

Morphometrie des Bodensees.

Von

Albrecht Penck
in Wien.

Mit einer Tafel.

Separatabdruck aus dem Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft
in München. 1894.

München 1894.

Druck der Akademischen Buchdruckerei von F. Straub.

Morphometrie des Bodensees.

Von Albrecht Penck in Wien.

Mit einer Tafel.

1. Ermittlung der Grundwerte.

Die fünf Uferstaaten des Bodensees haben 1886 eine Kommission zur Herstellung einer Karte des Bodensees eingesetzt,¹⁾ welche auf Grund neuer Triangulationen den Umriss des grössten deutschen Sees festlegen und zahlreiche Lotungen in demselben ausführen liess. Als Ergebnis dieser Arbeiten liegt nunmehr die „Tiefenkarte des Bodensees, Photographische Reduktion der Schweizerischen und Badi-schen Originalaufnahmen, bearbeitet durch das eidg. topographische Bureau 1893“²⁾ vor, welche ein äusserst genaues Bild über die gesamte Konfiguration der Seewanne liefert.

Auf Grund dieser Karte wurde im Auftrage des k. k. Ministeriums für Kultus und Unterricht im geographischen Institute der Wiener Universität eine Kubierung des Bodensees ausgeführt, deren Ergebnisse auf der Karte selbst verzeichnet worden sind. Im Anschlusse an jene Kubierung wurden

1) Vergl. Eberhard Graf Zeppelin, Ueber die Erforschung des Bodensees. Verhdlgn. d. IX. Deutschen Geographentages. 1891. S. 198. — Bodenseeforschungen. Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees. XXII. 1893.

2) Eine Reproduktion dieser Karte ist dem Vortrage von Eberhard Graf Zeppelin „Ueber die neue Bodenseekarte und die Gestaltung (Relief) des Bodensee-Grundes“ (Verh. d. X. Deutschen Geographentages 1893 S. 79) beigelegt, ebenso den erwähnten Bodenseeforschungen.

seither einige weitere Untersuchungen vorgenommen, deren Zweck im wesentlichen darin besteht, an einem Beispiele die Verwertbarkeit einer Reihe von morphometrischen Formeln zu prüfen, welche im zweiten Kapitel der demnächst erscheinenden „Morphologie der Erdoberfläche“ (Bd. I S. 33, Stuttgart, Engelhorn) zusammengestellt worden sind. Für derartige Untersuchungen bietet nicht bloss die Karte eine ausgezeichnete Grundlage, sondern auch der Bodensee einen besonders geeigneten Vorwurf, denn in seiner gewöhnlichen Umgrenzung zerfällt er in zwei von einander getrennte Seen, den grossen Obersee mit 395 m Spiegelhöhe und den 0,3 m tiefer gelegenen durch ein 4 km langes Stück Rheinlauf mit jenem verbundenen Untersee, sodass es sich um die morphometrische Untersuchung eines Formenkomplexes handelt, welcher durch das Zusammentreten zweier Formen hervorgeht.

Die erwähnten Formeln setzen Ausmessung von Linien und Flächen auf der Karte, speciell der Isobathen und Iso bathenflächen voraus. Dieselbe wurde mit grösstmöglicher Genauigkeit durch den Diener des geographischen Institutes der Wiener Universität, Franz Stadl, besorgt, welcher auch bei der Ausführung zahlreicher Rechnungen behilflich war. Die Karte bietet für die Ermittlung der letztgenannten Grössen die erforderliche zuverlässige Grundlage; die auf ihr verzeichneten Ufer- und Tiefenlinien wurden ausgezirkelt, sowie zur Kontrolle mittels eines Kurvenrädchens abgefahren, die Tiefenstufen mittels eines Amslerschen Polarplanimeters gemessen. Aus den erhaltenen Zahlen wurden die wirklichen Längen und Flächen unter Berücksichtigung des wahren Massstabes der Karte hergeleitet.

Die Karte ist im Verhältnis von 1 : 50 000 gezeichnet, aber wie keine andere gedruckte Karte besitzt sie genau den Massstab ihres Originales. Die Kontraktion des Papiere während des Druckes und nach demselben bewirkt eine Reihe von Verzerrungen, denen immer Rechnung getragen werden muss. Um letzteres zu ermöglichen, sind auf der vorliegenden Karte im Abstände von 5 zu 5 km rechtwinklig sich kreuz-

zende Linien gezogen, aus deren Entfernung sich jeweils der Linearmassstab herleiten lässt, während sich der Massstab der Flächen aus der Grösse der umschlossenen Quadrate ergibt. Dabei stellte sich heraus, dass der wahre Kartenmassstab von Quadrat zu Quadrat sich ändert; es wurde daher das Areal der Seefläche in der Weise gewonnen, dass der Anteil derselben an jedem einzelnen Quadrate von 25 qkm Flächeninhalt bestimmt wurde. Die Areale der einzelnen Tiefenstufen mussten hingegen direkt aus den selbstverständlich wiederholt gemessenen Flächen unter Berücksichtigung eines mittleren Massstabes hergeleitet werden; die Addition aller dieser einzelnen Tiefenstufen ergab eine andere Seefläche als direkt gefunden, die entstandene Differenz wurde zwischen den einzelnen Tiefenstufen proportional aufgeteilt. So ergab für den Spiegel des Bodensees die Summe der Areale der einzelnen Höhenstufen 474,98 qkm, als Summe der Anteile der eingezeichneten Quadraten ergaben sich 475,49 qkm, welcher Wert nahezu genau mit dem Mittel aus dem obigen und dem durch eine Kontrollmessung erhaltenen (476,19 qkm) übereinstimmt und daher als sehr verlässlich gelten kann.

Dies Verfahren war notwendig, da die Einheit des Polarplanimeters, welche noch messbar ist, eine Fläche von etwa 10 qmm hat, also beim Massstabe der Karte einem Areale von 0,025 qkm entspricht, weswegen die Zehntel der Quadratkilometer noch vollkommen verlässlich gemessen und die Hundertstel, also die Hektare, noch annähernd angegeben werden können. Dagegen genügte für Reduktion der Länge der Tiefenlinien die Anwendung des mittleren Massstabes der Karte; denn es stellte sich heraus, dass diese Linien nicht bis auf den Millimeter genau, die Längen von 50 m entsprechen, gemessen, also nur bis auf die Zehntel der Kilometer genau mitgeteilt werden können.

Tabelle I enthält die also erhaltenen Ergebnisse der Messung und zwar getrennt für den Bodensee, den Obersee und Untersee. Es werden jedoch anstatt der Areale der Tiefenstufen jene der Flächen gleicher Tiefen mitgeteilt,

welche durch Summation der Areale aller tiefer gelegenen Stufen gefunden wurden. Diese Tabellen berichtigen zugleich den auf der Tiefenkarte mitgeteilten Wert für das von der 2 m Tiefenkurve umschlossene Areal des Untersees, für welches dort irrigerweise das Areal der Stufe von 0—40 m eingesetzt ist. Wie allgemein üblich, beziehen sich die Areale nicht streng genommen auf die wirklichen Flächeninhalte der betreffenden Flächen, sondern auf die ihrer Projektionen auf das Meeresniveau, welche letztere wegen der Kugelgestalt der Erde etwas kleiner sind. Es erschien nun wünschenswert, zu untersuchen, wie weit das Messungsergebniss geändert werden würde, wenn es sich auf die wirklichen Flächen bezöge.

2. Reduktion der Grundwerte wegen der Erhebung.

Nach einer elementar begründbaren Formel (Morphologie I S. 52 [12]) ist eine in einer bestimmten Meereshöhe gelegene Fläche um sovielmanmal grösser als das Areal ihrer im Meeresniveau gelegenen Projektion, wie der Quotient aus ihrer doppelten Meereshöhe und der Länge des Erdradius beträgt. Da für metrisches Mass der reziproke Wert des Erdradius sich auf 0,000000157 beläuft, so kann es sich im vorliegenden Falle, wo Meereshöhen von 140—400 m in Betracht kommen, nur um minimale Grössen handeln. Dieselben sind gleichfalls in Tabelle I berechnet worden. Man sieht, dass das Areal des Bodensees bei Mittelwasser in Wirklichkeit um 0,12⁰/₁₀₀, also um 0,06 qkm grösser ist, als nach der konventionellen Art der Arealsangaben der Fall ist. Da nun die hier mitgeteilten Flächeninhalte nur annähernd auf die Hundertstel der Quadratkilometer genau sind, so fällt die an ihnen behufs Erlangung der wahren Flächeninhalte anzubringende Korrektur in die Grenzen der Fehlermöglichkeit. Auch alle Strecken, welche höher liegen als der Meeresspiegel, sind in Wirklichkeit länger als ihre Projektion auf jenen, welche gewöhnlich gemessen wird. Die eintretende Längenvergrösserung ist prozentuell halb so gross, als die aus gleicher

Ursache bewirkte Flächenvergrößerung (Morphologie I S. 60 [19]), also für den Umfang des Bodensees 0,6 ‰, bez. 0,02 km, demnach weit geringer als der mögliche Fehler.

3. Böschung und Areal des Seebodens.

Tabelle II enthält die Areale der einzelnen Tiefenstufen des Sees. Man sieht zwar sofort, dass dieselben von oben nach unten kleiner werden, jedoch geschieht dies nicht in regelmässiger Weise. So ist z. B. die Stufe von 10—20 m kleiner als die von 20—30 m; die von 240—250 m grösser als die beiden vorhergehenden. Der Seeboden ist nicht gleichmässig abgeböschet. Dies erhellt mit noch grösserer Deutlichkeit aus den Böschungsverhältnissen der einzelnen Stufen, welche nach der von Finsterwalder zuerst angegebenen Formel (Morphologie I S. 48 [9]) aus dem Produkte von Höhe der Stufe mit dem arithmetischen Mittel der Grenzhypsens, dividiert durch das Areal der Stufe, berechnet worden sind. Man ersieht aus der 2. Columne in Tabelle II, wie der Bodensee zunächst von seinen Ufern aus sehr allmählich bis zu 10 m Tiefe abfällt, dann stellt sich eine steilere Böschung ein, die um 70 ‰ (4°) schwankend bis 100 m Tiefe reicht. Hier entwickelt sich eine Verflachung, die bis 150 m Tiefe reicht. Mit 150 m Tiefe beginnt abermals ein steiler Abfall der Seeböschung, der bis 180 m Tiefe flacher wird und hier von einem neuen steileren Abfall abgelöst wird, der sich abermals verflacht, bis dann endlich in 220 m Tiefe eine letzte Gefällsknickung eintritt. So hat man es denn von 150 m Tiefe an, bis zu welcher sich der Ueberlinger See heraberstreckt, mit einem dreifach abgestuften Abfalle des Seegrundes zu thun. Dabei sind die Böschungen durchweg geringer als oben, sie schwanken um 45 ‰, entsprechend einem Gefällswinkel von $2\frac{1}{2}^{\circ}$. Die mittlere Böschung, wie sie sich direkt aus dem Produkte: Länge aller Isohypsen, vermindert um die halbe Länge des höchst gelegenen, multipliziert mit ihrer Aequidistanz, dividiert durch die Seefläche (Morphologie I S. 48 [10]),

ergibt, ist 52 ‰ und einem Böschungswinkel von 3° entsprechend. Der Obersee allein genommen ist etwas steiler abgebösch (54 ‰) als der Gesamtsee, der Untersee merklich weniger (32 ‰). Die beigegefügte, nach dem Vorschlage von Finsterwalder entworfene hypsoklinographische Kurve (vgl. Morphologie I S. 49) ermöglicht einen Einblick in die Böschungsverhältnisse des Seebodens vom Gesamtsee, Ober- und Untersee. Ihre Neigung gibt die an jeder Stelle herrschende Böschung wieder, die Verbindungslinie der höchsten und tiefsten Punkte der Kurve die mittlere Böschung.

Die Bodenfläche des Sees ist selbstverständlich grösser als seine Spiegelfläche. Die eben hergeleiteten Werte für dessen Böschungsverhältnisse ermöglichen die in Betracht kommenden Grössen zu berechnen. Sei G die Spiegelfläche, O die Bodenfläche eines Sees, α der mittlere Böschungswinkel derselben, so ist $O = G \sec \alpha = G \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}$. $\operatorname{tg} \alpha$ ist aber die Böschung B , welche beim Bodensee durchweg sehr kleine Werte besitzt. Die Auflösung obiger Wurzel ergibt daher annähernd

$$O = G \left(1 + \frac{B^2}{2} \right)$$

und es ist für den Bodensee die Bodenfläche um das halbe Quadrat der Böschung mal grösser als die Spiegelfläche der betreffenden Stufe, was allgemein für Formen mit sanften Böschungen gilt. (Vergl. Morphologie I S. 56, [15 b.])

Tabelle II lässt erkennen, dass die Bodenfläche der einzelnen Höhenstufen stets nur um wenige Tausendstel, also um einige Hektare grösser als die Spiegelfläche derselben ist. Dieselben summieren sich beim gesamten Bodensee zu 0,82 qkm, welcher Wert befriedigend mit dem durch Messung der Länge der hypsoklinographischen Kurve erhaltenen übereinstimmt. Nach derselben ergibt sich für die Bodenfläche des Bodensees 539,5 qkm. Für den Obersee allein ergibt die Rechnung gleichfalls 0,82 qkm Arealzunahme der Bodenfläche, beim Untersee nur 0,03 qkm. Darnach ist die Bodenflächenentwicklung, d. h. das Verhältnis der Bodenfläche

zur Oberfläche, welches zugleich die Sekante des mittleren Neigungswinkels ist (Morphologie I S. 52), für den Bodensee und seine beiden Hauptteile: 1,00155 für den Gesamtsee, 1,00173 für den Obersee, 1,00052 für den Untersee, während sich direkt aus der mittleren Böschung als entsprechende Werte ergeben 1,00135, 1,00144, 1,00051. Dieselben sind durchweg kleiner als die durch Summation der einzelnen Stücke der Bodenfläche gefundenen, wie nicht anders zu erwarten; denn die Entwicklung der Bodenfläche ist die Sekante zum Mittel aller Neigungswinkel des Bodens, die mittlere Böschung dagegen die mittlere Tangente aller jener Winkel. Auffällig ist nur, dass bei einem so sanft abgeböschten Gebiete, wie der Wanne des Bodensees, die Abweichungen bereits so beträchtlich sind, dass die so leicht berechenbare mittlere Böschung nicht mehr zur genauen Berechnung der wahren Bodenfläche beizuziehen ist. Auch sonst mahnen einige Eigentümlichkeiten der für die Arealzunahme der Bodenfläche berechneten Werte zu grosser Vorsicht bei der Herleitung der Oberflächenentwicklung aus der mittleren Böschung einer Stufe. So ist z. B. der Zuwachs der Bodenfläche beim Obersee grösser als beim Gesamtsee, die Kombination der Böschungen von Ober- und Untersee beseitigt die hohen Werte für den Obersee, und damit auch die beträchtliche Zunahme der Bodenfläche gegenüber der Spiegelfläche.

Die mittleren Böschungen ergeben sich aus den Längen der Grenzishypsen und den Arealen der Stufen, wobei beide Grössen mit den Werten in Rechnung gestellt sind, die sie im Meeresniveau haben. In Wirklichkeit sind aber beide, wie schon erwähnt, bei positiven Meereshöhen grösser und zwar beide um verschiedene Beträge. Bringt man die entsprechenden Korrekturen an, so ergeben sich auch für die mittleren Böschungen andere und zwar etwas kleinere Werte. Allein die Unterschiede machen sich erst in den dritten Dezimalen der Promille geltend, die nicht mehr verlässlich berechnet werden können. Sie dürfen also ausser Betracht bleiben.

4. Das Volumen des Bodensees.

Tabelle III enthält die Ergebnisse der Berechnung des Seevolumens und zwar aus praktischen Gründen nach Tiefenschichten von 10 zu 10 m, so dass man aus ihr die mittlere Temperatur der gesamten Wassermasse sowie den über einer beliebigen Tiefe befindlichen Wasservorrat berechnen kann.

Die Kubierung einer Form der Erdoberfläche kann auf verschiedenem Wege geschehen. Man kann sich eine jede Tiefenschicht als einen Kegelstumpf denken und dessen Volumen aus seinen beiden Grenzflächen und seiner Höhe herleiten (Morphologie I S. 77 [37]); so sind die in Col. I enthaltenen Werte erhalten. Man kann aber auch das Volumen des Stumpfes aus seinen beiden Grenzflächen und deren Grenzlänge sowie seiner Höhe (Morphologie I S. 79 [39e]) bestimmen, wie in Col. II geschehen. Das letztere Verfahren ist praktisch noch nicht verwertet worden. Es läuft darauf hinaus, dass man sich die Schicht in einen zwischen beiden Grenzflächen gelegenen Zylinder und einen denselben umgebenden Ring zerlegt denkt. Das Volumen des Zylinders ist gleich dem Produkte aus der kleineren Grenzfläche und der Höhe der Schicht; das Volumen des Ringes ist gleich dem Produkte aus der Differenz der Areale beider Grenzflächen und seiner mittleren Höhe. Letztere ist wie die einer jeden von zwei Isohypsen begrenzten schräg ansteigenden Fläche gleich dem Produkte aus der Höhe der Schicht, multipliziert mit der Summe der doppelten oberen und einfachen unteren Grenzishypse, dividiert durch die dreifache Summe beider Grenzishypsen. Dies ergibt sich aus der (Morphologie I S. 40) mitgeteilten Formel [3] und gilt auch speziell für die Ringe von Kegelstümpfen. Die in Col. III der Tabelle III enthaltenen Werte sind auf dem häufig eingeschlagenen Wege gewonnen, dass das Volumen einer Schicht gleich dem Produkte aus dem arithmetischen Mittel ihrer Grenzflächen und ihrer Höhe gesetzt wurde. (Vergl. Morphologie I S. 78 [39b].)

Legt man die Vorstellung von Kegelstumpfen der Berechnung zu Grunde, so denkt man sich die Form, deren Volumen berechnet werden soll, zwischen je zwei Isohypsen gleichmässig ansteigend, schreibt ihr also längs der letzteren Kanten zu; ebenso verhält es sich bei dem zuletzt angegebenen Verfahren, bei welchem man sich allerdings die Bodenfläche einer Hohlform nach abwärts, die Oberfläche einer erhabenen Form zwischen zwei Isohypsen nach aufwärts gebogen denkt, wobei zwei Nachbarflächen an den Isohypsen in einer Kante zusammenstossen.

Nun sind aber die Isohypsen lediglich zufällige Durchschnitte durch eine Form, und es ist keineswegs wahrscheinlich, dass ihnen Kanten entsprechen. Man erhält dementsprechend unter Befolgung der angegebenen Wege nicht unbedingt das wahre Volumen einer Form. Vom rein geometrischen Gesichtspunkte empfiehlt sich daher die Anwendung eines Kubierungsverfahrens, welches ebensowohl für ebenflächig wie krummflächig begrenzte Körper gilt. Ein solches ermöglicht die Simpson'sche Kubierungsformel (Morphologie I S. 75 [35]), welche seit einem Jahrhunderte für die Berechnung der Volumen von Hohlformen im Gebrauch ist. (Vergl. Morphologie I S. 81.) Allerdings hat dieselbe den Nachteil, dass sie stets nur das Volumen je zweier aufeinanderfolgender gleich hoher Schichten zu berechnen gestattet. Es konnten daher in Col. IV der Tabelle III nur die Volumen zweier angrenzender Schichten eingestellt werden.

Tabelle III zeigt in den ersten drei Columnen eine ziemlich befriedigende Uebereinstimmung der mitgeteilten Werte, dieselben differieren im allgemeinen um 1—2 Millionen cbm von einander, nur in der Tiefenschicht von 240—250 m ergeben sich grössere Unterschiede. Diese Schicht gehört zu den tiefsten des Sees, in sie fällt ein grosser Teil des teils ebenen, teils sanft nach unten gewölbten Seegrundes; sie ist nicht vergleichbar mit einem Kegelstumpfe, sondern eher mit einem Paraboloidstumpfe; es ist daher begreiflich, dass ihre Volumbestimmung als Kegelstumpf wesentlich andere

Werte liefert als das in diesem Falle anwendbare Verfahren der Kubierung durch Mittelbildung. Die auf diesem Wege erhaltenen Werte (Col. III) sind durchschnittlich die grössten, die unter Zuhilfenahme der Isohypserlängen berechneten (Col. II) die kleinsten. Nur das Volumen der Schicht zwischen 0—10 m Tiefe ist in Col. II beträchtlich grösser, nämlich um 0,153 cbkm, als die Summe der in Col. I und III für die Schichten von 0—2 m und 2—10 m Tiefe berechneten Volumen, und dank diesem einzigen Falle erscheint das Gesamtvolumen des Sees in Col. II grösser als in Col. I und III. Diese Differenz führt sich darauf zurück, dass in Col. I und III die Areale der 2 m Tiefenfläche mit in Rechnung gezogen wurden, was in Col. II unterbleiben musste, weil der Umfang dieser Fläche nicht ausgemessen wurde. Durch Mitberücksichtigung einer einzigen zwischen zwei 10 m Isohypsen gelegenen, allerdings für die Gestaltung der Seewanne sehr wichtigen Tiefenlinie ändert sich das Gesamtergebnis über das Bodenseevolumen sofort um 0,3 % seines Wertes! Es erhellt hieraus, dass speziell für die Kubierung von Seen die Linien geringer Wassertiefe von besonderer Bedeutung sind, und es empfiehlt sich daher, dieselben, wie im vorliegenden Falle geschehen, die Isobathen zu verzeichnen, bis zu welchen sich die geringen Seetiefen nämlich erstrecken, welche für die Uferzone der Wyssse charakteristisch sind.

Recht namhafte Unterschiede treten zwischen den einzelnen nach der Simpson'schen Kubierungsformel (Col. IV) und den anders berechneten Volumen entgegen. Man sieht da Differenzen, die sich bis über 10 Millionen cbm in einer Schicht belaufen, in einem Falle, wiederum in den untersten Schichten von 230—250 m Tiefe sogar 22 Millionen cbm, 6 % des Schichtvolumens, ausmachen. Es geht hieraus hervor, dass die subtilsten Rechenmethoden, so lange sie nicht dem zu bestimmenden Volumen angepasst sind, keineswegs sichere Werte gewähren. Die Volumina der einzelnen Tiefenschichten des Bodensees, welche

rechnerisch bis auf die Hunderttausende der Kubikmeter verlässlich sind, sind es faktisch kaum in den Zehnern der Millionen. Allein die Abweichungen für die einzelnen Schichten kompensieren sich bei den verschiedenen Berechnungen zum guten Teile, sobald man eine Anzahl von ihnen ins Auge fasst. Nach den vier verschiedenen Verfahren gestaltet sich das von ihnen allen gleichmässig berechnete zwischen 10 und 250 m Tiefe gelegene Volumen des Sees wie folgt:

Col. IV	Simpson'sche Formel	43718,4	Millionen	cbm
Col. III	Mittelbildung	43712,8	"	"
Col. I	Kegelstümpfe	43684,2	"	"
Col. II	Umfangsberücksichtigung	43669,5	"	"

Es ergibt sich sohin eine
Differenz von höchstens 48,9 Millionen cbm,

d. i. 1 ‰ des Seevolumens.

Beim Vergleiche der für den Bodensee und für seine einzelnen Teile gefundenen Werte fällt auf, dass die in Col. I und II für den Ober- und Untersee enthaltenen Werte zusammengenommen nicht die für den Bodensee mitgetheilten, sondern stets kleinere ergeben. Dies ist im Rechnungsverfahren begründet. Es sind Volumina zweier Kegelstümpfe stets kleiner als dasjenige eines einzigen mit gleich grossen Endflächen. Auf ähnliche Ursachen führt sich zurück, warum auch das auf dem Wege der Mittelbildung gewonnene Volumen der Schicht von 40—50 m Tiefe für den Bodensee grösser als die Volumen dieser Schicht im Ober- und Untersee sind, denn letzterer senkt sich nur auf 46 m Tiefe herab; zwei Schichten von 10 und 6 m Höhe liefern aber ein anderes Volumen als eine von 10 m mit gleich grossen Grenzflächen. Es ist aus diesen Beispielen zu entnehmen, dass die Volumenberechnung von mehrgipfligen erhabenen oder mehrteiligen hohlen Formen für jede Abteilung getrennt erfolgen muss; erst durch Addition der gefundenen Einzelwerte ergibt sich das richtige Volumen.

Im Einklange mit diesen Thatsachen steht, dass auch die Beträge, um welche die Bodenfläche beider Seeteile in

den einzelnen Stufen grösser sind als die Spiegelflächen, zusammengenommen nicht den für den Bodensee direkt bestimmten liefern. Es erhellt aus diesen Beispielen, dass behufs morphometrischer Untersuchung ein Gebirge in seine einzelnen durch Pässe getrennten Erhebungen zerlegt werden muss, für welche mittlere Böschung und Kubikinhalte gesondert zu bestimmen sind.

Es kann nach dem oben Gesagten keinem Zweifel unterliegen, dass von den verschiedenen Berechnungsverfahren des Volumens einer Form das mit Hilfe der Simpson'schen Formel die besten Ergebnisse liefert, denn diese Formel gilt sowohl für Formen mit geraden wie mit gekrümmten Böschungen. Dies zeigt sich auch im vorliegenden Falle. In jenen benachbarten Tiefenstufen, welche sich durch gleiche Böschungen auszeichnen, wie z. B. zwischen 60 und 80 m, zwischen 110 und 130 m, zwischen 150 und 170 m, zwischen 200 und 220 m stimmen die mit Hilfe der Simpson'schen Formel erhaltenen Volumina fast vollständig mit den entsprechenden der Col. II überein. In jenen Stufen hingegen, wo eine Verflachung des Seebodens erfolgt, dieser also nach unten gewölbt ist, findet Uebereinstimmung mit dem durch Mittelbildung erhaltenen Werte statt, so z. B. in den Schichten zwischen 80 und 100 m, zwischen 110 und 140 m, zwischen 150 und 170 m, zwischen 180 und 200 m, jedoch ist diese Uebereinstimmung nie eine absolute.

Wenn nun eine vollständige Uebereinstimmung einiger nach der Simpson'schen Formel berechneten Volumen mit den anderweitig gefundenen stattfindet, so ist möglich, aus den nach obiger Formel erhaltenen Volumen je zweier Schichten die der einzelnen Schichten durch Differenzenbildung herzuleiten. So sind die in Col. V Tabelle III enthaltenen Werte gewonnen; dieselben können als wahrscheinlichste gelten. Bei ihrer Herleitung ergaben sich für die Volumina mancher Schichten Differenzen, je nachdem dieselben mit Hilfe dieser oder jener anderweitig gefundenen Volumina ermittelt wurden. Diese Differenzen wurden auf dem Wege

der Ausgleichung beseitigt, und überdies wurden entsprechend den vorangehenden Auseinandersetzungen die Volumina des Bodensees nicht direkt, sondern durch Addition der für den Unter- und Obersee gefundenen bestimmt; zugleich wurde berücksichtigt, dass der Untersee kein einheitliches Becken darstellt, sondern sich an 3 von einander getrennten Stellen auf über 20 m herabsenkt. Die Volumen der Tiefen von 0—2 m und 2—10 m, welche durch die Simpson'sche Formel nicht ermittelbar sind, erheischten eine besondere Behandlung; für die von 0—2 m wurden die anderweitig gefundenen Werte eingesetzt, für die von 2—10 m ein geringerer, da sich der Boden dieser Stufe entschieden aufwärts wölbt. Nach einer graphischen Ausmittlung wurde die Höhe ihres Ringes zu 3 m veranschlagt. Die unterste Tiefenschicht endlich wurde entsprechend ihrer Gestalt als ein Paraboloidabschnitt kubiert und ihr Volumen gleich dem Produkte aus ihrem Areal und ihrer halben Höhe gesetzt.

Das also erhaltene Ergebnis stimmt für das Gesamtvolumen des Sees fast genau mit der Berechnung desselben als einer Folge von Kegelstumpfen überein. Dies ist rein zufällig; denn die Volumina der einzelnen Stufen entsprechen den durch die Simpson'sche Formel gewonnenen der Doppelstufen, welche insgesamt grösser sind, als die Summe der kubierten Kegelstumpfe, und nur in Folge der eingesetzten kleineren Volumziffer für die Tiefenstufe von 8—10 m nähert sich das Endergebnis dem aus den Kegelstumpfen berechneten. Es geht hieraus abermals hervor, wie wichtig gerade die Stufen der kleinen Wassertiefen für das Seevolumen sind.

Eine Bestätigung des angenommenen wahrscheinlichsten Wertes wird durch die Ausmessung der beiliegenden hypso-graphischen Kurven (vergl. Morphologie I S. 43) des Sees wonnen. Diese Kurven sind konstruiert nach den Flächeninhalten der einzelnen Tiefenschichten als Abscissen und deren Grenzhöhen als Ordinaten. Sie ermöglichen daher sofort zu entnehmen, wie gross das Areal ist, welches über oder unter einer beliebigen Tiefe liegt, und gestatten eine graphische

Kubierung des Seevolumens; letzteres ist proportional ihrem Flächeninhalte. Dieses sehr bequeme Verfahren, welches namentlich dann, wenn es sich um verschieden hohe Höhenstufen handelt, sehr verwertbar ist, lässt allerdings keine sehr genaue Ausmittlung der Volumina zu, weil eine Flächeneinheit der Kurvenfläche gewöhnlich ein grosses Volumen darstellt. So sind denn auch die erzielten Ergebnisse im vorliegenden Falle streng genommen nur bis zu den Hunderten der Millionen Kubikmeter verlässlich, aber die Abweichung von dem als wahrscheinlich bezeichneten Ergebnisse beläuft sich nur auf 16 Millionen cbm; es wurde als Volumen des Bodensees 48416 Millionen cbm erhalten.

Für die Stufen von 50 zu 50 m ergibt die Summation der wahrscheinlichsten Werte folgende Volumen:

	Volumen in Millionen Kubikmetern					
	0—50	50—100	100—150	150—200	200—250	250—252
	m	m	m	m	m	m
Obersee	19 199	13 822	8 854	4 264	1 457	4
Untersee	832					
Bodensee	20 031	13 822	8 854	4 264	1 457	4

Diese Zahlen weichen für den Obersee um kleine Beträge von den auf der Tiefenkarte mitgeteilten ab, welche anderweitig gewonnen wurden: Es wurde nämlich für die gleichmässig abgeöschten Tiefenschichten die Volumina angenommen, welche sich aus deren Berechnung als Kegelstumpfe hervorgehen, während für die Tiefenschichten mit nach unten gewölbter Bodenfläche die auf dem Wege der Mittelbildung erhaltenen Werte eingesetzt wurden. Die Wölbung des Seegrundes nach oben in der Schicht von 8—10 m Tiefe, welche für das Gesamtvolumen so ausschlaggebend ist, wurde noch nicht berücksichtigt. Die grössere Differenz zwischen den obigen und den auf der Tiefenkarte mitgeteilten Zahlen für den Untersee erklärt sich aus der bereits erwähnten irrigen Angabe des Areals der 2 m Tiefenfläche.

Wegen der Kugelgestalt der Erde sind gleich den Isohypsenarealen auch die Volumina der Höhenschichten bei

Formen mit positiven Meereshöhen grösser, als sich aus den auf das Meeresniveau bezogenen Arealen ihrer Grenzflächen ergibt. Man sollte daher eigentlich bei Volumberechnungen von dem wahren, in Bezug auf die Erdebene korrigierten Isohypsenflächen ausgehen. In Tabelle I ist mitgeteilt, um wie viel dieselben grösser sind, als ihre Projektionen, die dort verzeichneten Relativzahlen beziehen sich daher zugleich auf die zwischen den betreffenden Flächen gelegenen Schichten und dienen dazu, um die in Col. VI von Tabelle IV mitgeteilte Volumvergrösserung in Folge der Erhebung zu berechnen. Das Endergebnis ist, dass der Bodensee wegen seiner Höhenlage um 4,96 Millionen cbm grösser ist, als bei den Kubierungen erhalten. Dieser Wert entspricht fast genau der Arealsvergrösserung seines Spiegels, wenn derselbe im Niveau seiner mittleren Tiefe (90 m) gedacht wird, sie beläuft sich nämlich auf 0,1 ‰ des Bodenseevolumen. Er ist also zehnmal kleiner als die Differenz des Bodenseevolumens nach den verschiedenen Kubierungen (48,9 Millionen cbm) und fällt daher ganz in die Möglichkeit des methodischen Fehlers, weswegen von ihm abgesehen werden kann.

Die Tiefenkarte verzeichnet am Ufer des Bodensees auch die Ausdehnung des Hochwassers von 1876, als der Bodenseespiegel um 2,3 m angeschwollen war und sich auf 397,3 m gehoben hatte, während der Unterseespiegel 397 m hoch lag. Tabelle I enthält die damals bewirkte Arealszunahme des Bodensees und seiner Teile, Tabelle III den Volumenzuwachs. Man sieht, wie der Untersee bei Hochwasser um $\frac{1}{6}$ grösser und $\frac{1}{5}$ wasserreicher wird, als beim Mittelwasser, während für den Obersee der Flächenzuwachs nur $\frac{1}{14}$, die Volumvergrösserung nur $\frac{1}{38}$ beträgt. Dabei war das Hochwasser von 1876 keineswegs das höchste, es wurde am Obersee bereits von jenem des Jahres 1890,¹⁾ welches bei Konstanz bei 397,53 m anstieg, übertroffen; beide aber bleiben hinter

1) Vergl. Jahresbericht des Centralbureaus für Meteorologie und Hydrographie im Grossherzogthum Baden für 1892, Blatt 8.

dem Hochwasser von 1817 (598 m) zurück. Die tiefsten Wasserstände von 1858, 1836 und 1823 (Konstanzer Pegel 2,25 m, 2,27 m und 2,32 m, Pegelnullpunkt 391,766 m)¹⁾ senkten sich fast bis zu 394 m Meereshöhe, also bis zur 1 m Tiefenkurve herab. Wird nun angenommen, dass diese genau in der Mitte zwischen der Ufer- und 2 m Tiefenlinie verläuft, so sind beim niedrigsten Wasserstande die Fläche und das Volumen um folgende Beträge kleiner als bei Mittelwasser :

	Areal	Volumen
Obersee	17,15 qkm	458,5 Millionen Kubikmeter.
Untersee	8,62 „	54,5 „ „
Bodensee	25,77 „	513,0 „ „

Die gesamte Amplitude zwischen dem niedrigsten Wasserstande und dem höchsten von 1876 ist demnach

	Areal	Volumen
Obersee	46,15 qkm	1585,5 Millionen Kubikmeter.
Untersee	18,65 „	210,5 „ „
Bodensee	64,80 „	1796,0 „ „

Das zwischen höchstem und niedrigstem Wasserstande strittige Areal des Bodensees beläuft sich also auf nahezu den achten Teil der Seefläche, sein Volumen wechselt um $\frac{1}{27}$ seines Betrages. Ober- und Untersee verhalten sich in dieser Beziehung verschieden. Es geht dies am deutlichsten aus dem Wechsel der mittleren Tiefen mit dem Wasserstande hervor, den folgende Tabelle erkennen lässt :

	Volumen in Millionen cbm		
	Niedrigster	Mittlerer	Höchster Wasserstand
Obersee	47 141	47 600	48 727
Untersee	777	832	988
Bodensee	47 819	48 432	49 715

	Flächeninhalt :		
Obersee	458,34 qkm	475,49 qkm	504,49 qkm
Untersee	54,41 „	63,03 „	73,06 „
Bodensee	512,75 „	538,52 „	577,55 „

1) Ebenda für 1890, S. 126.

	Mittlere Tiefe:		
	Niedrigster	Mittlerer	Höchster Wasserstand
Obersee	102,8 m	100,1 m	96,6 m
Untersee	14,3 „	13,2 „	13,5 „
Bodensee	93,5 „	89,9 „	86,1 „

Der Obersee verliert konstant beim Anschwellen vom niedrigsten zum höchsten Wasserstande an mittlerer Tiefe, er tritt auf flache Ufer über; der Untersee verliert an mittlerer Tiefe, wenn er vom niedrigsten Wasserstande zum mittleren sich erhebt, dann aber beim weiteren Anschwellen bleibt seine mittlere Tiefe fast unverändert, ja wird sogar etwas grösser. Er überschwemmt relativ steile Ufer. Es lässt sich daher keine einheitliche Formel für die Abhängigkeit des Wasservolumen vom Wasserstande aufstellen. Bei Wasserstandsänderungen nahe dem Mittelwasser kann man jedoch annähernd die Volumänderung (v) bei einem Steigen (+) oder Fallen (—) des Wasserstandes um h Meter in Millionen Kubikmetern aus folgenden Gleichungen erhalten.

$$\text{Obersee } v = 475,49 (h + 0,036 h^2)$$

$$\text{Untersee } v = 63,03 (h + 0,088 h^2)$$

$$\text{Bodensee } v = 538,52 (h + 0,025 h^2)$$

Das Verhältniss der mittleren zur maximalen Tiefe lässt bei den Seewannen einen Schluss auf ihre allgemeine Gestaltung zu (vergl. Morphologie II Cap. V). Bei kegelförmigen Wannern ist nämlich das Verhältniss beider 1:3; jene Wannern, bei welchen es grösser ist, haben einen nach abwärts, diejenigen, bei denen es kleiner ist, einen aufwärts gewölbten Boden. Ober- und Untersee verhalten sich in dieser Beziehung recht verschieden: Der Boden des ersteren ist nach abwärts, jener des letzteren nach aufwärts gewölbt, für den Gesamtsee wird wieder der Obersee ausschlaggebend, sein Grund wölbt sich nach abwärts, aber nur sehr wenig, er steht einem umgekehrten Kegel sehr nahe. Das Verhältniss der mittleren zur grössten Tiefe ist nämlich beim Obersee 0,397, Untersee 0,287, Bodensee 0,357.

5. Beziehungen zwischen Umfang und Flächeninhalt.

Von den vielfachen Versuchen, Beziehungen zwischen dem Umfang und dem Areale von Flächen aufzufinden, verdient die Entwicklung des Umfanges die meiste Beachtung. Diese Zahl giebt an, um wie vielmal der Umfang einer Fläche grösser ist, als er im Minimum sein könnte, also auf der Erdkugel bei kalottenförmiger Gestalt der Fläche. Bei kleiner Ausdehnung derselben kann statt ihrer ein Kreis in Rechnung gebracht werden, dies ist für den Bodensee zutreffend, welcher nur ein Millionstel der Erdoberfläche einnimmt, weswegen seine Grenzentwicklung unter Zugrundelegung einer Kalotte (vergl. Morphologie I S. 65) nur um zwei Millionstel grösser ausfallen würde, als bei Bezugnahme auf einen Kreis. Auch der Umstand, dass infolge der Erhebung über dem Meere die Flächen und ihre Grenzen grösser sind, als die bei den Berechnungen angenommenen, fällt nicht ins Gewicht.

Die Werte für die Entwicklung der Isohypsen sind in Tabelle I verzeichnet; man sieht, wie dieselbe beim Gesamtsee mit zunehmender Tiefe kleiner und kleiner werden; ist der Seeumfang 3,46 mal so gross, als er im Minimum sein könnte, so ist die Isobathenfläche von 250 m nur 1,31 mal so gross als der des flächengleichen Kreises. Nur einige wenige Ausnahmen stören beim Gesamtsee die Regelmässigkeit in der Abnahme der Grenzentwicklung mit der Tiefe. Beim Obersee jedoch zeigt sich zunächst bis 50 m Tiefe regelmässig das Gegenteil. Es nimmt die Grenzentwicklung mit der Tiefe zu. Dies ist darin begründet, dass in der Nähe der Rheinmündung der Seeboden mehr zerlappt ist, als sonst; namentlich die 10 m, 20 m, 30 m und 40 m Isobathe zeigen am unterseeischen Rheinbette auffällige Krümmungen, die der Ufersaum nicht verrät. Für den Gesamtsee wird diese Unregelmässigkeit durch den Einfluss des Untersees, dessen Isohypsenentwicklung rasch abnimmt, ausgeglichen.

Es kann sich fragen, ob letzteres nicht Folge des eingeschlagenen Verfahrens ist. Vereinigt man nämlich die für den Obersee und Untersee getrennt berechneten Entwicklungen der Isohypsen, indem man dieselben jeweils mit dem zukommenden Areale belastet, und bildet dann das Mittel, so findet man für die mittlere Grenzentwicklung beider folgende Werte:

10 m	20 m	30 m	40 m
2,50	2,58	2,53	2,57

Diese Werte zeigen in der That die Zunahme in der Entwicklung der Isohypsen bis 40 m Tiefe für den Bodensee, ebenso wie sie am Obersee stattfindet. Aber es kann nicht zweifelhaft sein, dass sie nicht die wahre Entwicklung der Isohypsen des gesamten Bodensees darstellen. Es erhellt dies deutlich aus folgendem: Die Uferentwicklung des Bodensees, nämlich das Verhältnis von dessen wahren Umfange zum denkbaren Minimalumfang ist 3,46. Dieser grosse Wert ist im wesentlichen dadurch bedingt, dass der Untersee nahezu gänzlich vom Obersee abgegliedert ist. Wird diese die Uferentwicklung begünstigende Thatsache gesteigert und der Untersee gänzlich abgetrennt, der Bodensee also in zwei Seen zerlegt, so würde sich als die mittlere Uferentwicklung beider nach obigem Verfahren der Wert von 2,53 ergeben, also ein wesentlich kleinerer als bei gleichen Uferlängen der Gesamtsee aufweist. Es geht hieraus hervor, dass man, um die Grenzentwicklung zweier Flächen zu finden, man nicht zur Mittelbildung greifen darf, sondern aus der Grenzlänge beider und dem Minimalumfang, den sie zusammengenommen haben würden, ihre Gesamtgrenzentwicklung berechnen muss.

Der Grenzentwicklung einer Fläche entspricht ein bestimmter Winkel, nämlich der Zackenwinkel (vergl. Morphologie I S. 67); der Sinus vom halben Zackenwinkel ist gleich dem reziproken Werte der Grenzentwicklung. Darnach ergibt sich der Zackenwinkel des Bodenseeumfanges zu $33^{\circ} 36'$

d. h. bei nahezu kreisförmiger Gestalt müsste der Umriss des Bodensees unendlich zahlreiche Zacken mit dem Winkel von $33^{\circ} 36'$ bilden, um denselben Umfang, wie er ihn faktisch besitzt, zu erhalten.

Ist die Uferentwicklung lediglich eine Verhältniszahl, so stellt die Tiefe der Seefläche eine ganz bestimmte Entfernung dar, nämlich die Höhe eines Dreieckes, welches mit dem See gleiche Grundfläche hat, und dessen Basis gleich der Uferlinie ist (Morphologie I S. 65). Die halbe Tiefe der Seefläche giebt an, wie viele Quadratkilometer Seefläche auf ein Kilometer Uferlänge kommen; sie stellt die Breite eines rechteckigen Streifens dar, dessen Länge die Uferlänge und dessen Areal gleich dem des Sees ist. Auch dieser Wert ist daher in Kilometern auszudrücken. Gleiches gilt vom mittleren Radius der Seefläche, nämlich demjenigen, welcher zum Minimalumfang der Fläche gehört. Es ist bereits bemerkt worden, dass dieser Minimalumfang für den Bodensee eine Kreisperipherie ist, so dass also sein mittlerer Radius der des flächengleichen Kreises ist (vergl. Morphologie I S. 69 [30 b]).

Von Interesse ist ferner, namentlich bei Wasserflächen, die Bestimmung der mittleren Grenzferne (Morphologie I S. 70). Zur Ermittlung derselben bot die Tiefenkarte keine direkten Anhaltspunkte, und es mussten erst in sie die Linien gleichen Uferabstandes eingezeichnet werden. Dabei stellte sich heraus, dass der uferfernste Punkt des Ober- und sohin des gesamten Bodensees in 6,025 km Uferferne dort liegt, wo sich die Linien Romanshorn-Nonnenhorn und Rottachmündung bei Friedrichshafen-Achmünden bei Arbon schneiden, während der des Untersees mitten zwischen der Mettnau unfern Radolfzell, der Reichenau bei Unterzell und Staad Horn in 1,525 km Uferferne liegt. Bei Ausmessung der von den Linien gleichen Uferabstandes umschlossenen Areale ergaben sich folgende Werte:

Entfernung vom Ufer	Areale der Zonen		
	Obersee	Untersee	Bodensee
0—1 km	165,84 qkm	59,45 qkm	225,29 qkm
1—2 „	106,90 „	3,58 „	110,48 „
2—3 „	86,84 „	„	86,84 „
3—4 „	57,45 „	„	57,45 „
4—5 „	39,52 „	„	39,52 „
5—6 „	18,94 „	„	18,94 „
	<hr/> 477,49 qkm	<hr/> 63,03 qkm	<hr/> 538,52 qkm

Mit Hilfe dieser Daten wurde auf beifolgender Tafel die chorigraphische Kurve entworfen; dieselbe gestattet für jedwelche beliebige Entfernung vom Ufer die Zahl der Quadratmeter zu entnehmen, welche zwischen ihr und dem Ufer gelegen sind, und ermöglicht sodin auch eine mittlere Uferferne zu berechnen. Man erhält dieselbe aus dem Flächeninhalte der Kurve durch Division mit ihrer Basislänge. Alle die letzterwähnten Beziehungen zwischen der Seefläche und ihren Ufern sind in folgender Tabelle niedergelegt. Sie sind durchweg benannte Grössen und zwar in km ausgerechnet.

	Tiefe der Seefläche	Breite des Seestreifens	Radius der Seefläche	Mittlere Uferferne
Obersee	5,135 km	2,567 km	12,303 km	1,920 km
Untersee	1,271 „	0,635 „	4,979 „	0,308 „
Bodensee	3,786 „	1,893 „	13,093 „	1,740 „

Die reichlichere Gliederung des Untersees bewirkt also im Vereine mit seiner Kleinheit, dass die Tiefe der Seefläche, die Breite des Seestreifens, die mittlere und grösste Uferferne weit unbedeutender als am Obersee sind, und durch Vereinigung beider entstehen für den Bodensee Werte, welche stets kleiner als die für den Obersee allein sind.

Das Maximum der Uferferne, welches der Bodensee bei ungliedertem Umfange haben könnte, ist gleich dem mittleren Radius seiner kreisförmig gedachten Fläche. In folgender Tabelle ist das Verhältnis dieser maximalen grössten Uferferne zur wirklich grössten verzeichnet. Man könnte

dasselbe grösste Zugänglichkeit nennen, analog der „mittleren Zugänglichkeit“ des Sees. Letztere¹⁾ ist das Verhältnis der mittleren Uferferne bei ungegliedertem Umfange zur wirklichen mittleren Uferferne, wobei jene gleich dem dritten Teile des Radius ist (Morphologie I S. 69).

	Grösste	Mittlere
	Zugänglichkeit	
Obersee	2,04	2,62
Untersee	2,94	3,09
Bodensee	2,17	2,70

Der mittlere Radius einer Seefläche ist auch jene Grösse, welche die besten Vergleiche mit der Tiefe des Sees zulässt, die man sonst gern mit dem Flächeninhalte desselben verglichen hat. Der Quotient Tiefe dividiert durch den Seeradius ist eine unbenannte Zahl, welche zugleich eine bestimmte geometrische Bedeutung besitzt, nämlich die Böschung jenes Kegels, welcher mit dem See gleiches Areal und gleiche Tiefe hat, daher auch in ‰ ausgedrückt werden kann. Für den Bodensee ergeben sich folgende Werte dieser Böschung, welche durchweg kleiner als die minimale des Sees ist.

Obersee	20,48 ‰	2,62	} mal kleiner als die wirkliche mittlere Böschung.
Untersee	10,27 ‰	3,09	
Bodensee	19,25 ‰	2,70	

Es ist hier der Ort auch einiges über Länge und Breite des Bodan anzugeben, welche Begriffe zunächst eine scharfe Definition erheischen. Kann man doch unter Länge eines Sees sowohl den direkten Abstand von dessen entferntesten Uferpunkten verstehen, als auch die Länge der zwischen beiden manchmal recht gewunden verlaufenden Mittellinie des Sees. Von diesen beiden Längen, welche am Obersee zwischen Bregenz und Ludwigshafen, am Untersee zwischen Konstanzer und Steiner Rheinbrücke, am Gesamtsee zwischen Bregenz und Stein verlaufen, ist die Strecke zwischen Ein-

1) Rohrbach, Ueber mittlere Grenzabstände. Peterm. Mitteil. S. 76 (90).

mündung und Ausmündung des Seeflusses zu unterscheiden, welche im Obersee von der Rheinmündung nach Konstanz, also ganz anders verläuft, als die Medianlinie des Sees, mit der sie im Untersee zusammenfällt. Folgende Zusammenstellung enthält die Werte für die Länge des Bodensees.

	Abstände der entferntesten Uferpunkte		Entfernung von Ein- und Ausmündung des Seeflusses
	Luftlinie	Seemittellinie	
Obersee	63,5 km	67,0 km	36,2 km
Untersee	23,8 „	25,7 „	25,7 „
Bodensee	69,0 „	75,0 „	62,0 „

Die grösste Breite eines Sees ist die auf der Mittellinie senkrechte grösste Strecke zwischen zwei gegenüberliegenden Uferpunkten, am Ober- und Bodensee also die 13 km messende Strecke Langenargen-Luxburg, am Untersee eine 6 km lange Linie, welche von oberhalb Steckborn bis habwegs Allensbach-Markelfingen verläuft. Die mittlere Breite erhellt aus dem Areal durch Division mit der Länge der Seemittellinie, sie ist für den Obersee 7,10 km, den Untersee 2,45 km und den Bodensee 7,18 km.

6. Gliederung des Sees.

Will man auch von einer Gliederung des Bodensees sprechen, so hat man den Untersee und Ueberlingersee als Glieder, den übrigen See als Rumpf aufzufassen. Während nun aber der Untersee sich auf das deutlichste vom Obersee abhebt, ist die Grenze zwischen Ueberlingersee und Rumpf einigermassen willkürlich. Wollte man nur die Seefläche ins Auge fassen, so könnte die Linie Staad bei Konstanz—Meersburg als Scheide zwischen Rumpf und Glied gelten, wenn man aber auch die Tiefen würdigt, so bemerkt man, wie die eigentliche Bodenseewanne sich eine Strecke weit in den Ueberlingersee hineinzieht, um dann zwischen Dingelsdorf und Unteruhldingen von dessen isolierter Wannentiefe durch einen unterseeischen Moränenwall geschieden zu werden. Letzterer bewirkt morphologisch die Trennung zwischen

Rumpf und Glied, und sie wurde auch hier angenommen. Sie deckt sich mit der auf der Tiefenkarte eingezeichneten Orientierungslinie 25000 m westlich vom Pfänder. Letztere sondert eine 38,79 qkm messende Fläche vom übrigen Bodensee ab, es ergibt sich also für die Glieder ein Areal von 101,82 qkm, für den Rumpf von 436,69 qkm, und sohin für die Rumpfgliederung (vergl. Morphologie I S. 67), d. h. das Verhältnis der Glieder zum Rumpfe die Zahl 0,233. In ähnlicher Weise ergibt sich die Blockgliederung des Sees (Morphologie I S. 67). Mit seinen Ausläufern umspannt derselbe zwei Halbinseln, die Bodanhalbinsel zwischen Ueberlinger See und Zeller See (121,97 qkm) und die in letzteren vorspringende Schienerberg-Halbinsel (46,19 qkm). Das Verhältnis der Flächen dieser Halbinseln zu der um sie vermehrten Seefläche ist die Blockgliederung, die sich zu 0,238 berechnet.

In der gedachten Umgrenzung ist der Ueberlingersee kleiner als der Untersee, aber er übertrifft ihn namhaft durch sein weit grösseres Volumen (3 156,6 Millionen cbm), vor allem aber zeichnet er sich durch seine steilen Böschungen aus, dieselben betragen im Durchschnitte 100,15 ‰, sind also doppelt so steil als die des Gesamtsees, und bedingen, dass die mittlere Tiefe (81,38 m) mehr als die Hälfte 0,557 der grössten Tiefe (146 m) bildet. Der Ueberlingersee gleicht daher einem Paraboloid, während der Gesamtbodensee eher einer umgestülpten Pyramide ähnelt. Diese Steilheit der Bodensfläche steht mit jener der Ufergehänge im besten Einklange. Der See wird hoch überragt von den steilen Abfällen der Bodanhalbinsel und der Gegend von Ueberlingen. Dieselben verleihen ihm seinen ernststen landschaftlichen Charakter, der ihn in so namhaften Gegensatz zu den übrigen Uferlandschaften des Bodan bringt. Tabelle IV enthält die wichtigsten Grundwerte für den Ueberlingersee.

Der Bodensee ist arm an Inseln. Der Obersee birgt Lindau (0,40 qkm) und Mainau (0,42 qkm), beide durch Brücken mit dem Ufer verbunden. Gleiches gilt von der grossen Insel Reichenau (4,27 qkm) im Untersee, welcher

überdies noch an der Rheinmündung, bei Radolfzell, und am Ausflusse des Rheines je zwei kleine Eilande von zusammen 0,15 qkm birgt. Darnach lässt sich die Insulosität des Bodensees, d. h. das Verhältnis der Inseln zur Wasserfläche, wie folgt berechnen:

	Inselfläche	Insulosität
Obersee	0,82 qkm	0,00172
Untersee	4,42 „	0,07016
Bodensee	5,24 „	0,00973

7. Vergleiche und Schluss.

Die verschiedenen morphometrischen Werte, welche für den Bodensee gewonnen worden sind, erlangen ihre Bedeutung erst durch den Vergleich mit den entsprechenden für andere Formen der Erdoberfläche. Denn die Morphometrie ist kein Endziel wissenschaftlicher Untersuchung, sondern lediglich ein Mittel zum Zwecke des vergleichenden Studiums, und ihr wissenschaftlicher Charakter besteht lediglich darin, dass sie solche exakte Verfahren ausfindlich macht, welche der Individualität des Messenden den geringstmöglichen Spielraum lassen, dermassen, dass die erhaltenen Messungsergebnisse streng unter einander vergleichbar sind.

Mit einer vergleichenden Seenkunde ist es aber noch nicht zum besten bestellt. Sind doch die Vorarbeiten in den Alpen dafür kaum abgeschlossen. Zwar wurde im letzten Jahre eine grosse Lücke in der Kenntnis der Alpenseen geschlossen, als A. Delebecque mit Unterstützung des französischen Ministerium für öffentliche Arbeiten den „Atlas des lacs français“ herausgab, welcher letzterer Tiefenkarten aller grösseren Seen der französischen Alpen enthält. Aber der Siegfried-Atlas der Schweiz, welcher nicht bloss die Geländeformen des Gebirges, sondern auch die Bodengestalt der Seewannen darstellt, ist noch unvollendet, und es fehlen gerade aus dem Gebiete der Schweizer Seen noch wichtige Blätter. Bringt zwar die schon erwähnte Bodenseekarte die Darstellungen des Reliefs der deutschen Alpenseen, welche

Alois Geistbeck¹⁾ und E. Bayberger²⁾ lieferten, zum Abschluss, so sind doch von den zahlreichen österreichischen Alpenseen nur sehr wenige Tiefenkarten veröffentlicht. Aber bereits liegen solche in Zeichnung von Johann Müllner vor, und ein mit Unterstützung des hohen k. k. Ministerium für Kultus und Unterricht bereits 1894 herauszugebender „Atlas der österreichischen Alpenseen“ wird das von Simony begonnene Unternehmen der Auslotung der österreichischen Seen krönen. Vieles ist ferner in den letzten Jahren zur Erforschung der italienischen Alpenseen geschehen. Lotungen der italienischen Marine beseitigten die übertriebenen Werte für die Tiefen des Langen- und Gardasees, und ist auch in Aussicht genommen, dass die Messtischblätter (Tavolette) der italienischen Spezialkarte auch den Seegrund durch Isohypsen darstellen, so liegt doch nur von einem einzigen See, dem Langensee, eine Tiefenkarte vor.³⁾ Kein Wunder daher, wenn für eine vergleichende Seenkunde noch sehr die aus Tiefenkarten zu entnehmenden Daten fehlen.

Allein manches lässt sich doch bereits erkennen.

Ist in Bezug auf Flächeninhalt der Bodan an zweiter Stelle unter den Alpenseen zu nennen, so kommt ihm dieser Rang nicht unbedingt hinsichtlich des Volumens zu. Denn während er an Fläche dem Léman (582,4 qkm) nur wenig nachsteht, und den Benaco (Gardasee nach eigener Messung 363 qkm) weit hinter sich lässt, so ist ersterer mit seinen 88,920 kbkm beinahe doppelt so gross als er, und der Gardasee kommt ihm an Rauminhalt muthmasslich sehr nahe, wenn er ihn nicht gar übertrifft, was bei seiner stattlichen Tiefe (340 m) nicht unmöglich ist. Der Bodensee steht eben hinsichtlich seiner

1) Die Seen der deutschen Alpen. Mitteil. d. Ver. f. Erdkunde. Leipzig 1884. S. 203. (Auch einzeln erschienen mit Atlas.)

2) Der Chiemsee. Mitteilungen des Vereins für Erdkunde. Leipzig 1888. Seite 1.

3) Carta idrografica del Verbano (Lago Maggiore), compilata dall' Ufficio idrografico della Regia Marina sotto la direzione di G. B. Magnaghi 1893.

Tiefenverhältnisse nicht an zweiter, sondern erst an siebenter Stelle unter den Alpenseen, und folgende Seen sind tiefer als er :

Lario (Comosee)	409 m
Verbano (Langensee)	372 m
Benaco (Gardasee)	346 m
Léman (Genfer See)	309 m
Cerisio (Luganer See)	288 m
Brienzer See	252 m

Dazu kommt noch eines: das Verhältnis der mittleren Tiefe zur maximalen ist beim Bodensee ein sehr kleines und sein Volumen ist daher kleiner, als man nach der Analogie mit anderen Seen auf Grund seiner Tiefe erwarten sollte.

Folgende Zusammenstellung der grösseren bereits kurierten Alpenseen giebt hierüber Aufschluss.

Mittlere Tiefe in Prozenten der grössten.

Kesselförmige Wannen		Trichterförmige Wannen	
Brienzer See	67 $\frac{0}{10}$	Wolfgang-See	41 $\frac{0}{10}$
Anney-See	65 $\frac{0}{10}$	Walchensee	40 $\frac{0}{10}$
Thuner See	62 $\frac{0}{10}$	Garda-See	39 $\frac{0}{10}$
Le Bourget-See	56 $\frac{0}{10}$	Como-See	38 $\frac{0}{10}$
Mondsee	53 $\frac{0}{10}$	Bodensee	36 $\frac{0}{10}$
Genfer See	50 $\frac{0}{10}$	Chiemsee	34 $\frac{0}{10}$
Ammersee	49 $\frac{0}{10}$	Zürich-See	31 $\frac{0}{10}$
Attersee	49 $\frac{0}{10}$		
Traunsee	47 $\frac{0}{10}$		
Wurmsee	46 $\frac{0}{10}$		

Nun ist, wie bereits erwähnt, das Verhältnis der mittleren zur grössten Tiefe bezeichnend für die Gestalt der Seewanne. Letztere ist paraboloidähnlich, also kesselförmig, sobald jenes Verhältnis $\frac{1}{2}$ ist, sie ist pyramidenähnlich, nämlich trichterförmig, sobald letzteres $\frac{1}{3}$ beträgt. Die Mehrzahl der bisher untersuchten grossen Alpenseen hat kesselförmige, der Bodensee eine beinahe trichterförmige Wanne, wie eine solche von den grossen Seen sonst nur noch der allerdings dürftig bekannte Comosee aufweist. In Bezug auf die allgemeinen Züge der Gestalt steht der Bodensee am nächsten

dem Chiemsee und dem benachbarten Zürichsee — selbst Ammer- und Würmsee sind ihm gegenüber im Mittel relativ tief. Dabei ist aber nicht zu vergessen, dass der Bodensee aus der relativ sehr seichten Wanne des Untersees und der relativ tiefen des Obersees zusammengesetzt wird; im ersteren ist die mittlere Tiefe nur 29 % der maximalen, im letzteren hingegen 40 % derselben, ja ohne Ueberlingersee hat der Seerumpf eine mittlere Tiefe (118 m), welche 47 % der maximalen ausmacht. Man ersieht hieraus, dass es die reichliche Gliederung der Seewanne ist, welche die mittlere Tiefe des Bodensees gegenüber der grössten gering erscheinen lässt. Dies gilt auch von den anderen grossen trichterförmigen Alpenseen: Reich gegliedert gleich dem Bodensee ist im Mittel der relativ seichte Comosee, der Chiemsee und bis zu einem gewissen Grade auch der Zürichsee. Die mittlere Tiefe des dortigen Obersees (23,8 m) ist 47,6 % der grössten (50 m), beim Zürichsee im engeren Sinne des Wortes ist die mittlere Tiefe (49,6 m) 34 % der grössten (143 m).¹⁾ Nun ist der Gardasee weniger gegliedert als der Bodensee, es ist daher nicht überraschend, dass seine mittlere Tiefe (135 m) 39 % der grössten beträgt. Daher ist er hinsichtlich des Volumens in der That der zweitgrösste Alpensee; er misst nämlich 49,76 cbkm und übertrifft daher den Bodensee selbst während dessen Hochwasser; er lässt ferner den Langensee als viertgrössten Alpensee nach Fläche (212 qkm) und Volumen (37,3 cbkm) weit hinter sich.²⁾

Hinsichtlich der Abdachung seines Grundes ist der Boden-

1) Eine Volumberechnung des Zürichsees liegt bisher noch nicht vor, und wurde daher eigens ausgeführt. Ihre Ergebnisse sind in Tabelle V zusammengefasst.

2) Die auf vorletzter Seite aufgeworfene Frage nach dem Volumen des Gardasees ist nach Druck derselben bereits beantwortet worden. In seiner Arbeit: *Della Storia geologica del Lago di Garda*, Atti dell' I. R. Accademia degli Agiati in Rovereto XI. 1893 (1894) teilt Torquato Taramelli die Ergebnisse einer Kubierung des Gardasees mit, welche Olinto Marinelli ausführte. Dank dieser soeben erschienenen Arbeit war es möglich, hier und auf voriger Seite auch den Benaco mit in Vergleich zu ziehen.

see ein entschiedener Vorlandsee; alle die in den Alpen gelegenen Seen haben steilere Böschungen als er, so z. B. der Königsee ($20\frac{1}{2}^{\circ}$), der Brienersee (12°), der Kärntner Weissensee ($9\frac{1}{2}^{\circ}$), der Walchensee (9°), der Hallstätter See ($8\frac{1}{2}^{\circ}$), der Walensee (8°), der Thuner See ($7\frac{1}{2}^{\circ}$), der Atter- und Traunsee ($6\frac{1}{2}^{\circ}$), der Gardasee ($5\frac{2}{3}^{\circ}$), der Wolfgangsee ($5\frac{1}{2}^{\circ}$), selbst der am Alpenrande gelegene Tegernsee ist steiler ($5\frac{1}{2}^{\circ}$) abgebösch als er. Nahe kommen ihm in dieser Beziehung der Starnbergersee ($3\frac{1}{2}^{\circ}$) und namentlich der Mondsee (3°). Haben die im Gebirg gelegenen Seen die Böschungsverhältnisse des Mittelgebirges, ist ihr Grund wegen der breit entwickelten ebenen Bodenfläche durchweg viel weniger steil geneigt als ihre Umgebung, so besitzt der Bodensee die Neigungsverhältnisse eines flachen Hügellandes. Um dessen recht inne zu werden, muss man sich vor Augen halten, wie er auf einer Schraffenkarte dargestellt werden würde; seine mittlere Böschung würde weder auf der bayrischen, noch auf der österreichischen Specialkarte eine Schraffur erhalten, und nur auf der Karte des Deutschen Reiches in zartester Weise darstellbar sein. Nur letztere Karte würde auch die mittleren Böschungen der einzelnen Tiefenschichten zu verzeichnen vermögen; die österreichische Karte würde lediglich für den Obersee den steilen Abfall von 10—20 m Tiefe wiedergeben können. Das Terrainbild des Bodensees ist das einer Ebene, und das muss man sich vor Augen halten, wenn man seine Entstehung würdigen will. Unmöglich kann ein See mit so schwachen Böschungen das Werk von Zerreibungen der Erdkruste sein.

Gewöhnt, die Räume nach drei Dimensionen anzugeben, hat man mehrere Zusammenstellungen von Seen nach Länge, Breite und Tiefe gegeben, aber damit noch nicht die Grundlage für Vergleiche geschaffen, da noch keine Einigung betreffs der Art der Längenbestimmung der Seen herrscht. Was aber Verhältniszahlen zwischen Tiefe, Breite und Länge der Seen besagen, das zeigt in übersichtlichster Weise, auf den ersten Blick das Verhältnis der Seetiefe zum Radius der Seefläche. Dasselbe ist zugleich die mittlere Böschung eines

Kegels, welcher mit dem See gleiche Grundfläche und Höhe hat. Diese Böschung ist bei den Alpenseen nahezu regelmässig $2\frac{1}{2}$ mal kleiner als die mittlere Böschung der Seewanne. Der Bodensee hat unter den grösseren Alpenseen nach dem Chiemsee das kleinste Verhältnis von Tiefe zum Radius, was mit der Flachheit seines Bodens im Einklang steht. Folgende Tabelle giebt hierüber Aufschluss.

Brienzer See	85,5 ‰	Vierwaldstättersee	35,6 ‰
Walchensee	84,0 ‰	Mondsee	32,0 ‰
Luganer See	71,8 ‰	Gardasee	31,6 ‰
Traunsee	66,9 ‰	Wurmsee	27,0 ‰
Comosee	60,4 ‰	Zürich-See	27,0 ‰
Iseosee	56,3 ‰	Genfer See	22,7 ‰
Wolfgangsee	55,8 ‰	Anney-See	22,2 ‰
Thuner See	55,4 ‰	Ammersee	20,3 ‰
Langensee	45,3 ‰	Bodensee	19,2 ‰
Attersee	44,4 ‰	Chiemsee	15,7 ‰
Le Bourget-See	38,5 ‰		

Zur Berechnung der Uferentwicklung anderer Alpenseen liegen bisher nur wenige Daten vor, denn die jetzige Kenntnis des Umfanges der Alpenseen ist nahezu auf die italienischen Seen beschränkt, welche in dieser Hinsicht von Giovanni Marinelli untersucht wurden. Aber diese Daten reichen aus, um zu zeigen, dass der Bodensee nicht die reichste Uferentwicklung unter den Alpenseen besitzt. Seine Uferentwicklung wird von der des Comosee (3,69) und jener des Luganer Sees (3,53) übertroffen, aber steht weit vor der des Chiemsees (2,33), des Iseosees (2,14) und des Gardasees (1,829), ist selbst grösser als die des Langensees (3,26).

Die Uferentwicklung ist gleich der Zugänglichkeit und Gliederung ein Wert, welcher bislang ausschliesslich zur Charakteristik grosser Landmassen, ganzer Erdteile hergeleitet wurde, und auf letztere muss sich also der Blick richten, wenn Vergleiche gezogen werden sollen. Aber wenn auch Kleines neben Grosses gestellt wird, so ist doch bezeichnend für den reich entwickelten Ufersaum des Untersees, dass derselbe eine grössere Entwicklung aufweist, als sie die Küsten

Europas besitzen (3,50), und dass die des Gesamtsees nur wenig kleiner ist, während die Entwicklung der Ufer des Obersees bloß jener der Küsten von der Nordinsel Neuseelands (2,41) gleichkommt. Die mittlere Zugänglichkeit des Sees und seiner Teile ist grösser als die irgend eines Erdteiles, dagegen ist seine Gliederung kleiner als die von Europa (0,358), von Nordamerika (0,323), von Asien (0,249) und selbst die von Australien (0,249). Aber sie steht der des reich verzweigten Atlantik (0,241) nur wenig nach, und ist grösser als die der anderen Ozeane, mehr als doppelt so gross als die des Weltmeeres (0,158). In Bezug auf die Insulosität endlich steht der Bodan nur wenig dem inselreichen Indischen Ozeane (0,01) nach; der Inselreichtum des Untersees ist gleich dem der Ostsee (0,07), jener des Obersees grösser als der der Nordsee (0,0015). Von den Alpenseen hat der Chiemsee (0,029) eine grössere Insulosität als der gesamte Bodensee, aber eine kleinere als der Untersee.

Die Werte über die Uferentwicklung, Zugänglichkeit und Gliederung des Sees drücken in Zahlen das aus, was der Reisende am Bodensee empfindet: Es ist ein herrlicher, reich gegliederter Wasserspiegel, der sich vor die Alpen breitet. und zwei Ausläufer nach Westen entsendend, lang gedehnte Ufer besitzt. Der weiten, breiten Fläche vom Rumpfe des Obersees steht die in viele Ausläufer verteilte des inselreichen Untersees gegenüber, dessen landschaftlicher Reiz, so viel grösser als der des Obersees, im wesentlichen durch den mannigfaltigen, abwechslungsreichen Verlauf seiner Ufer bedingt ist. Nicht zufällig knüpft sich die Fülle seiner historischen Erinnerungen an seinen Inselreichtum. Wie ein Garten entsteigt die Reichenau seinen dunkelgrünen Gewässern, ein sicherer Hort in unruhigen Zeiten, ein Ausgangspunkt zugleich, von dem aus die Ufer des kleineren Untersees allenthalben rasch, und die des Obersees leicht erreicht werden können.

Sind es reiche Gliederung und stattliche Inselflächen, welche den Untersee zu einen der reizvollsten Partien in den

deutschen Landen machen, so ist es die Grösse des Spiegels, welche den Obersee zum gefeierten schwäbischen Meere stempelt. Dem Eindrucke seiner Stattlichkeit entzieht sich selbst derjenige nicht, welcher von den seenreichen Geländen Oberbayerns in die geeignete Bodenseegegend herabsteigt. Sechsmal kleiner ist das bayerische Meer, der Chiemsee (82 qkm) als der Obersee, und keiner der zahlreichen anderen Wasserspiegel Oberbayerns, des Salzkammergutes oder Kärntens erreicht den Flächeninhalt des Untersees allein, sie insgesamt überschreiten zusammengenommen den Flächeninhalt des Bodensees nur unbedeutend. Ihr Rauminhalt aber bleibt weit hinter dem des schwäbischen Meeres zurück. Nahezu fünfmal könnte man die oberbayerischen und nordtiroler Seen in demselben unterbringen, fast sechsmal hätten die des Salzkammergutes in ihm Platz, und alle Seen der Ostalpen zusammengenommen mit Ausnahme der oberitalienischen würden zweimal vom Bodensee gefüllt werden können. Das ist ein Unterschied im Volumen, welcher daran mahnt, dass andere Ursachen bei der Bildung des Bodensees mitgewirkt haben, als bei der Entstehung seiner östlichen Nachbarn.

Und dabei liegt der Bodensee nicht vereinzelt; er bezeichnet lediglich den östlichen Endpunkt einer Reihe grosser und tiefer Seen, welche den Abfall der Schweizer Alpen bis zum Genfer See, dem grössten der Alpenseen begleiten. Man muss vom Bodensee weit nach Osten wandern, um auf einen ähnlich grossen See zu stossen. In den Alpen trifft man keinen zweiten mehr, erst mitten im ungarischen Becken begegnet man einem weiteren solchen Spiegel, dem grössten Mitteleuropas, den 614 qkm messenden Plattensee. Aber wie weit entfernt sich dieser vom schwäbischen Meere in der Gestaltung seiner Wanne! Ist er doch im Mittel höchstens $1\frac{1}{2}$ Mann tief, und sein Volumen (1,535 cbkm) entspricht etwa der Schwankung im Wasserinhalte des Bodensees in einem einzigen Jahre. So unterscheiden sich Alpensee und Steppensee.

Tabelle I.

Bodensee	Isohypsenfläche im Meeresniveau		Wahre Isohypsenfläche grösser als im Meeresniveau		Ent- wicklung der Isohypsen
	Flächeninhalt qkm	Umfang km	‰	qkm	
Hochwasser	577,55		0,13	0,07	
Mittelwasser	538,52	284,5	0,12	0,06	3,46
2 m Tiefe	486,98		0,12	0,06	
10 „ „	444,39	245,9	0,12	0,05	3,29
20 „ „	412,66	226,9	0,12	0,05	3,15
30 „ „	378,11	192,1	0,12	0,05	2,79
40 „ „	353,91	179,0	0,11	0,04	2,68
50 „ „	328,42	165,2	0,11	0,04	2,57
60 „ „	306,40	156,8	0,11	0,03	2,53
70 „ „	285,20	146,6	0,10	0,03	2,41
80 „ „	265,62	133,0	0,10	0,03	2,30
90 „ „	247,33	130,1	0,10	0,02	2,34
100 „ „	228,59	128,0	0,09	0,02	2,39
110 „ „	207,80	117,2	0,09	0,02	2,13
120 „ „	187,54	108,2	0,09	0,02	2,70
130 „ „	167,04	101,7	0,08	0,01	2,22
140 „ „	146,19	93,6	0,08	0,01	2,19
150 „ „	124,42	79,9	0,08	0,01	2,02
160 „ „	107,78	74,1	0,07	0,01	2,01
170 „ „	91,80	69,8	0,07	0,01	2,05
180 „ „	74,97	60,6	0,07	0,01	1,97
190 „ „	63,63	55,0	0,06	0,00	1,94
200 „ „	52,76	51,9	0,06	0,00	2,02
210 „ „	41,61	43,5	0,06	0,00	1,69
220 „ „	32,26	36,6	0,05	0,00	1,81
230 „ „	25,31	30,5	0,05	0,00	1,71
240 „ „	17,72	23,9	0,05	0,00	1,60
250 „ „	4,18	9,4	0,05	0,00	1,31
Obersee					
Hochwasser	504,49		0,13	0,07	
Mittelwasser	475,49	185,2	0,12	0,05	2,40
2 m Tiefe	441,19		0,12	0,05	
10 „ „	410,45	173,9	0,12	0,05	2,42
20 „ „	393,58	174,9	0,12	0,05	2,49
30 „ „	373,34	173,6	0,12	0,04	2,53
40 „ „	352,33	170,8	0,11	0,04	2,57
Untersee					
Hochwasser	73,06		0,13	0,01	
Mittelwasser	63,03	99,2	0,12	0,01	3,52
2 m Tiefe	45,79		0,12	0,01	
10 „ „	33,94	72,0	0,12	0,00	3,49
20 „ „	19,08	52,0	0,12	0,00	3,36
30 „ „	4,77	18,4	0,12	0,00	2,38
40 „ „	1,58	8,2	0,11	0,00	1,84

Tabelle

Bodensee		Volumen des Bodensees	
		Als Kegelstümpfe berechnet aus den Flächen	aus den Flächen und deren Umfang
Hochwasservolumen		1283,2	
Tiefenschicht von	0— 2 m	1025,1	} 4903,2
"	" 2— 10 "	3724,2	
"	" 10— 20 "	4284,3	4283,0
"	" 20— 30 "	3952,6	3949,0
"	" 30— 40 "	3659,4	3658,6
"	" 40— 50 "	3410,9	3409,9
"	" 50— 60 "	3173,5	3173,2
"	" 60— 70 "	2957,4	2956,9
"	" 70— 80 "	2753,5	2752,5
"	" 80— 90 "	2564,2	2564,4
"	" 90—100 "	2379,0	2379,4
"	" 100—110 "	2181,1	2180,5
"	" 110—120 "	1975,8	1975,3
"	" 120—130 "	1771,6	1771,9
"	" 130—140 "	1565,0	1564,7
"	" 140—150 "	1351,6	1350,2
"	" 150—160 "	1160,0	1160,0
"	" 160—170 "	996,8	997,6
"	" 170—180 "	832,4	831,8
"	" 180—190 "	692,2	692,1
"	" 190—200 "	581,1	580,9
"	" 200—210 "	470,7	470,1
"	" 210—220 "	368,3	368,0
"	" 220—230 "	287,1	286,8
"	" 230—240 "	214,0	213,1
"	" 240—250 "	101,7	99,6
"	" 250—252 "	2,8	2,8
"	" 0—252 "	48436,3	48575,5
Volumen bei Hochwasser		49719,5	
Obersee			
Hochwasservolumen		1126,8	
Tiefenschicht von	0— 2 m	916,5	} 4426,4
"	" 2— 10 "	3405,8	
"	" 10— 20 "	4019,9	4020,1
"	" 20— 30 "	3834,2	3834,4
"	" 30— 40 "	3627,8	3628,1
"	" 40— 50 "	3403,0	3403,0
"	" 0—252 "	47588,4	47683,8
Volumen bei Hochwasser		48715,2	
Untersee			
Hochwasservolumen		156,4	
Tiefenschicht von	0— 2 m	108,4	} 477,3
"	" 2—10 "	317,7	
"	" 10—20 "	261,6	261,1
"	" 20—30 "	111,3	107,8
"	" 30—40 "	30,3	29,7
"	" 40—46 "	3,2	3,2
"	" 0—46 "	832,5	879,1
Volumen bei Hochwasser		988,9	

III.

in Millionen Kubikmetern.

Durch Mittelbildung berechnet	Nach der Simpson'schen Formel berechnet	Wahr- scheinlicher Wert	Volumenvergrößerung infolge der Erhebung
1283,5		1283	0,17
1025,5		1026	0,12
3725,4		3692	0,45
4285,2	} 8243,8	4297	0,51
3953,8		3942	0,47
3660,0	} 7073,9	3668	0,42
3411,6		3406	0,38
3174,1	} 6130,7	3174	0,35
2958,0		2957	0,33
2754,1	} 5316,7	2752	0,28
2564,7		2562	0,26
2379,6	} 4565,0	2377	0,24
2181,9		2178	0,20
1976,7	} 3750,0	1980	0,18
1772,9		1770	0,16
1566,1	} 2920,7	1579	0,13
1353,0		1347	0,11
1161,0	} 2157,8	1160	0,08
997,9		998	0,07
833,8	} 1517,7	830	0,06
693,0		686	0,05
581,9	} 1054,3	590	0,03
471,8		470	0,03
369,3	} 653,2	368	0,02
287,8		285	0,01
215,1	} 334,6	218	0,01
109,5		116	0,01
4,2		4	0,00
48467,9		48432	4,96
49751,4		49715	5,13
1126,9		1127	0,15
916,7		917	0,11
3406,6		3385	0,41
4020,1	} 7860,4	4032	0,48
3834,6		3828	0,46
3628,3	} 7036,9	3636	0,40
3403,7		3401	0,37
47616,4	} 6574,7	47600	2,23
48743,3		48727	2,38
156,5		156	0,02
108,8		109	0,01
318,9		307	0,04
265,1	} 383,4	265	0,03
119,3		} 132,5	114
31,8	32		0,00
4,7		5	0,00
848,6		832	0,09
1005,1		988	0,11

Tabelle II.

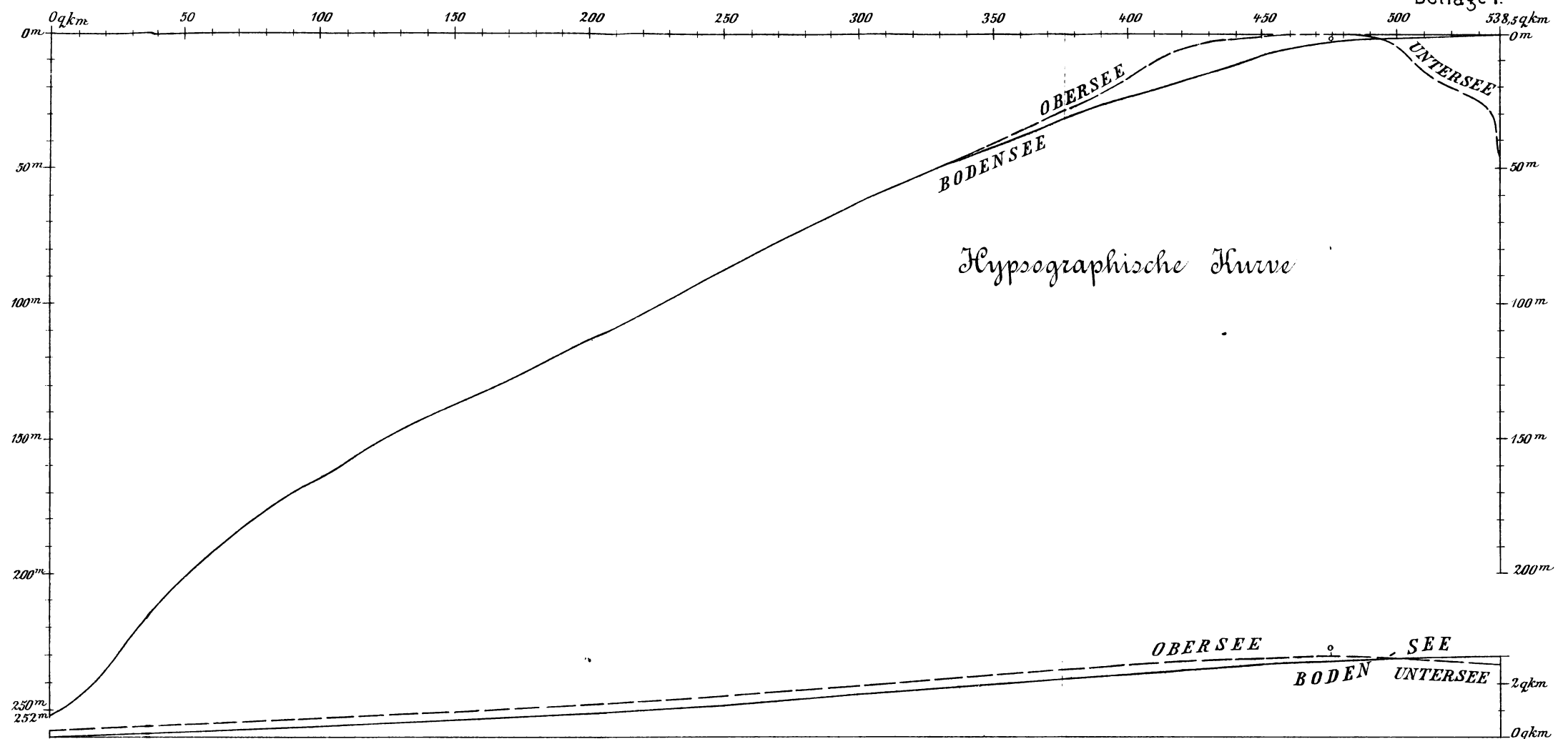
Bodensee	Flächeninhalt der Stufe	Mittlere Böschung	Bodenfläche der Stufe grösser als deren Spiegelfläche in		Mittlere Höhe der einzelnen Stufe
			qkm	‰	
Tiefenstufe von m	qkm	‰	‰	qkm	m
0—10	94,12	28,17	0,40	0,037	4,88
10—20	31,73	74,50	2,78	0,088	4,93
20—30	34,55	60,06	1,81	0,062	4,86
30—40	24,20	76,47	2,93	0,071	4,94
40—50	25,49	67,52	2,28	0,058	4,93
50—60	22,02	73,11	2,67	0,059	4,96
60—70	21,20	71,56	2,56	0,054	4,95
70—80	19,58	71,40	2,55	0,050	4,92
80—90	18,29	77,39	3,00	0,055	4,98
90—100	18,74	68,86	2,37	0,044	4,99
100—110	20,79	58,97	1,74	0,036	4,93
110—120	20,26	55,63	1,55	0,031	4,93
120—130	20,50	51,20	1,31	0,027	4,95
130—140	20,85	46,83	1,10	0,023	4,93
140—150	21,77	39,85	0,79	0,017	4,87
150—160	16,64	46,27	1,07	0,018	4,94
160—170	15,98	45,03	1,04	0,016	4,98
170—180	16,83	38,74	0,75	0,013	4,88
180—190	11,34	50,97	1,30	0,015	4,92
190—200	10,87	49,17	1,21	0,013	4,95
200—210	11,15	42,78	0,92	0,010	4,85
210—220	9,35	42,84	0,92	0,009	4,86
220—230	6,95	48,28	1,17	0,008	4,85
230—240	7,59	35,84	0,64	0,005	4,73
240—250	13,54	12,37	0,08	0,001	4,27
250—252	4,18	2,25	0,00	0,000	0,67
0—252	538,51	52,03	1,55	0,820	
Obersee					
0—10	65,03	27,62	0,38	0,025	4,95
10—20	16,87	103,40	5,29	0,089	5,00
20—30	20,24	86,18	3,72	0,075	4,99
30—40	21,01	81,98	3,36	0,071	4,99
40—50	23,91	70,27	2,47	0,059	4,97
0—252	475,49	53,67	1,73	0,823	
Untersee					
0—10	29,09	29,43	0,43	0,013	4,74
10—20	14,86	41,72	0,87	0,013	4,73
20—30	14,31	24,60	0,30	0,004	4,20
30—40	3,19	41,72	0,87	0,003	4,36
40—46	1,58	15,57	0,12	0,000	2,00
0—46	63,03	31,76	0,52	0,033	

Tabelle IV.
Ueberlinger See.

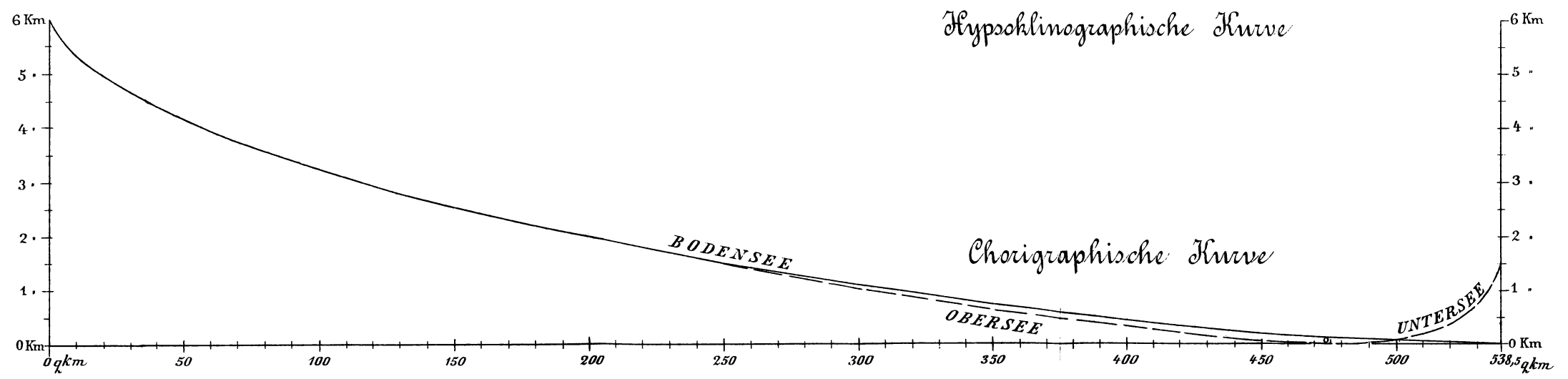
	Flächen- inhalt qkm	Umfang		Tiefenstufe		Tiefenschicht
		km	Von Hochwasser bis 0 m	qkm	Millionen cbm	
Hochwasser	40,67			1,88		91,4
von 0 m Tiefe	38,79	35,7	von 0—	2 m	2,69	74,9
„ 2 „ „	36,10		„ 2—	10 „	0,90	273,2
„ 10 „ „	32,21	34,8	„ 10—	20 „	1,61	332,0
„ 20 „ „	34,19	34,0	„ 20—	30 „	1,44	334,6
„ 30 „ „	32,74	33,3	„ 30—	40 „	1,69	318,9
„ 40 „ „	31,05	32,6	„ 40—	50 „	2,14	299,8
„ 50 „ „	28,91	31,9	„ 50—	60 „	2,41	277,0
„ 60 „ „	26,49	31,2	„ 60—	70 „	2,30	253,4
„ 70 „ „	24,19	29,2	„ 70—	80 „	2,33	230,2
„ 80 „ „	21,86	28,0	„ 80—	90 „	2,54	205,9
„ 90 „ „	19,32	26,3	„ 90—	100 „	3,01	173,1
„ 100 „ „	16,31	25,6	„ 100—	110 „	3,96	143,3
„ 110 „ „	12,35	22,2	„ 110—	120 „	3,34	106,8
„ 120 „ „	9,01	17,2	„ 120—	130 „	3,14	74,4
„ 130 „ „	5,87	14,5	„ 130—	140 „	2,79	44,8
„ 140 „ „	3,09	9,8	„ 140—	146 „	3,09	9,3
					<u>38,79</u>	<u>3156,6</u>

Tabelle V.
Züricher See.

	Areal der Tiefenstufe		Volumen der Tiefenschicht		Areal der Tiefenstufe		Volumen der Tiefenschicht	
	qkm	Millionen cbm	qkm	Millionen cbm	qkm	Millionen cbm	qkm	Millionen cbm
0 — 8,6 m	14,65	705,07	78,6—	88,6 m	1,60	178,10		
8,6—18,6 m	12,88	732,20	88,6—	98,6 m	2,03	159,95		
18,6—28,6 m	25,09	492,35	98,6—	108,6 m	1,90	140,30		
28,6—38,6 m	6,29	335,45	108,6—	118,6 m	2,87	116,45		
38,6—48,6 m	4,73	280,35	118,6—	128,6 m	4,85	77,85		
48,6—58,6 m	2,53	242,24	128,6—	138,6 m	4,30	32,10		
58,6—68,6 m	2,90	216,90	138,6—	143 m	1,06	2,12		
68,6—78,6 m	1,63	194,25	1—	143 m	89,31	3 905,68		
Untersee.			Obersee.					
0 — 8,6 m	9,96	550,92	0 — 8,6 m	4,69	154,15			
8,6—18,6 m	7,94	551,10	8,6—18,6 m	4,94	181,10			
18,6—28,6 m	20,91	406,85	18,6—28,6 m	4,18	85,50			
28,6—38,6 m	2,51	289,75	28,6—38,6 m	3,78	45,70			
38,6—48,6 m	2,47	264,85	38,6—48,6 m	2,26	15,50			
48,6—58,6 m	2,11	241,95	48,6—50 m	0,42	0,29			
0—143 m	69,04	3 423,44		20,27	482,24			



Hypsographische Kurve



Hypsoklinographische Kurve

Chorigraphische Kurve