

Zur
Entstehungsgeschichte des Bodensees.

Von

Dr. Robert Sieger.

Wien.

Mit einer Kartenskizze.



S. A. a. d. Richthofen-Festschrift, Berlin, 5. Mai 1893.

Mit Rücksicht auf die Arbeiten der Kommission zur naturwissenschaftlichen Erforschung des Bodensees und auf die Herstellung einer einheitlichen Isohypsenkarte des Sees und seiner Ufer veranstaltete die österreichische Regierung in den Jahren 1891 und 1892 Untersuchungen zur geologischen Geschichte des Bodenseebeckens unter Leitung von Professor A. Penck. Es bot sich mir in den Monaten August bis Oktober 1891 Gelegenheit zu freiwilligem Anschlusse an diese Unternehmung und damit zu einer Reihe von Beobachtungen, die ich zum Teil in den «Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung», XXI, 1892, S. 164—182, niedergelegt habe. Meine besondere Aufgabe war die Untersuchung der Frage nach dem Alter des Bodensees als See. Wann und auf welche Weise ist das Bodenseebecken zuerst von Wasser erfüllt worden? Wie hoch hinauf reichen Uferlinien einer einheitlichen Wasseransammlung, welche dem heutigen See im Umfang nahe kommt?

Die geologische Beschaffenheit der Bodenseeufer läßt sich im Überblick am besten aus der trefflichen geologischen Karte der Schweiz in 1 : 100 000, Blatt IV und V, entnehmen, die allerdings auch nicht das gesamte Gebiet umfaßt. Zur Ergänzung der Lücken sind insbesondere die württembergischen Aufnahmen in 1 : 50 000, sowie einzelne, zumeist ältere, geologisch kolorirte Blätter von Baden heranzuziehen; Monographien und Spezialkärtchen einzelner Gebiete liegen ebenfalls vor. Eine schärfere Scheidung der einzelnen quartären Ablagerungen zu gewinnen und insbesondere ihre Beziehungen zu der im bayrischen und schweizerischen Alpenvorlande gefundenen Gliederung des Quartärs zu untersuchen, war Aufgabe Penck's und seiner Begleiter, die hierbei von der älteren Arbeit Penck's über den Rheingletscher¹⁾ ausgehen konnten. An dieser Stelle können die allgemeinen Ergebnisse dieser Untersuchungen der letzten Jahre, die noch nicht veröffentlicht sind, naturgemäß keine ausführliche Erörterung finden, obwohl sie zum Teil bestimmend für die Grenzen meiner Arbeit waren.

Es sei hier nur in aller Kürze darauf hingewiesen, daß am Bodensee selbst drei, auch genetisch gesonderte Landschaftstypen auftreten. Auf

¹⁾ Jahresbericht der geogr. Ges. München, 1886.

größere Strecken hin bildet die Molasse das Ufer des Sees oder folgt demselben doch in geringer Entfernung. Im Verhältnis zu den steilen Abfällen ihrer Erhebungen erscheint die Oberfläche derselben nur wenig gewellt oder geneigt; mitunter ist auch ein stufenförmiges Ansteigen bemerkbar. Die einzelnen Erhebungen dieser Art werden durch Seearme, Flussthäler oder größere Einsenkungen mit hügeligem Niederlande voneinander getrennt, so daß wir namentlich im Norden und Westen des Sees eine Anzahl einzelner langgestreckter Rücken oder breiterer Tafeln als geographische Einheiten herausheben können. Als Beispiele seien der Schiener Berg zwischen Rhein und Untersee, der Bodanrücken und die Allmannshöhe zwischen Untersee und Überlingersee, die Höhen zwischen dem letzteren und der Salemer Senke, sowie jene bei Meersburg und endlich die wegen ihrer prächtigen Alpenaussicht bekannten Erhebungen des Kurortes Heiligenberg, des «Höchsten» und des Göhrenberges, namhaft gemacht.

Diese Berge, deren Abfall in seinen unteren Teilen fast ausschließlich aus Molasse besteht, sind an ihrer Oberfläche zumeist von glacialen und fluvioglacialen Ablagerungen bedeckt, die nicht selten auch den obersten Teil der Steilabfälle bilden. Die Moränen, Schotter und Nagelfluhbildungen sind hier von Fall zu Fall von sehr verschiedenem Alter. Denn das Gebiet des Bodensees ist mehrfacher Vereisung unterworfen gewesen. Sowohl die Verbreitungsgrenzen der drei Schottertypen, welche nach Penck und du Pasquier drei gesonderten Eiszeiten zugehören (Deckenschotter, Hochterrassen- und Niederterrassenschotter), als auch die «äußeren» Moränen der vorletzten und die «inneren» der letzten Vereisung reichen weit über das Uferland des Sees hinaus gegen Norden und Nordwesten. Damit ist auch sichergestellt, daß der Bodensee durchaus im Gebiete der jüngsten Vergletscherung liegt. Mindestens während ihres Höhepunktes reichte dieselbe über die Uferländer selbst des heutigen tiefeingeschnittenen Überlinger Sees hinaus, sofern diese Einsenkung damals überhaupt schon bestand.

Die beiden anderen Landschaftsformen stellen sich als Produkte des letzten Stadiums der Vereisung überhaupt dar und weisen bereits auf eine der heutigen ähnliche Bodengestaltung hin. Es ist dies einerseits die Zone der letzten Endmoränen, die sich in geringem Abstände von den heutigen Enden des Sees finden, andererseits die Landschaft der kleinen Moränenhügel, die sich gelegentlich in ziemlicher Ausdehnung zwischen die vorgeführten größeren Erhebungen einschleibt. Beide entstammen einer Zeit, in welcher der Gletscher sich innerhalb der tiefsten Bodenfurchen hielt, jedoch kaum mehr über deren Rand hinaus anzuschwellen vermochte.¹⁾

Die Endmoränen scharen sich besonders deutlich um das Ende des Überlinger Sees, vor dem die innerste derselben von Wahlwies nach Espa-

¹⁾ Sollte sich für dieses Stadium vielleicht das neuestens von A. M. Hansen, Vogt u. a. Norwegern angewendete Wort: «epiglacial» empfehlen? (Vgl. z. B. d. Norske geogr. selsk. årbog, III, 48 f.)

singen zieht, weiterhin östlich von Nenzingen um den Ausgang des Stockacher Thales. Bei Taisersdorf umkränzt ein schöner, 100 m hoher Moränenbogen das flache Thal der Salemer Aach; nach aufsen hin folgen mehrere ähnliche Bogen. Weniger deutlich ist die innerste Endmoräne im Westen des Seearmes von Radolfzell, die Penck 1892 verfolgte; aber auch sie schließt das Thal dieses Seearmes senkrecht auf seine Hauptrichtung ab. Aus dieser Anordnung der Moränenwälle geht hervor, daß zur Zeit der Entstehung jener letzten Endmoränen die erwähnten Einsenkungen des Bodens nicht nur bereits bestanden, sondern daß sich auch der Verlauf der Gletscherzungen nach ihnen richtete. Die handförmige Gliederung des Bodensees entspricht also auch der fächerförmigen Ausbreitung der letzten Zungen des zurückgehenden Rheingletschers.

Außerhalb jener innersten Moränenwälle, aber noch innerhalb der Endmoränenlandschaft, zwischen ihre einzelnen Bogen eingeschaltet, treten in scharfer Ausprägung ebenfalls bogenförmig verlaufende Thalzüge auf, die untereinander in mannigfachen Verbindungen stehen und im Verein mit den Moränenwällen den Charakter der Landschaft bestimmen. Die heutigen unbedeutenden Wasserläufe streben nach dem See hin und durchbrechen in ihrem untersten Laufe zum Teil in plötzlicher Umbiegung die Moränenwälle; jene älteren Abflusrrinnen hingegen führen in ihrem Gesamtverlaufe vom See hinweg. Ihre Vereinigungen und Verzweigungen weisen nach Westen, und sie setzen sich nach dieser Richtung in entsprechenden Thalzügen fort, die zum Teil nicht nur in quartäre Ablagerungen, sondern auch ins anstehende Gestein eingeschnitten sind. Ihr Verlauf ist unabhängig von den heutigen Bächen und Flüssen. Mitunter benutzen mehrere der letzteren nacheinander einen durchaus einheitlichen Thalzug eine Strecke weit, um dann in einen anderen abzuschwenken; mitunter erscheint das breite Thal vollkommen wasserleer oder wird bloß von Mühl- und Bewässerungsgräben durchzogen. Die Wasserscheiden sind flach und undeutlich, die heutigen Flusläufe reich an weiten Umwegen und plötzlichen Wendungen, so daß ihnen gegenüber jene Täler als einfach und ursprünglich sich darstellen. Die Singener Aach findet ihre natürliche Fortsetzung durch das heutige Biberthal nach dem Rhein, der Stockach standen an mehreren Stellen Wege nach dem Westen zu offen, in der That aber biegen beide Flüsse in ihrem untersten Laufe plötzlich nach dem See zu um. Die Salemer Aach beschreibt sogar zwei Biegungen im Angesicht niedriger Wasserscheiden bei Mimmenhausen und Ahausen. Auch die obere Salemer Aach und die mittlere Biber zwischen Thaïngen und Singen fließen der ursprünglichen Richtung des Gletschers, beziehungsweise seiner Abflüsse, entgegen. Daß hier eine noch recht junge Umkehrung des Gefälles vorliegt, ist außer Frage; hingegen ist es strittig, ob jene alten Thalzüge ehemalige Abflüsse eines Bodensees oder, wie im Folgenden dargethan werden soll, bloße Schmelzwasserrinnen der Eiszeit darstellen.

Die dritte hervorstechende Bodenform am Gestade des Bodensees ist das glaciale Hügelland, welches in typischer Ausbildung den südlichen und westlichen Teil der Bodanhalbinsel zwischen Überlinger- und Untersee, die Gegend zwischen Uhldingen und Salem, jene zwischen Meersburg, Markdorf und dem Schussenthale, sowie nördlich von Lindau zwischen Argen und Laiblach fast ganz einnimmt. Wir finden hier kleine linsenförmige Hügelchen aus Moränenmaterial in unregelmäßiger Weise nebeneinandergesetzt, und ihre Zwischenräume zumeist von Ried, Sumpf und kleinen Weihern eingenommen. Obwohl sich diese im Grundrisse elliptischen, seltener runden Hügel fast niemals zu längeren Reihen anordnen lassen, zeigt ihre Längsachse doch eine gemeinsame Richtung, nahezu Nordwest, und diese Richtung stimmt fast ganz überein mit jener der heutigen Seearme und der alten Gletscherarme, wie man sie nach den Endmoränen annehmen muß, sie stimmt auch überein mit den wenigen von uns beobachteten

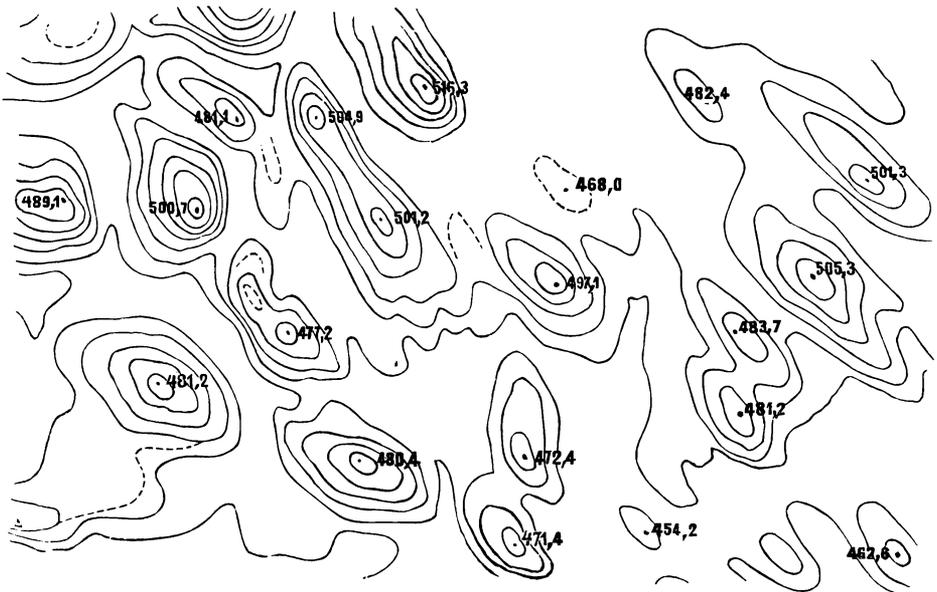


Fig. 1. Drumlins an dem Wege von Hegne nach Mainau.
Nach der badischen Karte in 1 : 25 000. Isohypsen von 10 zu 10 Meter.

Gletscherschrammen. Diese Hügel halten sich ferner genau an die Grenzen der tiefsten Bodensenken; die höheren Molasseberge, welche andere glaciale Ablagerungen auf ihrem Rücken tragen, sind von ihnen frei geblieben. Ja nach der Karte des von mir nicht eingehend untersuchten Gebietes nordöstlich von Markdorf scheint die vorspringende Erhebung des Göhrenberges oberhalb Markdorf sogar eine Ablenkung in ihrer Richtung zu bewirken, indem die Längsachse bei den östlich davon gelegenen Hügelchen mehr nordöstlich sich wendet. Alle diese Umstände berechtigen wohl zu dem Schlusse, daß wir es hier mit Bildungen unter dem Eise des Gletschers zu thun haben, die sich erhalten konnten, weil sie durch keinen späteren Gletschervorstoß und auch nicht mehr durch

Anschwemmungen der Gletscherströme ausgeebnet wurden,¹⁾ Bildungen, die auch noch nicht durch andauernde Erosion ihrer Eigentümlichkeit beraubt worden sind — die also den letzten Rückzugsstadien des Gletschers angehören, als er bereits an die tiefen (vermutlich von ihm selbst geschaffenen) Thalfurchen gebunden war und kaum mehr deren Ränder erreichte oder überstieg.

Diese Hügel erscheinen somit als nächste Verwandte der *lenticular hills* oder *drumlins* der irischen, schottischen und nordamerikanischen Geologen, die man ebenfalls als subglaciale Bildungen anspricht. Ja man wird sie geradezu als Drumlins bezeichnen dürfen, wenn man einige besondere Eigentümlichkeiten unseres Vorkommens dabei hervorhebt. Die vorstehende Charakteristik habe ich absichtlich genau in den Worten wiedergegeben, wie ich sie wesentlich auf Grund genauer Untersuchung der Bodanhalbinsel vor Lektüre von Davis' Schilderung der Drumlins²⁾ niedergeschrieben hatte. Man vergleiche jene mit dieser oder die entsprechenden Ausschnitte aus der Isohypsenkarte von Baden 1 : 25 000 (s. Fig. 1—3) mit Davis' Abbildungen Nr. 3 und 10³⁾, und es wird kaum ein Zweifel übrig bleiben, daß wir es mit der gleichen Erscheinung hier wie dort zu thun haben. Eigentümlich für das Bodenseegebiet ist einerseits, daß die Hügel zumeist sich enger aneinanderschmiegen, als dies in Amerika gewöhnlich der Fall ist — andererseits, daß sie kaum jemals jene langgestreckten Formen erreichen, die das irische Vorkommen nach Davis' Figur Nr. 1 auszeichnen.

Eine Anzahl von Probemessungen an der Isohypsenkarte ergab recht wechselnde absolute, aber überraschend gleichmäßige relative Dimensionen. Nach Davis schwankt die Länge der Drumlins zwischen $\frac{1}{8}$ und 2 miles (also etwa 200 bis 3200 m), ja übersteigt den letzteren Betrag gelegentlich. Am Bodensee finden wir Hügelchen von wenigen Metern Längserstreckung, in der Regel beträgt die letztere aber einige hundert Meter und überschreitet kaum jemals erheblich den Betrag von einem Kilometer. Das Verhältnis der beiden Achsen hält sich nach Davis zwischen den Grenzen 1 : 1 und 1 : 6; am Bodensee ist 1 : 1 $\frac{1}{2}$ bis 1 : 2 $\frac{1}{2}$ das vorherrschende Verhältnis. Häufig sind ganz runde Grundrisse, aber auch die schmalsten Hügel erreichen das Verhältnis 1 : 5 nicht. Diese mehr gestreckten Hügel und zugleich diejenigen von größerer absoluter Länge pflegen sich aus mehreren

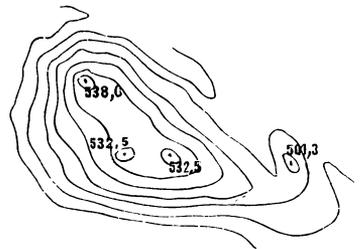


Fig. 2. Bei Göttingen.

¹⁾ Wie wir sehen werden, fehlen sie an der unteren Schussen und Argen, wo wir größere Wasseransammlungen der späteren Eiszeit annehmen müssen, und werden durch lacustrine und fluviatile Schotter ersetzt.

²⁾ Will. Morris Davis, The Distribution and Origin of Drumlins, Amer. Journal of Science XXVIII, No. 168, S. 407—416, Dec. 1884. Wright, The Ice Age in N. America, 1889, war mir zur Zeit der Niederschrift dieses Aufsatzes nicht zugänglich.

³⁾ Science IV, No. 91, 31. October 1884, S. 418 ff.

Hügelköpfen zusammzusetzen, die einen Teil ihrer Basis gemein haben, wie denn überhaupt des Öfteren zwei oder mehrere dieser Erhebungen ganz hart aneinander rücken. Die Höhe der Drumlins liegt nach Davis zwischen 20 und 250 Fufs oder nach seinem Aufsätze in der Science zwischen 50 und 2—300 Fufs, also im Extrem zwischen 6 und 90 Meter. Auch am Bodensee beträgt ihre Erhebung mitunter nur wenige Meter und erreicht blofs gelegentlich etwa 100 Meter, einen Betrag, hinter welchem sie zumeist weit zurückbleibt. Der Abfall zeigt ab und zu einen Unterschied zwischen einem steileren und einem sanfter abfallenden Ende; allein eine Regel, wonach die Steilseite vorn oder rückwärts im Sinne der Gletscherbewegung zu suchen wäre, wie dies bei gewissen Hügeln im Staate New York (Johnson bei Davis, S. 411) der Fall ist, läfst sich hier nicht aufstellen. In der überwältigenden Mehrzahl der Fälle kann man das Profil mit Davis' Worten als «gleichmäfsig gewölbt und symmetrisch» bezeichnen. Die Seitenabfälle sind von ungemeiner Gleichmäfsigkeit, sie besitzen in der Regel eine Neigung von fast genau 1 : 5 oder etwas mehr und bewegen sich fast ausschliesslich zwischen 1 : 4 und 1 : 6, also 13 bis 18°, was ebenfalls innerhalb der von Davis gegebenen Grenzen von 10 bis 20° liegt. Runde Hügel werden von den Isohypsen fast genau in gleichen Horizontalabständen umzogen; dasselbe ist zumeist der Fall mit den unteren Isohypsen der ovalen Hügel, so dafs also in der Regel die Endabfälle ebenso stark geneigt sind, wie die Seitenabfälle. Wenn dennoch das Gesamtgefälle in der Längsrichtung innerhalb der von Davis angegebenen niedrigeren Werte (3 bis 10°) sich hält, so ist dies zumeist nur Schuld der sanften Längsneigung in den oberen

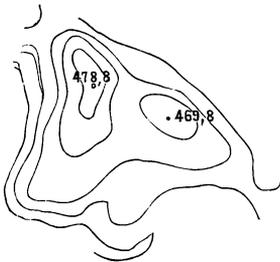


Fig. 3. Bei Radolfzell.

Teilen. Die Bodensee-Drumlins sehen also in ihrer Mehrzahl den Figuren 8 bis 10 bei Davis ähnlicher, als der Fig. 4 oder 5, obwohl auch die Formen der letzteren nicht selten sind. Halten sich somit diese Hügel in ihrer Form durchaus innerhalb der für die Drumlins geltend gemachten Grenzen, so entsprechen sie auch in ihrer Zusammensetzung der Beschaffenheit der letzteren. Es ist, wie erwähnt, Moränenmaterial, oft von lehmiger, aber auch von sandiger Beschaffenheit, mit unregelmäfsig vertheilten, gekritzten Geschieben hier aufgeschlossen, das nur selten und nur andeutungsweise eine unregelmäfsige Schichtung erkennen läfst; dafs der Kern einzelner Hügel aus der unterlagernden Molasse besteht, wird ebenfalls durch Aufschlüsse bezeugt. Diesem Untergrunde ist wohl auch der gröfsere Sandreichtum unserer Vorkommen zuzuschreiben.

Da ähnliche Bildungen im deutschen Alpenvorlande meines Wissens bisher noch nicht beschrieben wurden — Professor Penck erinnerte sich übrigens, in Bayern Ähnliches beobachtet zu haben — hielt ich die ausführliche Behandlung dieses Landschaftstypus für gestattet. Fassen wir das Ergebnis der allgemeinen Betrachtung zusammen, welcher wir die Oberflächenformen am

Bodensee ¹⁾ unterzogen haben, so läßt es sich dahin aussprechen, daß im letzten Stadium der Eiszeit die Bodeneinsenkung mindestens an Stelle der heutigen westlichen Seearme bereits bestand. Wir sehen sie zunächst noch von Eis erfüllt, welches sich allmählich zurückzog und eine Moräne hinter der anderen ablagerete. Beim weiteren Zurückgehen der Eiszungen sammelten sich zwischen ihnen und den letzten Endmoränen Schmelzwassermassen an, die zum Teil sich zu Seen aufstauten, zum Teil aber in der Moräne eine Bresche fanden oder herstellten. Das letztere war der Fall bei der Salemer Senke, die infolge ihrer höheren Lage weder, wie andere Gletscherbetten, heute einen Teil des Bodensees bildet, noch auch ihn früher jemals bildete. Das Thal bei Salem stellt eine nur sehr schwach seewärts geneigte Schotterfläche dar, die in der Gegend von Salem und Mimmehausen, wo ich sie durchquerte, durchaus horizontal geschichtete Ablagerungen, also solche des fließenden Wassers, aufweist. Weiter nach Süden hin, in der «Markdorfer Senke», geht die Oberflächenform wesentlich in die Hügellandschaft der Drumlins über. Der ursprüngliche, nordwärts gerichtete Gletscherabfluß und ebenso das später entgegengesetzt verlaufende Gefälle der Aach vermochte also den nördlichen Teil dieser Landschaft auszuebnen, nicht aber den höher gelegenen, südlichen. Dazu kommt, daß sich wahrscheinlich ein neuer Abfluß der Schmelzwasser nach dem Gletscher- oder Seearm von Überlingen darbot, den fluviatile Ablagerungen an der Strafe von Mimmehausen nach Uhlungen in 23 bis 38 m Erhebung ü. d. S. andeuten. Ein See scheint in der Salemer Senke nie bestanden zu haben. Ähnlich dürften die Verhältnisse an der Stockach sich entwickelt haben, wo westlich der Stadt Stockach sich ebenfalls Flußschotter innerhalb der Endmoräne finden.

In anderen Fällen entstand jedoch zwischen Endmoräne und Gletscher-

¹⁾ Hier kann nur von der geologischen Bedeutung der drei landschaftlichen Typen gesprochen werden. Ich möchte aber doch nicht unterlassen, in einer Fußnote ihre hohe Wichtigkeit für die Verkehrs- und Siedelungsgeschichte der Gegend hervorzuheben, die Schlatterer (Forschungen zur dtsh. Landes- und Volkskunde, V, Heft 7) nur gestreift hat, und die eine weitere Untersuchung verdiente. Im Allgemeinen sind die Höhen der Molasse und Nagelfluh reich an Burgen, Schlössern und Kapellen, während Dorf- und Stadtanlagen an ihrem Fufse fast nur auf Schuttkegeln und in Mündungsgebieten Raum finden. Die Endmoränenwälle erscheinen bald als Verkehrshindernisse, bald als natürlicher Straßendamm. Die eigentlichen Verkehrswege aber sind die bogenförmigen Trockenthäler, sofern sie miteinander in brauchbarer Verbindung stehen; ihnen folgen die Eisenbahnen. Die sumpfige Hügellandschaft ist menschlichen Ansiedlungen ungünstig, sie drängt dieselben teils an die Seegestade oder an den binnenländischen Fuß der Berge (z. B. im Innern der Bodanhalbinsel), teils in größere Senken oder Ebenen an den Flußläufen (Markdorf, Ravensburg, auch Tettnang, obwohl selbst am Bergrande gelegen) zurück. Wo geringere Besiedlung die Benutzung der gut besonnten Köpfe als Felder oder Weinberge noch hintanhält, tragen sie zumeist kleine runde oder ovale Waldparzellen, und der Gegensatz derselben zu den dazwischenliegenden grünen Ried- und Sumpfwiesen ist so charakteristisch, daß man nach einer Waldkarte, z. B. in einem Teile der Bodanhalbinsel, die Verteilung der linsenförmigen Hügeln ohne erheblichen Irrtum feststellen könnte. Anderwärts erinnern noch Flurnamen, wie Föhrenbühl, an das einstige Verwalten ähnlicher Verhältnisse. Ob die Richtung dieser Drumlins einen ähnlichen Einfluß auf die Orientierung von Wegen, Feldern, Gärten, Häusern, ja vielleicht ganzen Ortschaften nimmt, wie ihn Davis in Amerika feststellte (S. 410), wäre ebenfalls genauerer Untersuchung wert.

ende eine Ansammlung stehender Gewässer, die ich in Folgendem als «Schmelzwassersee» bezeichne, zum Unterschied von den Stauseen im engeren Sinne, welche aus dem seitwärts von einem Eiskörper zwischen diesem und seinem Uferlande aufgestauten Wassermassen hervorgehen. Wir müssen erwarten, die Spuren beider Arten von Eisseen im heutigen Bodenseegebiet zu finden, und zwar neben den Ablagerungen des entstehenden oder fertigen Bodensees selbst. Ein petrographischer Unterschied älterer und jüngerer Seeuferbildungen, der irgendwie durchgreifend wäre, ist aber nicht zu erwarten. In dem einen wie dem anderen Falle ist das Gesteinsmaterial überwiegend alpines und Molasse-Geröll; vereinzelte Gerölle aus dem schwäbischen Jura können ebensowohl dem Bodensee, wie einem alten Eissee durch seine Zuflüsse zugetragen worden sein. Da ferner in beiden Fällen die Gerölle zuerst der Bearbeitung durch den Gletscher, dann jener durch das Wasser ausgesetzt waren, ist auch das Vorkommen von gekritzten Geschieben nur im Fall einer ganz besonderen Häufigkeit maßgebend. Verwitterungsgrad und Verwitterungsdecke endlich sind in hohem Maße von örtlichen Einflüssen abhängig. Es wird sich also zunächst nur darum handeln können, überhaupt festzustellen, wo und unter welchen Begleiterscheinungen sich lacustrine Ablagerungen in unserem Seegebiete finden. Dann erst wird aus genauer Erwägung sich entscheiden lassen, welche davon dem fertigen Bodensee, und welche örtlichen Wasseransammlungen aus der Rückzugsperiode des Eises angehören, endlich in welchen Beziehungen etwa die letzteren zur Entstehung des Bodensees selbst stehen mögen.

Lacustrine Ablagerungen als solche zu erkennen, ist nach der Definition und Charakteristik der Seeuferbildungen von v. Richthofen und Gilbert

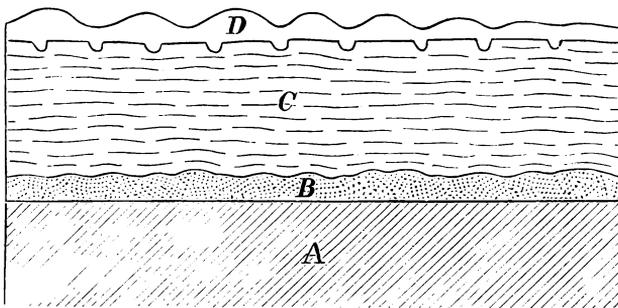


Fig. 4. Typus eines Deltas.

A: schräge gelagerte Schotter und Sande. B: discordant abschneidendes Band von horizontal gelagertem Sand oder feinem Kies. C: im Ganzen horizontal geschichtete Schotter und Sande. D: Verwitterungslehm und Humus.

ziemlich leicht. Flüsse lagern ihre Schotter ganz oder nahezu horizontal ab, am Ufer der Seen erfolgt dagegen die Ablagerung nach Art einer zumeist sanft geneigten Schutthalde. Der Wechsel von See- und Flussablagerungen, also schräge geschichtete Schotter und Sande, diskordant von horizontalen überlagert, stellt den Typus eines Deltas dar; da dasselbe in den

See vorgebaut ist, ist hier die Neigung der Schichten zumeist eine stärkere, und es zeigt sich ein «Auseinanderfallen» oder eine lockere Lagerung der Schichten. Unterhalb und seewärts des Deltas begegnet zuweilen ein

«Deltafufs» aus horizontal geschichtetem Sand oder sehr feinem Kies. Diese Erscheinung, die Penck 1892 am Ölrain bei Bregenz in typischer Ausprägung fand, rührt daher, dafs der Fluß leichtere Sinkstoffe weiter mit sich zu führen vermag, als die schwereren Schotter. Sie muß genau im Auge behalten werden, da bei ungünstiger Lage der Aufschlüsse ihr zufolge leicht die irrige Vorstellung einer durchaus horizontalen Schichtfolge gewonnen werden könnte, wenn zufällig nur der oberste horizontale Teil eines Deltas und daneben sein Sandfufs aufgeschlossen sind. Wir finden am Bodensee auch mitunter gröbere Kiese oder Schotter in horizontaler Lagerung innerhalb, d. h. unterhalb und seewärts eines Kranzes von Uferbildungen. Auf diese läßt sich die Erklärung als Deltafufs nicht anwenden, sie müssen vielmehr entweder jüngeren oder älteren Ursprunges sein, als die benachbarten lacustrinen Ablagerungen.

Um die lacustrinen Ablagerungen in solche des Bodensees und solche von örtlichem Ursprunge sondern zu können, mit anderen Worten, um eine Grenze beider in Gestalt eines Maximalwasserstandes des Bodensees festzulegen, bieten sich zwei Wege. Einerseits läßt sich eine solche theoretisch aus der Erörterung der Abflufsverhältnisse und der Abflufsmöglichkeiten gewinnen, andererseits vermag die Beobachtung festzustellen, bis zu welcher Höhenlage hinauf sich zusammenhängende Uferlinien rund um den See verfolgen lassen. Beides wurde in einer verdienstlichen Arbeit von Otto Ammon im 13. Bande der «Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung» versucht. Der Verfasser derselben hielt sich jedoch ausschließlichs an die Erscheinungen der Oberfläche, an Bodenstufen, Terrassen, Randabfälle u. s. w., ohne durch geognostische Untersuchung dieselben auch als See-Uferterrassen nachzuweisen. Ammon gelangte so zur Annahme eines ehemaligen Bodenseewasserstandes in der Maximalhöhe von 35 m über dem heutigen Wasserspiegel, während Penck, der in seiner Studie über den Rheingletscher zuerst den Gesichtspunkt der geologischen Zusammensetzung geltend machte, Seeuferbildungen bis zu einer Höhe von rund 30 m ü. d. S. an drei Stellen, nämlich in Bregenz, an der Goldach bei Horn nächst Arbon und bei Radolfzell feststellte.

Die annähernde Übereinstimmung dieser Resultate entspricht nun auch den Ergebnissen meiner Begehung der Bodenseeufer. Eine Höhenlinie in 30 m ü. d. S. bezeichnet ungefähr die oberste Grenze der häufigen und auf längere Strecken hin zusammenhängenden Seeuferbildungen, während oberhalb derselben lacustrine Ablagerungen in sehr wechselnder Höhe und nur vereinzelt auftreten.

Bei der folgenden Schilderung zunächst der zusammenhängenden Uferzone, dann der einzelnen höheren Vorkommen kann ich mich mit Rücksicht auf die beigegebene Karte und den Eingangs erwähnten Aufsatz hier etwas kürzer fassen.

Ein Gürtel lacustriner Uferbildungen, die bis zum Spiegel des

heutigen Sees hinabgehen, umgiebt den gesamten Bodensee; soweit nicht dessen Ufer unmittelbar von steilen Molassewänden gebildet werden, finden sich diese Ablagerungen überall aufgeschlossen. Die häufigsten Oberflächenhöhen dieser Vorkommen entsprechen den Isohypsen von 18 und 23 m ü. d. S. (415 und 420 m der badischen Karten)¹⁾; ihre höchste Erhebung erreichen sie ungefähr mit 30 m ü. d. S. Diese Ablagerungen werden nirgends von einer Moräne überlagert; hingegen finden wir sie gelegentlich an die Moränen angelagert oder die letzteren von ihnen umschlossen oder umgelagert. Sie sind daher nach dem letzten Rückzuge des Eises von den betreffenden Örtlichkeiten entstanden.

In Bregenz selbst ist das seiner Zeit von Penck genannte Delta verwachsen; hingegen fand er 1892 ein solches am dortigen Ölrain, das in seiner Beschaffenheit noch auf eine große Nähe des Gletschers hinweist, dessen Abfluß es angehört, und wenig südlich von Bregenz in einem ganz frischen Aufschlusse bei Kennelbach ein zweites Delta, dessen Gerölle jenen der Bregenzer Aach entsprechen. Die ungefähre Höhe beider wurde mit rund 30 m ü. d. S. bestimmt. Bei Lindau am Fusse des Hoyerberges und westwärts davon bis Nonnenbach und Hemighofen traf ich zahlreiche Aufschlüsse mit Seeuferbildungen, deren Erhebung 26 m ü. d. S. erreicht. In dem breiten Thale der Argen und Schussen fehlen hingegen solche Ablagerungen, ebenso wie im Laiblachthal. Wir finden hier neben sandigen und lehmigen ungeschichteten Ablagerungen, namentlich an der Argen stark ausgeprägte, gegen den See hin schwach geneigte Schotterterrassen, die einem mächtigen, in den See mündenden Flusse entstammen. Diese Terrassen, die an der Argen eine ununterbrochene Reihenfolge vom heutigen Flußbette aufwärts bis etwa 15 m ü. d. S. darstellen, scheinen unter ihren horizontal gelagerten Schottern die etwa früher vorhandenen Seeuferbildungen zerstört und begraben zu haben. Westlich von der Ebene der Schussen und Argen begegnet man wieder bei Friedrichshafen Seeuferbildungen in geringer Höhe (18 m ü. d. S.), weiter westlich in gleicher Höhenlage damit aber Sand und Kies in wahrscheinlich horizontaler Lagerung. Das Hügelland N und NW von Friedrichshafen ist zum Theil so niedrig gelegen, daß man dort Spuren von Uferablagerungen vermuten darf; leider konnte gerade dieses Gebiet nicht mehr in den Rahmen meiner Untersuchung einbezogen werden. Östlich von Immenstaad treten in einer Terrasse von 18 m ü. d. S. typische schräge geschichtete Schotter an die

¹⁾ S. die Tabelle in meinem Aufsatz in den Schriften des Bodensee-Vereins und die dort gegebenen Häufigkeitszahlen. Eine Statistik kann hier allerdings nur ein ungefähres Bild geben, da in Gebieten mit vielen Aufschlüssen die Grenze zwischen selbständigen und zusammengehörigen Vorkommen schwer zu ziehen ist. Ich gebe daher neben der dortigen Liste hier eine andere, die auf den Zeichnungen im beifolgenden Kärtchen beruht. Die Maximalhöhen von Gruben und Grubenkomplexen, die auf demselben erscheinen, geben für schräge (oder wahrscheinlich schräge) Schotter und Deltabildungen folgende Häufigkeitsziffern: 15 m ü. d. S. 3 mal, 16 m 1 mal, 18 m 6 mal, 19 und 20 m je 2 mal, 21 m 2 mal, 22 m 1 mal, 23 m 7 mal, 24 m 3 mal, 26 m 2 mal, 28 und 29 m je 1 mal, «rund 30 m» 4 mal. Nimmt man statt der Komplexe sämtliche einzelnen beobachteten Aufschlüsse, so erscheinen die Höhen um 18 und 23 m noch häufiger.

Straße nach Kluftern heran, und dieselben finden sich in mehreren Gruben in und um Immenstaad aufgeschlossen. Die meisten Aufschlüsse gehören einer Terrasse in der erwähnten Höhe an, ein Delta bei Hersberg erreicht aber die Oberflächenhöhe von 28 m ü. d. S. Am Überlinger See mit seinen Molasse-Ufern zeigen sich Seeuferbildungen unter 30 m Höhe nur selten, so zwischen Nufsdorf und Überlingen in 20, zwischen Espasingen und Wahlwies in 24 m ü. d. S. — und weniger deutlich bei Nufsdorf in 29 m ü. d. S., wo sich höhergelegene Ablagerungen verwandter Art unmittelbar anschließen. Der Mangel jedweder Spur eines Stockach-Deltas zeigt, daß dieser Fluß erst seit kurzer Zeit in den Überlinger See münden kann. Um so reichlicher treten Seeuferbildungen an der südöstlichen Spitze der Bodanhalbinsel auf. Der Kranz von lacustrinen Ablagerungen, der hier am Rande des Lorettowaldes aufgeschlossen ist und seine Fortsetzung in einer fast ununterbrochenen Reihe von Terrassen und Uferbildungen des Untersees findet, reicht bis etwa 6 m ü. d. Seespiegel hinab. Er beweist uns in Verbindung mit den gegenüberliegenden Seeuferbildungen von Bottighofen auf der Schweizer Seite in 16 m Höhe ü. d. S., daß bei einem Wasserstande von 15 bis 21 m über dem heutigen See die Verbindung zwischen Ober- und Untersee ein Seearm und kein Flußlauf war, ein Zustand, der übrigens — wie eine einfache, an jede Isohypsenkarte zu knüpfende Betrachtung zeigt — auch noch bei viel niedrigerem Wasserstande fortbestehen mußte.

Am Nordufer des Untersees erheben sich die lacustrinen Bildungen bis 23 m ü. d. S., dieselbe Oberflächenhöhe ergab sich für das von Penck schon 1886 namhaft gemachte Delta bei Radolfzell, und auf der Insel Reichenau wird der aus Moräne bestehende Kern der Insel von Seeschottern eingeschlossen, die ein Aufschluß in 18 m ü. d. S. bloßlegt. Den Typus einer Uferzone, in welcher die Mündungen einstiger Flußrinnen deutlich nachweisbar sind, zeigen aber die schrägen Schotter von Böhringen, Überlingen a. R. und Bohlingen in 15 bis 24 m Oberflächenhöhe, deren Verbindungsbogen das einstige Ende des Überlingersees während des Wasserstandes von 23 m ü. d. S. darstellt. Dieselben sind an einer Stelle bis zu 8 m ü. d. S. hinab aufgeschlossen. Hier finden sich jedoch auch innerhalb des Uferbogens ein paar Aufschlüsse mit horizontalgelagertem Kies und Sand, deren Schotter zu grobkörnig ist, um die Deutung als Deltafuß zuzulassen. Der völlige Mangel gekritzter Geschiebe bei diesen niedrig (8 bis 18 m) gelegenen Ablagerungen läßt es sehr zweifelhaft erscheinen, ob sie fluvioglacialen Ursprungs sind. Andererseits zeigt ein Profil bei Böhringen (Fig. 5), nicht weit von einem zweifellosen Delta ähnliche horizontale Schichten von schrägen Schottern überlagert, deren lockere Lagerung die Annahme einer Deltabildung ebenso nahe legt, wie die heutige Oberflächengestaltung. Die Grenze beider Ablagerungen in 20 m ü. d. S. bildet ein sehr deutliches, horizontal gelagertes Sandband, das nach oben hin Ausläufer entsendet. Da das häufige Vorkommen von Geröllen aus dem schwäbischen Jura in dem horizontalen Kiese zeigt, daß der be-

treffende Wasserlauf nicht von dem Gletscher oder See herkam, sondern demselben zufloß, bleibt kaum eine andere Annahme über, als daß in diesem typischen

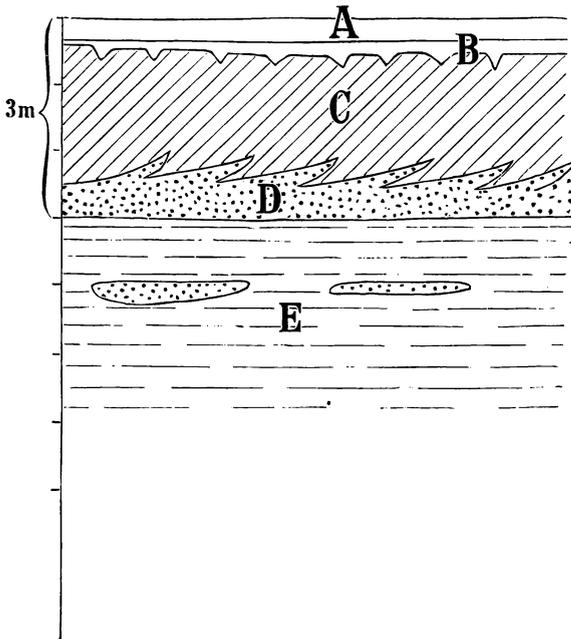


Fig. 5. Profil am Föhrenbühl bei Böhringen. Oberfläche 23 m ü. d. S.

A: 0,3 m Bodenkrume. B: 0,1 bis 0,3 m Verwitterungslehm. C: schräge geschichtete Schotter, D: Sand. E: horizontal geschichteter Kies mit Sand.

identisch ist mit einem von mir in 25 m Höhe angetroffenen nicht sehr deutlichen, aber noch ziemlich frischen Aufschlusse in der Uferterrasse dieses Flüschens, dessen unten horizontale, oben sehr unregelmäßige Schichtung und dessen Reichtum an unregelmäßig verteilten größeren und eckigen Stücken die Auffassung — wenigstens des oberen Teils — als Moräne nahelegt, obwohl ich keine gekritzten Geschiebe fand.

Finden sich so unterhalb 30 m Höhe ü. d. S. Strandbildungen rings um den Bodensee, so erscheinen sie in größerer Höhe nur an gewissen begrenzten Örtlichkeiten: am Tettlinger Forst, zu beiden Seiten des Überlinger Sees und in dem Hügeltgewirre der westlichen Bodanhalbinsel. Am Tettlinger Forst springen zwei Terrassen in etwa 45 und 65 m Höhe ü. d. S., deren nördlichster Teil zu einem Steilabfalle verschmilzt, als Konkavbogen gegen den See und das Tettlinger Moos hin vor. Sie schließen lacustrine Bildungen in erheblicher Mächtigkeit auf. Im Innern der Bodanhalbinsel zeigen sich Seeuferbildungen an der Einsenkung des Mindelsees bis 33 m ü. d. S., an jener des heutzutage fast ganz vermoorten Sees von Kaltbrunn an verschiedenen Stellen bis 32, 41 und 53 m ü. d. S. aufgeschlossen. Zu beiden Seiten des

Mündungsgebiet die Lage der Flußarme und die Gestalt des Deltas häufigem Wechsel unterworfen war. In demselben Sinne sprechen verschiedene Altwasser und Kolke.

An der Halbinsel des Schiener Berges, sowie am schweizerischen Südufer des Bodensees treten Seeuferbildungen nur gelegentlich auf; bloß wo die Abfälle der Molasse weiter vom Ufer zurücktraten und wo Bäche einmündeten, war Raum zur Ablagerung lacustriner Sedimente geboten, die sich westlich von Romanshorn bis gegen 25 m ü. d. S. erheben. Sehr zweifelhaft bleibt, ob das von Penck erwähnte Vorkommen an der Goldach in rund 30 m ü. d. S.

Überlinger Sees an Stellen, wo die Steilufer der Molasse zurücktreten und quartären Ablagerungen Raum lassen, finden sich bei Nufsdorf in 29 m (s. oben) und 33 m, im Breitenhardt und Egelsee bei Ober-Uhldingen in 33, 37 und 42 m, bei Wallhausen in 35 m Maximalhöhe schräge geschichtete Schotter und Sande aufgeschlossen, zu welchen die später zu erwähnenden Uferbildungen bei Stahringen in 43 m Höhe ü. d. S. hinzukommen. Es erscheinen hier überall lokale Uferlinien von sehr wechselnder Höhe, die meist nur begrenzte Ausbuchtungen auf einer Seite des Sees umschließen. Jene auf der Bodanhalbinsel entsprechen überdies noch heute bestehenden und teilweise von Wasser eingenommenen Einsenkungen, die selbst bei einer erheblichen Anschwellung des Bodensees mit ihm nur durch schmale flussartige Wasserarme verbunden wären.

Trotzdem mag man es vorziehen, sich auch diese örtlich begrenzten Vorkommen als Reste einstiger, den gesamten See umschließender Uferlinien vorzustellen, die eben nur infolge ihres höheren Alters der Erosion stärker ausgesetzt waren, als die gut erhaltenen niedrigen Uferlinien. Allerdings sieht es nicht aus, als ob die Wirksamkeit der Erosion und Denudation in der unmittelbaren Umgebung des Sees seit dem letzten Zurückweichen des Eises eine sehr erhebliche gewesen wäre. Wir sehen die heutigen dem See zugewendeten Flußläufe der Stockach und Singener (Radolfzeller) Aach nur wenig eingeschnitten, wir sehen die linsenförmigen Hügel in ihrer Form und Größe nur wenig verändert, zumeist lediglich von einer sehr dünnen Verwitterungsschicht bedeckt. Wir sehen die Deltalandschaft von Überlingen a. R. mit ihren Altwässern, Mulden und Kolken so trefflich erhalten, als wäre sie erst in allerjüngster Zeit vom Wasser verlassen worden. Wir sehen endlich noch 23 m ü. d. S. die Uferlinien und Terrassen so gut erhalten, wir sehen die höheren Tettninger Terrassen so scharf ausgeprägt, daß es schwer wird, anzunehmen, benachbarte etwas ältere oder selbst gleich alte Uferlinien hätten eine vollständige Abtragung und Zerstörung erfahren.

Indes sind diese Gründe nicht durchschlagend. Wichtigere gewinnen wir, sobald wir die einzelnen Vorkommen getrennt ins Auge fassen. Der Tettninger Schotterterrasse von 45 m ü. d. S. entsprechen jenseits der Argen N. von Betznau Deltabildungen in gleicher Höhe, welche jedoch von einer Moräne überlagert werden. Dadurch wird es wahrscheinlich, daß auch diese untere Tettninger Terrasse, und ebenso die ältere und höhere oberhalb derselben, einer Zeit vor dem endgültigen Zurückweichen des Eises aus dieser Gegend entstammt. Wahrscheinlich stellte damals die heutige «Argen- und Schussenbucht» einen Stausee in der Flanke des Gletschers dar, und das Eis bildete das Gegenufer jener Küsten. Im Bereiche des Kaltbrunner Sees lassen sich Anzeichen, allerdings von geringer Sicherheit, finden, die dafür sprechen, daß seine Verbindung mit dem Untersee durch einen kleinen Flußlauf hergestellt wurde. Das Entscheidende aber sind die Verhältnisse, welche sich am Überlinger See nachweisen lassen.

Wir erkennen hier, daß es eine Zeit gab, in welcher in verschiedenen

Teilen des heutigen Bodensees auch verschiedene Wasserstände herrschten. Bei einem Stande von etwa 43 bis 46 m ü. d. S., der also den höchsten Spuren lacustriner Ablagerungen an diesem Teile des Bodensees entspricht, würden ihm die heutigen Oberflächenverhältnisse einen Abfluß zwischen dem Bodanrücken und der Homburg hindurch nach Süden hin gestatten. Da die Wasserscheide hier eine typische Thalwasserscheide ist, die im Laufe der Zeiten durch Auffüllung von den Thalgehängen her erhöht wurde, mag sogar in früherer Zeit ihre Höhe ü. d. S. eine etwas geringere gewesen sein. Sie lag auch nicht ganz genau an ihrer heutigen Stelle, da wir noch etwas südlicher bei Stahringen über dem Tertiär lacustrine Ablagerungen von 43 m Oberflächenhöhe finden. Unmittelbar an dieser Stelle beginnt nun ein heutzutage von einem ganz unbedeutenden Wässerchen durchzogenes breites Thal, das Sauried, das durch die Form seiner Windungen sich als ehemaliger Flußlauf erweist und überdies an mehreren Stellen zwischen 33 und 48 m ü. d. S. horizontal gelagerte Schotter aufschließt. Dieses Thal mündet nun aber in das Deltagebiet am Untersee bei Böhlingen und Überlingen a. R., wo sich seine Ufer bis zu den erwähnten Deltabildungen in 23 m Höhe ü. d. S. verfolgen lassen.¹⁾

Bei einem Wasserstande von etwa 45 m ü. d. S. besaß also der Überlinger See einen Abfluß in einen rund 20 m tiefer gelegenen Untersee. Dies konnte nur der Fall sein, wenn an der Stelle im Osten, wo heutzutage eine Verbindung zwischen beiden Seearmen durch den Obersee und Rhein besteht, diese entweder gänzlich fehlte oder durch einen Fluß von dem riesigen Gefälle von 20 m hergestellt wurde. Das letztere wird nun höchst unwahrscheinlich gemacht durch die Beobachtungen, die erweisen, daß bei einem Wasserstande von 22 m und darunter an jener Stelle thatsächlich ein breiter See-arm bestand — und ebenso belehrt uns eine einfache Erwägung, daß die gewaltigen Dimensionen, welche einem solchen Flusse bei diesem oder gar einem noch 20 m höheren Wasserstande zukämen, eine rasche Ausgleichung des Niveaus herbeiführen hätten müssen. Wir müssen also annehmen, daß eine Verbindung an Stelle des heutigen Constanzer Rheins gänzlich fehlte. Wodurch konnte aber die heute spurlos verschwundene Absperrung an jener Stelle eher

¹⁾ Nach unserer Karte sieht es aus, als ob von Stahringen eine Verbindung etwa in demselben Niveau mit der dortigen Wasserscheide längs der Eisenbahn nach Radolfzell dem Seeabflusse zu Gebote gestanden hätte. Dies ist aber nicht der Fall, die Bahn ist vielmehr gezwungen, ihren Weg durch einen Tunnel zu nehmen. Gegen die Annahme, daß das Sauried nicht der Abfluß des Überlinger Sees sei, sondern lediglich kleineren Wasserläufen angehöre, die ihm von Westen und in minimalem Betrage auch von Osten her zukamen, spricht seine Tiefe und Breite. Es wurde von einem mächtigen Strome erodirt, und zwar vermutlich schon von dem Abflusse des Überlinger Gletschers, worauf fluvio-glaciale Schotter beim Bodmänner Friedhof hinweisen. Daß endlich der Überlinger See einen anderen Abfluß durch eine der heutigen Stockach entsprechende Bresche in der Endmoräne von Wahlwies nicht besaß, zeigt das häufige Vorkommen von schwäbischen Jurageröllen in den Schottern außerhalb jener Moräne. Wir haben also an dieser den See begrenzenden Moräne weder Zuflüsse (s. oben), noch Abflüsse des Sees anzunehmen; vielleicht eher Zuflüsse zum «Sauried».

bewirkt werden, als durch das Eis, das in einem Teile des Bodenseebeckens noch lag?

War eine solche Eisabsperrung bei Constanz vorhanden, so entsteht die weitere Frage, ob eine Verbindung zwischen Überlinger und Obersee (im engeren Wortsinne) bestand, ob also das Eis einen gemeinsamen großen Obersee vom Untersee trennte oder ob auch der Überlinger See selbständig war. Im ersteren Falle müßten wir entweder einen isolirten Eisklumpen annehmen, der die Gegend von Constanz und die südöstliche Bodanhalbinsel bedeckte, oder einen schmalen Eisstreifen, der den südlichen Teil des Ober- und östlichen Überlingersees einnahm, im Norden aber eine Verbindung offen liefs. Beide Annahmen sind nicht blofs unwahrscheinlich, sondern auch ungenügend zur Erklärung einer längeren Andauer des vorgeführten Zustandes. Dagegen erklärt sich derselbe einfach und zufriedenstellend, wenn wir annehmen, dafs das Eis damals noch den ganzen Obersee einnahm und in die beiden Arme Überlinger- und Untersee noch eine Strecke weit hineinreichte. In diesen beiden Becken mußten sich vor der Eiskante Schmelzwasserseen ansammeln, von welchen der nördliche, im Überlinger Seebecken, durch mächtige Moränenwälle am Abfliefsen gehindert, höher anschwoh als der südliche im Unterseebecken. Dieser letztere stellt somit die niedrigste Wasseransammlung dieser Art dar, deren Niveau für den späteren gemeinsamen Bodensee maßgebend werden mußte, sobald durch das Zurückweichen des Eises die freie Verbindung hergestellt war.

Die Uferbildungen am Überlinger See in etwa 45 m Höhe ü. d. S. gehören also einer kleineren Wasseransammlung zwischen Eis und Moräne an, sie liegen über dem Maximalwasserstande eines gemeinsamen Bodensees — und somit liegen auch alle anderwärts vorgefundenen Uferlinien in 45 m und größeren Höhen ebenfalls oberhalb dieses Maximalwertes. Andererseits sind die höchst gelegenen Uferbildungen, die wir am Untersee antrafen, in 24 m ü. d. S. zu finden. Zwischen diesen beiden Grenzen muß also der Maximalwasserstand eines Bodensees erwartet werden und zwar in größerer Nähe des unteren Grenzwertes. Hier setzen unsere Beobachtungen ein, nach welchen die Dreifsigmeterlinie die oberste Grenze einer Zone häufiger Strandablagerungen am gesamten Bodensee bildet. Diese Zahl, die natürlich nur einen Annäherungswert darstellt, wird als solcher auch durch die schon von Ammon verfolgten Terrassenbildungen bestätigt, und wir dürfen das Niveau von rund 30 m ü. d. S. somit als Maximalniveau eines einheitlichen Bodensees bezeichnen.

Zu demselben Schlusse führt uns aber auch auf mehr theoretischem Wege eine Betrachtung der Abflufsmöglichkeiten. Der Untersee konnte sich überhaupt kaum bis 30 m ü. d. S. oder etwas darüber erheben, ohne an zwei Stellen überzufliessen, und zwar einerseits an der Wasserscheide zwischen Aach und Biber, andererseits an der Stelle seines heutigen Abflusses bei Stein a. Rh.

Die erstgenannte Wasserscheide liegt heutzutage in 23 m ü. d. S. und ist un-
gemein flach. Doch ist diese Wasserscheide offenbar erst nach der Umkehrung
der Aach gegen den See zu entstanden. Die Stelle, wo ein etwaiger Ausfluss
des Sees die Moräne durchbrechen mußte, ist vielmehr weiter östlich zu suchen
und wird durch das Engerrücken der Isohypsen auf der badischen Karte ganz
deutlich bezeichnet. Durch die Erosion der Aach ist ihre ehemalige Höhenlage
verschleiert, sie kann sich jedoch nicht beträchtlich über die Höhe der heutigen
Wasserscheide erhoben haben. Die Karte zeigt an dieser Stelle, die einer ge-
naueren Untersuchung noch zu unterziehen wäre, eine sehr deutliche Flusufer-
terrasse beiderseits des Aachthales in rund 23 bis 25 m H. ü. d. S., von der dann
das Land nach Norden hin nur sehr flach ansteigt. Wenn auch der Bestand
eines Abflusses an dieser Stelle aus den Beobachtungen nicht unmittelbar hervor-
geht, machen ihn doch die Niveauverhältnisse bei dem angegebenen Wasserstande
sehr wahrscheinlich.

An der heutigen Abflusrinne des Untersees treffen wir lacustrine Ab-
lagerungen nur wenig östlich von Eschenz, also fast genau an der gegenwärtigen
Grenze zwischen See und Fluß. Ja diese Deltabildungen, die bis
15 m ü. d. S. aufgeschlossen sind — (ein höherer Aufschluß ist leider verstürzt)
— fallen in den Bereich desselben Schuttkegels, der gegenwärtig die von Honsell
so genannte «Enge von Stiegen» bildet. Horizontale Schotterablage-
rungen beginnen dagegen unmittelbar westlich von dieser Örtlichkeit und sind
dort in Höhen von etwa 48 m ü. d. S. bis nahe an den Fluß herab aufgeschlossen:
Seeuferbildungen fehlen hingegen hier völlig. Die horizontalen Schotter und Sande
zeigen jedoch ihrerseits Verschiedenheiten: Die Vorkommen bei Kaltenbach in
48 m und am «Rain» bei Eschenz in 35 m Höhe ü. d. S. zeigen sich so
stark von der unmittelbaren Nähe eines Gletschers beeinflusst, daß man sie nur
als «geschichtete Schottermoräne» ansehen kann. Östlich von Kaltenbach in 28 m
Höhe ü. d. S. und in einem wenig deutlichen Aufschlusse in der Bünt bei Eschenz
in rund 30 m Höhe ü. d. S. finden sich gekritzte Geschiebe nicht selten, während
im Schotter und Sande bei Wagenhausen (12 m ü. d. S.) keine solchen gefunden
wurden. Im Übrigen stellen die drei letztgenannten Vorkommen durchaus regel-
mäÙig gelagerte Flußschotter dar, in denen ja gekritzte Geschiebe sich auch
anderwärts erhalten haben.

Die scharfe Grenze zwischen Fluß und See ist überraschend deutlich;
auffällig ist aber vielleicht der Umstand, daß der Fluß schon so nahe seinem Aus-
tritte aus dem See Schotter abgelagert haben soll. Doch ist hier zu erwägen,
daß die Grenze bei Eschenz uns bloß die weiteste Grenze des Sees bezeichnet,
über die er nie erheblich nach Westen gereicht haben kann. Wir sehen sie that-
sächlich erreicht, als der See 15 m über seinem heutigen Niveau stand und sein
Abfluß rund 2 km abwärts bei Wagenhausen eine Terrasse in 12 m Höhe ü. d. S.
bildete. Vorher mag der Fluß bei höherem Wasserstande, der ihn stark ver-

breiterte, weiter hinauf gereicht haben, wie sich ja auch heute die Strömung schon innerhalb des Untersees allmählich entwickelt. Der ganze südliche Arm des Untersees scheint ursprünglich eine Abflusssrinne — und unsere Beobachtungen zeigen, daß er als solche schon von den Schmelzwässern des Unterseegletschers benutzt wurde. Damit ist auch gesagt, daß das Steiner Rheinthal schon gebildet war, als noch Eis im Untersee lag.

Es liegt nun nahe, anzunehmen, daß der Gletscherabfluß hier allmählich in den Abfluß des Schmelzwassersees und endlich in jenen des eisfreien Untersees übergegangen sei, indem er, dem Sinken des Wassers folgend, sich immer tiefer einschneidet. Jener Übergang von glacialen und fluvioglacialen Ablagerungen in rein fluviale, tüchtig gewaschene Schotter und Sande, der sich in der Richtung von den Rändern nach dem Thalweg zu, also beim Herabsteigen zu vollziehen scheint, stimmt gut zu dieser Annahme. Ich habe in meinem früher erwähnten Aufsätze von dieser Voraussetzung aus den fortdauernden Bestand jenes Abflusses von der Eiszeit her vertreten.

Wird durch diese Erwägungen wahrscheinlich, daß bei einem Wasserstande von rund 30 m ü. d. S. der Untersee sich an einer oder an zwei Stellen zugleich einen Abfluß schaffen konnte, beziehungsweise überfließt, so wird uns verständlich, warum thatsächlich die vorgefundenen Uferbildungen sich so genau an diese theoretische Maximalgrenze halten. Auch der Obersee mußte ja, sobald eine Verbindung mit dem Untersee bestand, sich gleich dem Überlinger See mit jenem in dasselbe Niveau einstellen. Es können daher jene höher gelegenen Ablagerungen, die wir an einzelnen Stellen, z. B. bei Tettngang, antrafen, nicht dem einheitlichen Bodensee als solchem angehören, sondern müssen in der vorhin versuchten Weise als örtliche Vorkommen aufgefaßt werden, die selbständigen kleineren Seen zugehören.

Die vorgeführten Ergebnisse widerstreiten der verbreiteten Annahme, daß der Bodensee nacheinander über die folgenden Wasserscheiden abgeflossen sei:

bei Amriswil nach dem Thurthale	heutzutage	57 m	ü. d. S.
durch den Überlinger See über die Wasser-			
scheidung zwischen Stockach und Aach	-	64 m	-
am Untersee durch die Aach zur Biber	-	23 m	-

endlich durch das Rheinthal. Man dachte sich also verschiedene Rückzugsstadien eines Sees, der nach dem Verluste seines Abflusses an einer anderen Stelle eine Bresche gräbt und sich durch dieselbe so lange entleert, bis er auch unter ihr Niveau herabgesunken ist. Ist es nun schon auffällig, daß der sinkende See mit seinen schwindenden Kräften immer neue günstige Angriffspunkte fand, so zeigt uns unsere Beobachtung, daß gerade die Bresche bei Stein schon von den Gletscherabflüssen benutzt wurde. Es fehlen uns ferner die Beweise dafür, daß

der fertige Bodensee jemals einen so hohen Wasserstand erreichte, um über jene höheren Wasserscheiden überzufließen, selbst wenn wir annehmen, daß keine derselben seit jener Zeit durch Denudation wesentlich erniedrigt wurde. Es fehlen uns auch alle Spuren eines Abflusses durch den Überlinger See und das Stockachthal bei Wahlwies, wo Juragerölle häufig in den Schottern vorkommen. Der Abfluß des Überlinger Sees durch das Sauried mündet in den Untersee zurück. Nur bei Amriswil fand ich ausgedehnte, stark verwitterte Flußablagerungen, allein ihre Höhenlage (etwa 45 bis 55 m ü. d. S.) und der Umstand, daß sich dem Bodensee durch den Untersee bequemere Abflußwege boten, berechtigen uns, auch hier lieber den Abfluß von Wassern während der Eiszeit anzunehmen, die sich vermutlich an der Südflanke des noch mächtigen Gletschers in ähnlicher Weise ansammelten, wie jener Stausee an seiner Nordflanke, den uns die Terrassen des Tettninger Forstes bezeugen.

Welche Bedeutung in der Geschichte der letzten Eiszeit jenen angeblichen alten Abflüssen des Bodensees zukommt und in welcher Weise die Thalbildung in der Endmoränen- und Abflußzone sich gestaltet und entwickelt hat, sind Probleme, die über mein Arbeitsgebiet hinausgreifen. Wir haben hierüber Ausführlicheres von Penck zu erwarten, der dieses Gebiet besonders bereist hat. Ich möchte hier zum Schlusse noch einmal die Ansicht zusammenfassen, die ich mir auf Grund der besprochenen Beobachtungen über den Hergang bei der Wasserausfüllung des Bodenseebeckens gebildet habe. Untersuchungen der Lokalforscher werden sie hoffentlich in Kurzem ergänzen.

Zunächst wurde der Obersee und die fächerförmig von ihm ausgehenden Vertiefungen noch von dem schwindenden Gletscher eingenommen, der am Ende jener Mulden Endmoränenwälle ablagerte. Indem er sich nun allmählich in diesen Rinnen zurückzog, entstanden in einigen derselben Wasseransammlungen zwischen Moräne und Eisrand, welche ein verschiedenes Niveau besaßen, und deren höhere in die tiefer gelegenen entwässert werden konnten. So floß ein Überlinger See von etwa 45 bis 50 m H. ü. d. S., der selbst vielleicht eine Zeitlang einen Zufluß von der Salemer Senke her aufnahm, in einen tiefer gelegenen Untersee ab. Dieser letztere aber war infolge der Terrainverhältnisse an einen Maximalwasserstand von rund 30 m ü. d. S. gebunden und der niedrigste aller jener Schmelzwasserseen. Mit dem Augenblicke, in welchem sich das Eis aus dem heutigen Überlinger- und Untersee völlig zurückgezogen hatte, entstand eine Verbindung durch einen breiten Seearm, und es stellte sich nach einer ganz kurzen und gewaltsamen Anschwellung des Untersees ein gemeinsamer Wasserstand her. Die Abflußrinne vom Überlinger See in den Untersee, die von da ab auf ihre spärlichen seitlichen Zuflüsse angewiesen war, konnte sich nur wenig mehr einschneiden und mußte in kurzer Zeit einschrumpfen und aufhören. Der gemeinsame Spiegel beider Seearme erreichte nunmehr den durch den Untersee bedingten Höchststand von rund 30 m, und dieser behauptete

sich auch während der weiteren Abschmelzung des Eises im Obersee: er kam noch dem einheitlichen Bodensee zu, wie die Ablagerungen an dessen östlichem Ende erweisen. Von langer Dauer scheint dieses Maximum allerdings nicht gewesen zu sein, da alsbald infolge der Erosion des Abflusses die Tieferlegung des Seespiegels begann. Die besondere Häufigkeit der Uferbildungen in 18 und 23 m ü. d. S., welchen Höhen auch manche deutliche Terrasse entspricht, läßt auf zwei längere Ruhepausen schließen, während deren der See den gleichen Wasserstand festhielt. Ob diesem Sinken hernach, wie einige Pfahlbauforscher annehmen, in historischer Zeit ein Steigen folgte, muß dahingestellt bleiben.

Durch die Vereinigung des Untersees mit dem Überlinger- und Obersee wurde der aus glacialen Zeiten her bestehende Abfluß des ersteren zum Abflusse des gesamten Bodensees. Solange wir von einem Bodensee im strengen Wortsinne sprechen können, erfolgt sein Abfluß durch den Untersee, und zwar schon seit lange durch das heutige Steiner Rheinthal. In diesem haben sich, wie Honsell erwiesen hat, in historischer Zeit nur ganz geringe Veränderungen zugetragen. Wir dürfen nunmehr hinzufügen, daß spätestens bei einem Wasserstande von 15 m über dem heutigen bereits die Enge von Stiegen bei Eschenz mit der Grenze zwischen Fluß und See zusammenfiel.

Wien, im Dezember 1892.

Bemerkungen zu der Kartenskizze.

Eine genaue Darstellung der besprochenen Verhältnisse wäre bei den gegenseitigen Abweichungen der verschiedenen Spezialkarten des Bodensees zur Zeit der Niederschrift dieser Zeilen noch eine mühevoll Arbeit, während sie nach Erscheinen der beabsichtigten Bodenseekarte mit einheitlichen Isohypsen leicht fertig zu stellen sein wird. Aus diesem Grunde habe ich meinem Aufsätze in den Schriften des Bodenseevereins keine Karte beigegeben und mich hier mit einer ungefähren Skizze begnügt. Dieselbe beruht auf der Karte von Schlatterer im 7. Hefte des V. Bandes der «Forschungen zur Deutschen Landes- und Volkskunde», aus welcher manches für meinen Zweck Unwichtige ausgeschieden und zu der Anderes hinzugefügt wurde; die Originalskizze ist von 1 : 250 000 auf 1 : 500 000 reduziert worden. Eingezeichnet wurden: der Verlauf der Isohypse von 30 m. ü. d. S.; ferner soweit der Maafsstab es erlaubte, die einzelnen Fundorte lacustriner Ablagerungen unter Beifügung der Oberflächenhöhe (bei Grubencomplexen nur ihres Maximums) in Metern über dem See; die Lage der wichtigsten Endmoränen, Wasserläufe und Wasserscheiden; endlich die ungefähre Ausdehnung der Molasseberge und des kleinhügeligen Landes in der Nachbarschaft des Sees.
