiefen steilen Waldungen die einfachen Hütten der Holzarbeiter und der Kohlenmeiler Platz.

Waldbau ist dort die überwiegende Beschäftigung der Bewohner, während nördlich von Kochel, im Gebiete des Flysches, gegen Tölz zu, die Almhütte landschaftsbestimmend ist, ein Bezirk, dessen Wiesenbau demjenigen im Allgäu zur Seite gestellt werden kann. Unten dagegen in den Tälern lagern die Ortschaften, bald an einem Bache entlang, bald terrassenförmig den nahen Berg emporkletternd.

Dort in diesem Gebiete wohnt auch ein Menschenschlag¹⁾, der durch seine Tüchtigkeit ebenso bekannt ist, wie durch seine Heimatsliebe, denken wir nur an die sagenhafte Persönlichkeit, an den Schmid von Kochel.

Erwähnt soll noch sein, dass dort der Schiffbau und die Flösserei ihre grosse Wichtigkeit und ihr altertümliches Gepräge noch nicht verloren haben.

¹⁾ Der überwiegende Teil ist bäuerliche Bevölkerung

Das Klima am Kochelsee.

Dass das Wasser eines Sees, wenigstens an seiner Oberfläche, auch abhängig ist von seiner unmittelbaren Umgebung, so ist es wohl von ebenso grosser Wichtigkeit als auch von weittragendem Interesse, namentlich in Bezug auf die bayerischen meteorologischen Verhältnisse, dass auch uns Gelegenheit gegeben ist, das Klima von Kochel nach zweijährigen Beobachtungen darlegen zu können. Namentlich durch den Umstand, dass die nächste Umgebung des Sees, mit Ausnahme des Herzogstandes, keine meteorologische Zweigstation hat, dürfte unser Material sehr an Bedeutung gewinnen. vielleicht auch deswegen, weil sie auf militärischen Befehl genau ausgeführt wurden, endlich auch dann, weil — da sie jetzt eingestellt sind — es wieder Jahrzehnte bedarf, bis wieder ein wissenschaftlich gebildeter Mann es der Mühe Wert findet, die so wichtigen Versuche weiterzuführen.

Herr Dr. Wöschel,¹⁾ Stabsarzt und Direktor des Genesungsheimes in Benediktbeuern (³/₄ Stunden von Kochel entfernt und am Rohrsee gelegen) legte dort auf seine eigenen Kosten eine kleine meteorologische Station an und beobachtete mit aussergewöhnlichem Fleisse, mit peinlichster Sorgfalt und mit sehr guten Instrumenten das dortige Klima. Leider werden diese Versuche jetzt nicht mehr weitergeführt, da die Versetzung dieses Offiziers nach München dessen dankbares Streben ein Ende setzte und der jetzige Nachfolger für diese privaten, jedoch für die Wissenschaft sehr wertvollen Arbeiten kein Interesse mehr an den Tag legt.

Die uns durch gütige Vermittlung Dr. Reindls zur Einsicht vorgelegten klimatischen Aufzeichnungen dürften wir einer eingehenden Betrachtung unterziehen und für unsere Zwecke bearbeiten.²⁾

Da natürlich, wie schon erwähnt, Benediktbeuern in der Luftlinie von Kochel nur ³/₄ Stunden entfernt liegt, so sind, bei der gleichen Höhenlage dieser Orte, die meteorologischen Verhältnisse die nämlichen und dürfte eine Darlegung dieser an jetziger Stelle mehr als angezeigt sein.

¹⁾ vom 1. Juli 1902 bis 1. Oktober 1905.

²⁾ Herrn Stabsarzt Dr. Wöschel sei an dieser Stelle hierfür der wärmste Dank ausgesprochen.

Nicht unerwähnt soll hier bleiben, dass Wöschler auch vorübergehend alte Aufzeichnungen über die genannten Verhältnisse benützte, was den Darlegungen, die nicht gedruckt sind, höheren Wert verleihen dürfte.

I. Temperaturen.

Sendtners Notizen aus den Jahren 1889, 1890 und 1902 hält Wöschler nicht gut verwendbar, da von den Aufzeichnungen der beiden ersten Jahre nicht bekannt wäre, zu welchen Tageszeiten die Messungen vorgenommen wurden; für die Ablesungen im Jahre 1902 aber wären ungünstige Tagesstunden gewählt worden. (6 Uhr 12 Uhr 6 Uhr). Immerhin wären die Messungen Sendtners nicht völlig unbrauchbar. Die Messungen Wöschlers dagegen sind in jeder Hinsicht exakt und vollständig, und aus seinen tabellarischen Aufschreibungen geht hervor, dass die Durchschnittswerte aus den dreijährigen Beobachtungen mit den langjährigen Mitteln des Alpenvorlandes¹⁾ im grossen ganzen übereinstimmen. So fand z. B. auch die in der Genesungsanstalt gemessene niedrige Temperatur im April und die hohe im Oktober statt.

Nach Lang's Formel¹⁾ würde sich die Jahrestemperatur für Benediktbenern nach der Höhenlage genommen auf 6,62 Grad C. berechnen.

Nach Wöschlers Aufzeichnungen wird dieser Wert jedoch durch die oft eintretende „Temperaturumkehr“ und durch die dort häufig auftretende föhnartige Witterung in manchen Monaten erhöht. So betrug im Januar 1903 die Durchschnittstemperatur der ersten Dekade 7,1 Grad C., das mittlere Maximum 11,6 Grad C., das mittlere Minimum 2,7 Grad.

¹⁾ Lang K., „Klimatische und meteorologische Verhältnisse“ in dem Werk: Die Landwirtschaft in Bayern 1890. S. 114—12.
Nach Wöschler betragen für die Jahre 1903 und 1904 die mittleren Maxima:

Jahrgang	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1903	3,4	7,3	11,2	9,8	17,8	19,4	21,3	23,6	19,4	15,4	6,9	0,5	12,8
1904	— 0,01	5,3	8,5	15,1	19,2	22,4	26,2	21,0	15,5	12,3	6,7	3,7	13,2

Die mittleren Minima betragen

Jahrgang	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1903	-5.6	-3.2	0.8	1.1	6.4	10.2	11.0	11.7	8.4	5.6	0.3	-6.3	3.4
1904	-7.4	-2.7	0.3	4.7	7.6	10.6	13.7	11.9	6.9	4.5	1.6	-3.6	3.7

Bei der Beurteilung des Klimas eines Ortes ist jedoch auch die Grösse der täglichen Wärmeschwankung in Betracht zu ziehen, welche einen Rückschluss auf die grössere oder geringere Rauheit des Klimas gestattet. Nach Hann wird dieses Element ausgedrückt durch die Differenz der mittleren Monatstemperaturen der kältesten und wärmsten Tagesstunde (periodische Amplitude) oder durch den Unterschied der mittleren Minima und Maxima des Monats (aperiodische Amplitude).

Nach der letzteren Berechnungsweise ergaben sich für Benediktbenern nachstehende Werte:

J a h r	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Mittel
1903	9.0	10.5	10.4	8.7	11.4	9.2	10.3	11.9	10.7	9.2	6.6	5.8	9.5
1904	7.4	2.6	8.2	10.4	11.6	12.3	12.5	11.1	8.6	9.8	8.3	7.3	9.8

Die höchste Temperatur betrug +28.5 Grad am 27/8 1903 und +30 Grad am 17/6, 16.7, 17.7 und 5/8 1904.

Die niederste Temperatur —20 Grad am 19/1 1903 und —15.5 am 26.1 1904.

Weiteres werden die Wärmeverhältnisse eines Ortes noch durch die Veränderlichkeit der Temperatur charakterisiert. So betragen die größten Wärmunterschiede an einem Tage:

J a h r	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1903	17,5	19,0	18,5	16,0	17,0	15,0	16,5	16,5	16,5	15,5	11,5	11,5
1904	18,0	15,0	15,0	18,0	17,5	17,5	15,0	17,5	18,0	15,0	13,0	12,5

II. Niederschläge.

Nächst der Temperatur ist das Mass der atmosphärischen Feuchtigkeit in gasförmiger oder kondensierter Form das wichtigste klimatische Element.

Die Feuchtigkeitsverhältnisse aber sind im wesentlichen gegeben durch den Wasserdampfgehalt der Luft und durch die Quantität der Niederschläge.

Da Benediktbenern seit 1891 eine Regenstation besitzt, so sind wir über die fraglichen Verhältnisse im grossen und ganzen gut informiert.

Darnach betragen die Monatssummen des Niederschlags in Benediktbenern in mm¹⁾

¹⁾ Siehe: Jahresbericht des hydrotechn. Bureau's.

J a h r g a n g	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1891	58,5	28,5	75,6	91,6	98,7	116,3	285,4	184,5	179,1	47,3	61,0	113,4
1892	167,6	90,6	22,0	132,3	70,5	882,0	234,9	91,4	327,4	173,8	71,4	48,3
1893	107,8	62,9	61,2	15,2	199,5	118,6	376,3	40,7	188,9	162,0	44,1	58,0
1894	28,5	44,1	66,0	137,6	239,7	171,5	248,3	206,1	160,9	125,1	29,0	55,5

Die niederschlagsreichsten Monate sind demnach Juni und Juli, die niederschlagärmsten November und Februar.

Die Jahressumme betrug:

1891	1335,4	
1892	1812,2	
1893	1435,2	
1894	1512,3	
1895	1437,8	
1896	1879,1	
1897	2066,4	Mittel: 1464,7
1898	1256,1	
1899	1500,0	
1900	1294,3	
1901	1321,8	
1902	1189,7	
1903	1234,5	
1904	1240,8	

Die Niederschlagshäufigkeit berechnete sich aus den Jahren 1892 mit 1904 auf 184,9 Tage mit mehr als 1,0 mm Niederschlag. Dieser erfolgt vorwiegend in Form von Regen und Schnee. Die Schneedecke zählte 1896 97 92 mit 65 ununterbrochenen Schneetage; 1897/98 76 mit 48 ununterbrochenen Schneetage. Die grösste Schneehöhe betrug 1898/97 32 cm am 9/II., 1897/98 50 cm am 25/II.

Die relative Feuchtigkeit zeigte sich in grösster Menge (nach Wöschel) im November und Dezember 83—89 Prozente; am trockensten ist die Luft im Mai und Juni mit 60—67%.

Infolge des naheliegenden Sees und der ausgedehnten Moorbildungen sind die Nebel in dieser Gegend sehr ausgedehnt und häufig. Hier wurden von Wöschel vom 14 mit 31/12 03 17, im Jahre 1904 dagegen 53 Nebeltage gezählt, wobei jedoch kein Unterschied hinsichtlich der Stärke des Nebels gemacht wurde.

Gewitter wurden vom 1/4 mit 31/12 03 15, im Jahre 1904 29 aufgezeichnet. Zur Hagelbildung kam es 1904 4mal.

III. Luftdruck.

Über die Bedeutung dieses meteorologischen Faktors ist man klar, wenn man Wöschels Untersuchungen betrachtet. Dem Luftdruck verdankt hiernach ein Barometermaximum, das acht Monate hindurch über den Alpen

lagert und einen grossen Teil des Jahres auch das nördliche Voralpenland bedeckt.

„Temperaturumkehr“ im Winter und „heiteres, ruhiges Wetter“ im Sommer sind sehr häufig; gleichfalls soll erwähnt werden, dass mit dem Ausgleich des Luftdruckes auch die regelmässigen und ausserordentlichen Alpenwinde im Zusammenhange stehen, erstere als Berg- und Talwinde bekannt, letztere als Föhn vertreten

Die genauen schätzenswerten Aufzeichnungen hierüber sollen nur im Auszuge wiedergegeben werden:

Der Luftdruck betrug im Mittel:

im September	1904	708,5 mm
„ Oktober	„	708,7 mm
„ November	„	709,0 mm
„ Dezember	„	708,0 mm
„ Januar	1905	712,5 mm
„ Februar	„	713,0 mm

Die in dieser Zeit beobachteten Windrichtungen verteilen in Prozent wie folgt:

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Stille
Sept. 1904	11,1	7,7	4,4	8,8	5,5	17,5	6,6	11,1	26,6
Okt. „	15,1	10,6	3,2	3,2	3,2	15,1	12,9	10,6	25,8
Nov. „	6,6	15,5	3,3	1,1	4,4	16,6	15,5	13,3	23,3
Dez. „	13,9	8,6	5,3	6,4	6,4	15,0	8,6	3,2	32,2
Jan. 1905	15,9	5,4	1,4	4,1	5,5	15,1	15,1	9,6	27,3
Febr. „	8,3	4,7	3,5	1,1	11,9	15,4	17,5	4,7	32,1

Aus der Tabelle ist zu ersehen, dass hier die östlichen Winde nicht besonders stark ausgeprägt sind, jene östlichen Winde, die der Hochebene einen etwas rauhen Charakter verleihen. Dass demnach die Kochelseegegend durch diese günstige Lage eine äusserst günstig klimatische ist, ist einleuchtend. Die Ursache der geringen Ausbildung dieser kälteren Ostwinde liegt im Dasein des Benediktengebirges und des mächtigen Jochberges.

Besonderes Interesse verdient auch das Föhnstudium in dieser Gegend.

Der Föhn.

Dieser für die dortigen Bewohner so wichtige Fallwind bedarf hier einiger Erörterungen. Schon in seinen früheren Veröffentlichungen vertrat Erk die Ansicht, dass Teilminima föhn-auslösend wirken und diese Ansicht hat durch neuere Ermittlungen eine feste Stütze erhalten.

Am Nordrande der schwäbisch-bayerischen Alpen gehören kleine Luftwirbel zu den regelmässigsten Erscheinungen; mit ihnen ist stets Föhn vergesellschaftet, aber dessen Auftreten ist oft ein sehr vorübergehendes. Erk hat durch die Vergleichung der von den Hoch- und Talstationen gelieferten Aufzeichnungen den Nachweis führen können, dass durch Südbayern, am Gebirgsfusse hin, eine ausgesprochene Zugstrasse kleiner Depressionen verläuft, welche das häufige, wenngleich meist nur kurze Zeit dauernde Auftreten von föhnartigen Wetter verursachen.¹⁾

Namentlich am Kochelsee treten solche Föhnwinde auf. Wie kommen nun sie zustande?

Auf der Südseite der Alpen²⁾ wird ein feuchter, warmer Luftstrom zum Aufstieg gezwungen und zwar dann, wenn der Luftdruck diesseits der Alpen geringer ist, als im Alpengebiet.

Zieht nun am Nordfusse der Alpen eine kleine Depression vorüber, so wird zunächst die Luft vom Alpenvorland und aus den gegen Norden sich öffnenden Tälern, — bei Kochel also das Loisachtal und die Passniederung des Kesselbergs —, weggesaugt. Ein Ersatz für die abfliessende Luft kann aber in horizontaler Richtung nicht erfolgen, weil die Alpen dem Süden als Scheidewand vorgelagert sind; deshalb wird die Luft zum Weg über die Alpen gezwungen. Beim Aufsteigen an deren Südseite wird sie mit zunehmender Höhe kälter und entledigt sich, wenn die Abkühlung einen gewissen Grad erreicht hat, einestheils ihrer Feuchtigkeit in Form von Regen und Schnee, beim Heruntersinken auf der entgegengesetzten Seite wird sie komprimiert und erwärmt, empfängt dabei aber auch naturgemäss keine weitere Feuchtigkeit und kommt als

¹⁾ Erk, Das Klima von Oberbayern, neuere Beobachtungen auf dem Gebiete der Meteorologie in Oberbayern, Festschr. z. Vers. bayer. Landwirte in Rosenheim 1898.

²⁾ Der Föhn der Alpen v. Prof. Fuchs Zeitschr. d. d.-österreichischen Alpen-Ver. 1878.

warmer, trockener und je nach den Luftdruckunterschieden diesseits der Alpen und im Alpengebiet selbst als mehr oder weniger starker Wind an.

Er weht in der Gegend von Kochel — über den Kesselberg kommend — aus Südosten oder Süden, seltener aus Südwesten und erreicht oft eine bedeutende Stärke.

Erk schreibt: Dabei darf man sich nicht vorstellen, dass z. B. über den Kesselberg der Föhnwind sich wie ein Heerwurm in das Alpenland herabsenke, sondern es sinken die Luftschichten, in welchen gleicher Druck herrscht, als ganzes herunter, so dass in allen Horizontalschichten das Luftdruckgefälle von der kleinen, allmählich gegen die Alpen heranziehenden Depressionen bis zu dem hohen Drucke über dem Alpenkamme zwar steil, aber doch immerhin stetig bleibt.¹⁾

Im Jahre 1846 war der Föhn in dieser Gegend sogar so stark, dass durch seine Wirkung die ganze Ortschaft Schlehdorf eingeeäschert wurde.

Nach Höfler²⁾ treffen im benachbarten Tölz auf hundert Föhntage:

im Winter	34
im Frühjahr	32
im Sommer	2
im Herbst	31

¹⁾ Erk a. a. O. S. 5.

²⁾ Höfler „Der Föhn“ Nürnberg 1893

Die relative Feuchtigkeit an Föhntagen betrug in Tölz 1892:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
o/e	40	38	32	28	29	38	—	44	48	50	49	47

Ueber die Einwirkung dieses Windes auf das Seewasser haben wir bereits berichtet. Im Winter befreit er meist in wenigen Stunden den See von seinen Eisfesseln. Seine Einwirkung auf den menschlichen Organismus ist dieselbe, wie bei allen Föhnwinden — er wirkt erschlaffend und ermüdend.

Rückblick.

Am Ende unserer Arbeit möchten wir noch das Wichtigste hervorheben, das dem ganzen das Gepräge einer wissenschaftlichen Arbeit von nachhaltigem Werte verleiht.

- 1) Vor allen haben wir durch mehr als notwendig erscheinende Lotungen die Tiefenverhältnisse des Seebeckens festgestellt und zwar in einer Weise, dass wohl über die ganze Gestaltung des Reliefs desselben keine Zweifel mehr obwalten dürften.
- 2) Sodann haben wir auf Grund jener Tiefenbestimmungen und fernerhin auf Grund der geologisch-morphologischen Verhältnisse der Seeumgebung auf die Entstehung des Sees geschlossen, wobei wir auf Resultate gestossen sind, die das grösste Interesse der Wissenschaft erwecken werden. Wir konnten nämlich den See als einen rein tektonischen erklären, entstanden durch Einbrüche, anlässlich der grossen Alpenfaltung am Schlusse der Miozänzeit. Zur Glazialzeit wurde das Antlitz unseres Gewässers nur äusserlich etwas verändert, nicht aber so, dass von einem direkten Gletschersee gesprochen werden kann, der zu jenen Zeiten erst entstanden wäre.
- 3) Die chemischen Verhältnisse des Kochelsees wurden genau fixiert, um zugleich die Verhältnisse seiner Durchsichtigkeit und seiner Farbe exakt nach den neueren wissenschaftlichen Anforderungen festzustellen. Die Apparate, die wir hiebei anwendeten, waren völlig neuer Konstruktion und genügten deshalb allen technischen und wissenschaftlichen Anforderungen.
- 4) Nachdem ferner auch die Moorverhältnisse, die für die weitere Existenz des Beckens sehr in Frage kommen, berührt wurden, wurde der Loischachregulierung

gedacht, die gleichfalls für die Niveauverhältnisse des Sees sowohl momentan, als auch später einschneidend ist.

- 5) Eingehend wurden die Temperaturverhältnisse festgestellt, sowie auch die Eisverhältnisse unseres Wasserbeckens in Betracht gezogen.
- 6) Zum Schlusse wurden neben weniger wichtigen Punkten die klimatischen Verhältnisse behandelt, sowie auf die Ausbreitung des „ehemaligen“ Seebeckens hingewiesen, was uns zugleich auf den weiteren Gedanken führte, hypothetisch festzustellen, wie gross ungefähr der See in mehreren tausend Jahren sein wird, wenn als Massstab jene Agentien angenommen werden, die heute sein Sein und Vergehen begünstigen und bedrohen.

Möge das Schicksal dem See, an dessen Ufern Tausend Erquickung und Labung finden, noch lange günstig sein, möge noch lange das Haupt des Herzogstandes und des Jochberges im Abenddämmer und im Morgengrauen in seinen Fluten sich spiegeln, in seinen smaragdgrünen Wellen, die durch ihren sonderbaren Zauber den Maler wie den Dichter anlocken.

Drüben, wo der Stein einzig schön aus den dunklen Fluten des Sees hervorsteigt, stehen alte Weiden und dickknorrige Tannen, die sich mit ihrem Schmucke im dunklen Wasser baden. Wer sie jemals gesehen, sie und die gewaltige Gesteinsmasse, die jäh in die Höhe steigt, und das tiefe Atmen der Flut, die geheimnisvoll um die Wurzeln der Bäume und den Fuss des Felsens spielt, der wird den Zauber nicht vergessen, den dieser See verleiht, sei es in der Schwüle des Mittags, wenn einsam die Wassermöve über die Fläche des Kochelsees zieht, sei es in der Kühle des Abends, wenn hinter den Bergen die scheidende Abendsonne den letzten Gruss in das melancholisch ruhige Wasser wirft.

Literaturnachweise.

- v Ammon, geognost. Beobachtungen in den bayer. Alpen.
Geognost. Jahreshefte VII. Jahrg. 1894, S. 94—102.

- Appian, Ph. bayerische Landestafeln, Augsburg 1886.
- v. Aufsess, Die Farbe der Seen, München 1903.
- Aventin, Karte. Neu herausgegeben von Eugen Oberhummer als Beilage zu den Jahresberichten der geograph. Gesellschaft München.
- Baumann; Moore und Moorkulturen Bayerns, forstlichnaturwissenschaftl. Zeitschrift. 1897.
- Bayberger, Der Chiemsee, Mitteil. d. Vereins für Erdkunde, Leipzig 1888.
- Blaas, Geologischer Führer durch die Tiroler- und Vorarlbergeralpen. Innsbruck.
- Boas, Beiträge z. Erkenntnis d. Farbe des Wassers, Kiel 1892.
- Brückner, Vergletscherung der Alpen.
- Classen H. Kurze Mitteil. d. südd. Moore, Mitteil. d. Vereins f. Förderung der Moorkultur Deutschlands 1886.
- Clessin a) Loisach und Angergletscher.
b) Die Moränenlandschaft der bayerischen Hochebene Zeitschrift des öster. Alpen-Vereins 1883.
- Flurl, Geognostische Beschreibung Bayerns.
- Forel, a) Handbuch der Seenkunde, Stuttgart 1901.
b) Transparenz und Farbe des Bodensees, Lindau 1893.
- Fraas, Scenerie der bayerischen Alpen.
- Gebbing J. Hydrochemische Untersuchungen des Würm-, Kochel- und Walchensees, Jahresbericht der geogr. Gesellschaft München 1901/02. S. 55—86.
- Geistbeck A., Die Seen der deutschen Alpen.
- Götz W. Historisch-geographisches Handbuch von Bayern 1898.
- Gruber Ch. a) Moorkolonie von Bayern, Jahresbericht der geogr. Gesellschaft München 1885. H. X S. 8—23.
b) Die Bedeutung der Isar als Verkehrsstrasse, München 1890
- v. Gümbel, a) Geologie von Bayern, I. Bd.
b) Bayerische Alpen 1862.
- Günther S. Geophysik II. Teil 1896.
- Hanshofer, M. Alpensage und Alpenlandschaft, Bamberg 1890.
- v. Hasenkamp. Die Farbe der natürlichen Gewässer, Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie 1897. Handbuch der Klimatologen Stuttgart 1879.
- Heim. Aus dem Gebiet des alten Isargletschers, Zeitschr. der deutsch geolog. Gesellschaft 1886. Bd. 38, S. 161—170.

- Kirchhoff und Penck Südbayern.
 Lallemand, Compt. rend. 69. 1869.
 Lutz, Zur Geschichte der Kartographie in Bayern. Jahresbericht der geographischen Gesellschaft, München 1887.
 Penck a) Das deutsche Reich.
 b) Die Vergletscherung der deutschen Alpen, Leipzig 1882. S. 264.
 Pfaff Die Naturkräfte in den Alpen, München 1877.
 Poggendorf. Pogg. Annal. 45. 1838 p 474.
 Reindl J. Die schwarzen Flüsse Südamerikas, München 1903
 Reiser C. A. Ueber die Eruptivgesteine des Allgäus, Wien 1889.
 Richter, Seestudien, geograph. Abhandlungen Bd VI. Heft 2. Wien 1897.
 v. Richthofen Führer für Forschungsreisende.
 Riedl A. Reiseatlas von Bayern 1796.
 Rotpletz, A. Ein geologischer Querschnitt durch die Ostalpen. Stuttgart 1894.
 Riedlinger Loisach-Korrektion München 1905.
 Schafhäütl, Geognostische Untersuchungen d. südbayerischen Alpengebirges, München 1891.
 Schwager A Hydrochemische Untersuchungen oberbayerischer Seen, geognostische Jahreshefte. München 1895
 Sendtner. Vegetationsverhältnisse von Bayern 1854.
 Spring sur la cause de l' Absence de coloration de certaines. eaux limpides Naturelles, Brüssel 1898.
 Suess, Antlitz der Erde.
 Supan Grundzüge der physischen Erdkunde.
 Tyndall, Arch. d. sciences phys. et mat. 33. 1868 und 34. 1869 pag. 156.
 Ule a) Der Würmsee, Leipzig 1901.
 b) Bestimmung der Wasserfarbe in den Seen, Peterm. Mitt. 1892.
 Wittstein, Sitzungsberichte d. k. b. Akademie der Wissenschaften, München 1860 pag. 603.
 Weiss, Südbayerns Oberfläche nach ihrer äusseren Gestalt 1820.

Zeitschriften.

Bayerland

Bruckmann's Reiseführer. Kochelsee und Umgebung.

Zeitschrift des deutsch-östrerr. Alpenvereins, Wien.

Unterau
(606)



Druckfehlerverzeichnis.

Seite	22	Zeile	18 v. u.	„mm“ statt „m“.
„	31	„	1 v. o.	„liegende“ statt „liegenden“
„	31	„	4 v. u.	„im“ statt „an.“
„	39	„	1 v. o.	„altalluviale“ statt „altaluviale“
„	40	„	12 v. u.	„dem“ statt „den.“
„	43	„	16 v. o.	„der“ statt „die.“
„	51	„	19 v. o.	am Ende ergänze „werden“.
„	53	„	5 v. u.	„Oberhaut“ statt „Oberhaupt.“
„	55	„	16 v. o.	„Zahlen“ statt „Zellen.“
„	56	„	16 v. u.	„Agens“ statt „Agens“
„	56	„	3 v. u.	„ihn“ statt „ihr.“
„	57	„	1 v. o.	„Massen“ statt „Masse.“
„	57	„	4 v. o.	„Sie“ statt „sie.“
„	57	„	20 v. u.	„meinem“ statt „meinen.“
„	58	„	17 v. u.	„halb“ statt „balb.“
„	68	„	6 v. o.	„Pflanzen.“ statt „Pflanzen-.“
„	90	„	6 v. o.	„Wuzelhofen“ statt „Wurzelhofer.“
„	93	„	7 v. u.	„Steinkerne“ statt „Sternkerne.“
„	118	„	15 v. o.	„1532“ statt „1592.“
„	119	„	21 v. o.	„jetztweltliche“ statt „jetzt weltliche.“
„	120	„	20 v. o.	„Legnminosen“ statt „Legominosen.“
„	175	„	2 v. o.	„Nur“ statt „nicht.“
„	206	„	8 v. u.	„auch“ statt „durch.“
„	211	„	2 v. o.	„Da“ statt „Dass.“
„	211	„	13 v. u.	„dankbarem“ statt „dankbaren.“

