

## Die Seen der Schweiz.

Eine geologische Skizze.

Einleitung. Kein Gebirge darf mit größerem Rechte Anspruch auf den Preis höchster Schönheit erheben als unsere Schweizer Alpen. Denn wenn sie auch nicht an die Majestät des Himalaya, aber auch nur allein an die des Himalaya nicht, reichen,<sup>1)</sup> so haben sie vor ihm und vor jeder anderen Erhebung der Erde das voraus, was nach dem übereinstimmenden Urteile der Aesthetiker und Psychologen dem landschaftlichen Bilde erst die Vollendung giebt, den Schmuck einer wunderbaren Fülle von Seen. Der See ist überall, wo er sich finden mag, die Seele und das Centrum der Landschaft, in dessen Spiegel sie wonnetrunken blickt, aus dem sie hold verklärt sich zurück empfängt; er ist es im eminenten Grade im Hochgebirg, wo das vom Schauen des Chaos wildzerzackter Felskolosse beunruhigte Gemüt besänftigt wird durch des Alpensees in Wiesengrün und Himmelsblau getauchte Fläche.<sup>2)</sup> Und zu dieser ästhetischen Befriedigung, die der Schweizer See gewährt, fügt er den nicht minder hohen Genuß, daß er den Verstand aufs tiefste zu erregen, an ihn die ernstesten Fragen zu stellen vermag. Denn warum haben nur die Schweizer Alpen solche Fülle von Seen, warum nicht der Kaukasus, der Himalaya, nicht die Anden und das Felsengebirge Amerikas, warum nicht einmal alle Teile der Alpen? Welche Kräfte waren geschäftig, den Boden zum Behälter ruhigen Wassers auszutiefen? Fehlen etwa solche Kräfte in anderen Gebirgen, oder sind sie nicht mehr oder auch vielleicht noch nicht thätig?

Vorliegende Arbeit will versuchen, eine möglichst befriedigende Antwort auf diese Fragen zu geben. Wir werden uns hierbei aber nicht durch die politischen Grenzen der Schweiz beengen lassen, sondern alle Seen in den Bereich unserer Betrachtung ziehen, die in Abhängigkeit von dem Schweizer Gebirge stehen, also auch solche behandeln, die, wie der Boden-, der Garda-, der Comer-See und der lago Maggiore ganz oder teilweise auf fremden Gebieten liegen.

Folgenden Weg aber wird unsere Untersuchung einschlagen. Um den Inhalt und Ernst der gestellten Fragen zu begreifen und die Möglichkeit einer Beantwortung derselben vorzubereiten, also nicht zum Zwecke leichten kombinatorischen Spiels, wollen wir unsere Aufmerksamkeit zunächst auf die äußere Erscheinung der Schweizer Seen richten, d. h. ihre Arten, ihre Zahl, die Größe ihres Spiegels, ihre Höhenlage, ihre Tiefe, ihren Zusammenhang

---

<sup>1)</sup> Pfaff, Fr.: Naturkräfte in den Alpen oder physikalische Geographie des Alpengebirges. München 1877. S. 32. Peschel, O.: Abhandlungen zur Erd- und Völkerkunde, herausgegeben von J. Löwenberg. Neue Folge. Leipzig 1878. S. 320. <sup>2)</sup> Wallmann, H.: Die Seen in den Alpen. Jahrbuch des österreichischen Alpenvereins. Band IV. Wien 1868. S. 1. Daniel, H.: Handbuch der Geographie. Frankf. 1861. S. 108.

mit Flusssystemen und Thalrinnen, ihre Richtung und Form etc. scharf in's Auge fassen. Dann soll uns die Ursache ihrer Auffüllung, weiter die Geschichte ihrer Entstehung, darauf eine Ruhezeit in ihrem Dasein, zuletzt ihr Ende beschäftigen. Im Laufe dieser Auseinandersetzungen werden die Rätsel, die sich an die Existenz der Seen knüpfen, zu einer hoffentlich befriedigenden Lösung gelangen. Eine Zusammenfassung der gewonnenen Resultate wird den Schluss der Arbeit bilden.

## 1.

**Die Schweizer Seen im allgemeinen.**

**Arten der Seen.** Auf dem Boden der Schweiz erheben sich zwei in Hinsicht auf horizontale und verticale Ausdehnung, wie in Hinsicht auf inneren Bau sehr verschiedenartige Gebirge, die Alpen und der Jura. Da beide Seen haben, so werden wir zunächst zwischen alpinen und jurassischen, und da die Seen hier wie dort ebensowohl den Rand des Gebirges, wie dessen Abhänge und Joche schmücken, zwischen alpinen Randseen und alpinen Bergseen, zwischen jurassischen Randseen und jurassischen Bergseen unterscheiden müssen. Die Erwägung endlich, daß nicht nur dem Nordrand, sondern auch dem Südrand der Alpen Seen vorgelagert sind, während nur die Südostseite des Jura solche Becken zeigt, veranlaßt uns noch zur Einteilung der Alpenrandseen in die des nördlichen und die des südlichen Randes.<sup>1)</sup>

**Zahl, Gröfse und Lage der Seen.** Was die jurassischen Hochseen anbeht, so ist ihre Zahl gröfser als die der jurassischen Randseen, doch wird sie die von zehn nicht übersteigen. Als wichtigste sind zu nennen der lac de Joux und der lac de Brenet, beide auf schweizerischem, der lac de St. Point, der lac de Remoray, der lac des Rousses und der lac de l'Abbaye, auf französischem Gebiete liegend. Von eigentlichen Randseen giebt es nur drei, den Neuenburger-, Bieler- und Murten-See. Die Gröfse aber des gesamten Seespiegels jener wird von dem dieser bei weitem übertroffen. Während nämlich den Bergseen des Jura höchstens ein Flächeninhalt von 12 □km zukommt, verbreiten sich diese über einen Raum von 315 □km, wobei auf den von Neuenburg 245, auf den von Biel 43, auf den von Murten 27 □km fallen. Es verhält sich also die Gröfse des Spiegels der jurassischen Bergseen zu der der Randseen etwa wie 1 zu 25.

In ganz merkwürdiger und viel bedeutenderer Weise als beim Jura übersteigt die Menge der alpinen Hochseen die der alpinen Randseen. Von diesen haben wir 34 zu verzeichnen, für jene wird die Zahl 300 nicht zu hoch gegriffen sein. Dagegen gestaltet sich das Verhältnis der Wasserfläche der alpinen Bergseen zu dem der alpinen Randseen ganz ähnlich wie beim Jura, nämlich wie 1 zu 25. Jene mögen einen Flächenraum von etwa 100 □km erreichen, diesen kommen 2480 □km zu. Demnach ist der Flächenraum, welchen die Schweizer Seen bedecken, ungefähr acht mal gröfser, als derjenige, über welchen die Jura-Seen sich verbreiten, was nicht in Verwunderung setzen darf, da die

<sup>1)</sup> Rüttimeyer, L.: Ueber Thal- und Seebildung. Beiträge zum Verständnis der Oberfläche der Schweiz. 2. Ausg. Basel 1874. S. 66 a.

Alpen in Hinsicht auf verticale und horizontale Ausdehnung den Jura auch um etwa das Achtfache übertreffen. Vergleicht man nun noch diese gewonnenen Zahlen mit der des Flächeninhalts der Schweiz (420 □Myrm), so wird ersichtlich, welch außerordentlich große Räume in der Schweiz von ruhendem Wasser eingenommen sind.

Der Gang unserer Darstellung führt uns nun dazu, eine Vergleichung zwischen den Seen des Nordrandes der Alpen mit denen des Südrandes anzustellen. Ihre Zahl ist, wenn wir etwa 2 oder 3 ganz unbedeutende weglassen, hier wie dort gleich, nämlich 17. Dagegen ergibt sich, daß der Gesamtflächeninhalt<sup>1)</sup> der nördlichen den der südlichen um mehr als ein Drittel übertrifft, was natürlich ist, da jene auf der ausgedehnteren Aufseite des Alpenhalbmondes, diese auf der schmaleren Innenseite desselben liegen. Die Richtigkeit unserer Angaben mag die beigefügte Tabelle darthun:

1. Genfer-See	= 580	□km	1. Garda-See	= 360	□km
2. Boden-See	= 540	„	2. Lago Maggiore	= 208	„
3. Vierwaldstätter-See	= 114	„	3. Comer-See	= 163	„
4. Züricher-See	= 88	„	4. Iseo-See	= 59	„
5. Thuner-See	= 48	„	5. Lac de Bourget	= 38	„
6. Zuger-See	= 39	„	6. Lac d'Annecy	= 28	„
7. Briener-See	= 30	„	7. Orta-See	= 17	„
8. Wallen-See	= 24	„	8. See von Varese	= 16	„
9. Sempacher-See	= 14	„	9. Idro-See	= 15	„
10. Hallwiler-See	= 10	„	10. See von Mezzola	= 14	„
11. Greiffen-See	= 10	„	11. See von Pusiano	= 7	„
12. Sarner-See	= 8	„	12. See von Annone	= 7	„
13. Egeri-See	= 7	„	13. See von Comabbio	= 5	„
14. Baldegger-See	= 7	„	14. See von Mergozzo	= 4	„
15. Pfäffikon-See	= 5	„	15. See von Monate	= 4	„
16. Lowerz-See	= 5	„	16. See von Spinone	= 3	„
17. Wauwiler-See	= 1	„	17. See von Alserio	= 2	„
	Summa 1530	□km		Summa 950	□km

Wenden wir nun unsern Blick den alpinen Hochseen zu, so ist ihre Zahl, wie schon erwähnt, eine ganz enorme, aber sie sind zum größten Teile außerordentlich klein; der größte derselben, der von Sils, einer der Inneseen, erreicht kaum die Größe des kleinen Randsees von Baldegg. Als bekannteste und umfangreichste gelten außerdem die ebenfalls zum Gebiet des obern Inn gehörenden Seen von Silvaplana, Campher und Moritz, ferner der See von Poschiavo, welcher südlich vom Bernina-Pass, der Ritom-See, welcher in einem Seitenthale des oberen Tessin, der Oeschinen-See, der bei Kandersteg in der Nähe der Blümlisalp liegt, ferner der Dauben-See auf der Gemmi, der Engstelen-See am Fusse

<sup>1)</sup> Die Angaben über den Flächeninhalt der Seen differiren bei den verschiedenen Schriftstellern. Wir sind im Grossen und Ganzen denen von Fr. Pfaff „Naturkräfte in den Alpen S. 104“ gefolgt, haben uns aber erlaubt, die Zahlen abzurunden und bei den kleineren das Maß nur annähernd anzugeben.

des Titlis, der Klön-See bei der Stadt Glarus, der Mattmark-See am Monte Moro und der Combal-See in der Allee blanche. Andere kleinere Seen, nichts weiter als unbedeutende Wasserschalen, führen wir hier nicht dem Namen nach auf, bemerken jedoch, daß man sie nicht übersehen darf, weil an ihnen das Gesetz der Seebildung, ebenso gut wie an den größern und dazu übersichtlicher, sich geltend macht. Viele derselben werden hier noch zur Besprechung kommen.

Wo aber werden diese Bergseen sich am dichtesten zusammendrängen? Eine sorgfältige Betrachtung der Specialkarte lehrt, daß sie in der Nähe der Mittelpunkte größter Massenerhebung und Massenanschwellung am zahlreichsten zu finden sind.<sup>1)</sup> So entbehrt fast kein Thal in der Nähe des Gotthard der Seen, Uri hat deren allein gegen 40,<sup>2)</sup> der Gotthard selbst gegen 20,<sup>3)</sup> eine erhebliche Zahl liegt auf der Grimsel, im Gebiete des Rheins von Medels, im Val Piora und an der oberen Tosa und Maggia. Weiter weist Graubünden eine große Zahl von Bergseen auf,<sup>4)</sup> wie im Gebiet des oberen Inn, des Bernina, des Julier und in dem zur oberen Lombardei gehörigen Val Malenco. Außerordentlich ist endlich auch noch das Wallis mit Seen gesegnet, wo sie fast in allen Thälern lagern, die ihr Wasser zur Rhone hinabführen.

Höhenlage der Seespiegel. Bei der nun zu erledigenden Aufgabe, die Höhenlage der Seespiegel im Verhältnis zur Meeresfläche zu bestimmen, dürfen wir von der Unterscheidung der Seen in jurassische und alpine absehen und nur die von Randseen und Hochseen beobachten. Hierbei ergibt sich eine Menge höchst auffallender Erscheinungen. Der höchste aller bekannten Schweizer Seen ist der lago di Cima im Val Malenco, 3014 m hoch. Höher hinauf dürfen wir kaum noch einen See erwarten, da sich hier jede etwaige Bodenvertiefung mit Eis und Schnee bedeckt; zu den Hochgipfeln aber können sie nicht steigen, weil es ihnen hier an Material zur Bildung der Wände fehlt, wie sich später klar ergeben wird. Die nach dem lago di Cima kommenden höchsten Seen liegen sofort 300 m tiefer, nämlich der lago di Forcella (2680 m) in Graubünden, die Seen des Col de la Fenêtre (2680 m) und die des Rawylpasses im Canton Wallis (2674 m). Diese zuletzt genannten werden gewöhnlich als die höchsten der Schweiz bezeichnet.<sup>5)</sup> Eine merkwürdige Thatsache ist aber diese, daß die Bergseen am zahlreichsten sich in der Höhe zwischen 2700 und 2000 m finden, daß sie an Zahl abnehmen in der Höhe von 2000 bis 1400 m, und daß sie nur spärlich in der Höhe von 1400—700 m anzutreffen sind. Ein auffälliger Mangel an Seen macht sich in der Lage zwischen 1400 und 1200 m bemerkbar.<sup>6)</sup> Von der Wahrheit des Gesagten soll die weiter unten aufgestellte Tabelle keinen Beweis, wohl aber davon ein Zeugnis ablegen, daß dem Verfasser sein Material in dem Verhältnisse zur Auswahl bereit stand, wie es dort aufgezeichnet wurde. Am tiefsten sinkt in der Zahl der Bergseen etwa das oberhalb des Rütli gelegene Seelisberger-Seeli hinab.

Von den Randseen liegt der Egeri-See in Zug (728 m) am höchsten; eine Stufe tiefer trifft man auf die von Brienz (563 m), Thun (556 m) und Sempach (507 m). Ganz überraschend groß ist die Menge des Seegebietes in der Höhe zwischen 500 bis 400 m, denn

<sup>1)</sup> Rüttimeyer, a. a. O. S. 67a. <sup>2)</sup> Tschudi: Das Thierleben der Alpenwelt. 7. Aufl. Leipzig 1865. S. 227. <sup>3)</sup> cf. John Tyndall: In den Alpen. Deutsche Ausgabe. 2. Aufl. Braunschw. 1875. S. 139. <sup>4)</sup> Tschudi, a. a. O. S. 228. <sup>5)</sup> Daniel, a. a. O. S. 105. <sup>6)</sup> Rüttimeyer, a. a. O. S. 68a. Wallmann, a. a. O. S. 37.

hier finden sich, um nur die wichtigsten zu nennen, die 3 Jura-Seen, die von Wallenstadt und Zürich und der Vierwaldstätter-See. Die tiefste Lage nehmen auf dem Nordrande der Genfer- und Boden-See ein. — Erstaunlich tief aber steigen, mit Ausnahme des lac d'Annecy, sämtliche oberitalische Seen hinab, und von diesen der lago di Garda bis auf 69 m Meereshöhe.

## Lage der Seespiegel über dem Meere.<sup>1)</sup>

### Bergseen.

	Lago di Cima (Graub.) 3014 m.
3000 m	
2900 "	
2800 "	
2700 "	
	Seen des Col de la Fenêtre (Wallis) 2680, lago di Forcella (Graub.) 2680, Seen am Rawylpafs (Wallis) 2674, Brodel-See am Griesgletscher (Wallis) 2601.
2600 "	Stelli-See bei Zermatt (Wallis) 2600.
	Laihs da Raveischg (Graub.) 2585, Lievras-See (Graub.) 2566, Dronaz-See (Wallis) 2553, Toten-See auf der Grimsel (Wallis) 2504.
2500 "	
	Geifspfad-See (Wallis) 2475, Mutten-See (Glarus) 2465, Scuro-See, Quelle des Mittelrheins, (Graub.) 2453.
2400 "	
	Seen des großen St. Bernhard (Wallis) 2394, Toma-See, Quelle des Rheins, (Graub.) 2352, Merjelen-See (Wallis) 2350.
2300 "	
	Lago bianco (Graub.) 2229, Lago nero (Graub.) 2222, Dauben-See (Wallis) 2206.
2200 "	
	Lago di Moësole auf der Pfahöhe des Bernardin (Graub.) 2140, Mattmark-See auf dem Monte Moro (Wallis) 2123.
2100 "	
	Lucendro-See auf dem St. Gotthard (Uri) 2083, Oberalp-See, die Hauptquelle der Reufs, (Uri) 2022.
2000 "	
	Lüscher-See (Graub.) 1950, Melch-See (Unterw.) 1949, Combal-See (Sardinien) 1931.
1900 "	
	Trüb-See (Unterw.) 1884, Engstelen-See (Bern) 1852, Ritom-See (Tessin) 1829.
1800 "	
	Silser-See (Graub.) 1796, Silvaplana-See (Graub.) 1794, Moritz-See (Graub.) 1767, Formarin-See, Quelle des Lech, (Vorarlberg) 1786.
1700 "	
	Seealp-See (Baiern) 1630.
1600 "	
	Öschinen-See (Bern) 1588, Davoser-See (Graub.) 1561.
1500 "	
	Reschen-See, Quelle der Etsch, (Tirol) 1475, lac de Derborence (Wallis) 1436.

<sup>1)</sup> Die Angaben sind zum größten Teile der hypsometrischen Karte von J. M. Ziegler (5. Ausg., Zürich und Winterthur 1873) entnommen. Ebenfalls wurden benutzt: „Naturkräfte“ von Pfaff, „die Seen der Alpen“ von Wallmann und C. Vogts „Lehrbuch der Geologie und Petrefactenkunde“. 7. Aufl. Braunsch. 1879.

1400 m	
1300 "	
1200 "	Semtis-See (Appenzell) 1200.
	Seealp-See (Appenz.) 1172.
1100 "	
	lac de Joux (Waadt) 1109, lac de Brenet (Waadt) 1109.
1000 "	
	See von Poschiavo (Wallis) 955.
900 "	
	Klön-See (Glarus) 804.
800 "	
	Seelisberger-Seeli (Uri) 728.

### Randseen.

800 "	
	Egeri-See (Zug) 728.
700 "	
600 "	
	Brienzer-See (Bern) 563, Thuner-See (Bern) 556, Pfäffikon-See (Zürich) 541, Sempach-See (Luzern) 507.
500 "	
	Sarner-See (Unterw.) 473, Baldegger-See (Luzern) 471, See von Annecy (Savoyen) 460, Hallwiler-See (Aargau) 452, Lowerz-See (Schwyz) 450, Greiffen-See (Zürich) 439, Vierwaldstätter-See (Luzern) 437, Neuchâtel-See (Neuenburg) 435, Murten-See (Freiburg) 435, Bieler-See (Bern) 435, Wallen-See (St. Gallen) 425, Zuger-See (Zug) 417, Züricher-See (Zürich) 408.
400 "	
	Boden-See (Thurgau) 398, Genfer-See (Genf) 375, Orta-See (Sardinien) 370.
300 "	
	See von Lugano (Tessin) 270, See von Varese (Lombardei) 259, Lac de Bourget (Savoyen) 227, Comer-See (Lombardei) 212.
200 "	
	Lago Maggiore (Tessin) 196, Iseo-See (Lombardei) 192.
100 "	
	Garda-See (Lombardei) 69.
— "	Meeresspiegel.

Tiefe der Seen. Weiter bedarfes über die Tiefe der Seen<sup>1)</sup>, d. h. über den Abstand des Seespiegels von dem tiefsten Punkte des Seebodens, noch einiger Notizen. Leider sind wir aber bei der geringen Zahl von Messungen nur im Stande, über die wichtigsten Seen annähernd sichere Angaben zu machen: Murten-See 48 m, Bieler-See 78, Züricher-See 142, Neuchâtel-See 144, Vierwaldstätter-See 155, Thuner-See 213, Brienzer-See 258, Boden-See 276, Luganer-See 278, Garda-See 288, Genfer-See 300, Iseo-See 340, Comer-See 603, lago Maggiore 853 m. Darnach ist das Becken des Murten-Sees am wenigsten, das des lago Maggiore am meisten ausgetieft. Comer-See und lago Maggiore erreichen mit ihrem Seeboden eine Tiefe, die über doppelt so groß ist, als die des tiefsten Sees des Nordrandes, nämlich des von Genf.

<sup>1)</sup> Man vergleiche hierzu Rütimeyer, Wallmann, Pfaff und die neuesten Ausgaben der Reisehandbücher von Bäderer und Meyer. Am meisten schwanken die Angaben in Hinsicht auf den Vierwaldstätter-See.

Höhenlage des tiefsten Punktes der Seen. Unsere Betrachtung der Höhenlage der Seen wird aber erst zum Abschlusse gelangt sein, wenn wir das Verhältnis ihrer tiefsten Punkte zum Meeresspiegel uns klar gemacht haben, und hier werden wir zu der Erkenntnis einer Thatsache gelangen, die zu erstem Nachdenken Veranlassung giebt. Es liegen nämlich diese tiefsten Punkte bei dem Züricher-See 256, bei dem Murtener- 387, bei dem Bieler- 357, bei dem Thuner- 343, bei dem Brienzer- 305, bei dem Neuenburger- 291, bei dem Vierwaldstätter- 282, bei dem Boden- 122, bei dem Genfer-See 75 Meter **über** dem Spiegel des adriatischen Meeres, dagegen sinkt der tiefste Punkt des Luganer-Sees um 8, der des Iseo-Sees um 148, der des Garda-Sees um 219, der des Comer-Sees um 391, der des lago Maggiore um 657 Meter **unter** den Meeresspiegel hinab. Mit anderen Worten heisst das: Eine von der tiefsten Stelle der Seen bis nach Brugg geführte, gleichmässig sich neigende Rinne würde dem Züricher-, dem Murtener-, dem Bieler- und Thuner-See das Ende bereiten, eine solche bis unterhalb Säckingen geführte dem Brienzer-, dem Neuenburger- und dem Vierwaldstätter-See; sollte dasselbe mit dem Boden-See geschehen, so müßte sie bis Straßburg verlaufen<sup>1)</sup>, der Genfer-See würde einer Rinne bedürfen, die sich bis Valence an der Rhone erstreckte. Dagegen vermöchte eine solche bis zum adriatischen Meere gezogene Rinne die oberitalischen Seen nicht zu beseitigen, vielmehr würde der lago Maggiore immer noch die ungeheure Tiefe von 657 m behalten. — Schliesslich sei noch gesagt, daß der Spiegel des von allen Schweizer Seen am höchsten gelegenen lago di Cima von der tiefsten Stelle des lago Maggiore 3671 Meter oder 11 295 par. Fuss in senkrechter Richtung entfernt ist.

Zusammenhang der Seen mit Flufssystemen. Jetzt wird es an der Zeit sein, die Seen in Hinsicht auf Zufluss und Abfluss, d. h. in ihrem Zusammenhange mit Flufssystemen zu betrachten. Ein See hat dann weder Zufluss noch Abfluss nötig, wenn er durch Verdunstung so viel an Feuchtigkeit verliert, wie ihm durch meteorische Wasser zugeführt wird. Solch ein Fall kann aus später zu erörternden Gründen in der Schweiz nicht vorkommen. Wohl aber ist es möglich, daß entweder Zufluss oder Abfluss oder beide zugleich unsichtbar sind; dann wird im ersteren Falle der See durch Quellen, die unter seinem Spiegel liegen, ernährt. Beispiele hierfür geben nur einige hochgelegene Seen. Im zweiten Falle wird der Ueberschuss des zugeführten Wassers durch unterirdische Kanäle beseitigt, und dieses Wasser tritt dann weiter unten im Thale als Quelle zu Tage. Eine kreisende Bewegung auf dem Spiegel des Sees bezeichnet den senkrecht darunter liegenden Punkt als die Stelle, wo das Wasser einsinkt<sup>2)</sup>. Beispiele solcher Seen bilden der Dauben-See auf der Gemmi, der Seewli-See oberhalb des Reufstales, der Lüscher-See bei Thusis, der Oberblegi-See, der Ober- und Nieder-See in der Nähe von Glarus und der Semtis- und Fählen-See im Kanton Appenzell. Ein Beispiel für den Fall, wo sowohl Zufluss wie Abfluss unsichtbar sind, ist dem Verfasser nicht bekannt. — Als Regel gilt es für die Schweiz, daß die Seen sichtbaren Zufluss und sichtbaren Abfluss haben. Dann liegen mit seltenen Ausnahmen Mündungs- und Ausflusspunkt an den Enden der Längsachse des Sees, der um so langgestreckter ist, je mehr er in der Tiefe des Thales, um so ovaler, je mehr er in der Nähe der Joche liegt. Man kann hierbei nicht übersehen, daß die Quellen fast aller Flüsse

<sup>1)</sup> Rütimeyer, a. a. O. S. 83. <sup>2)</sup> Wallmann, a. a. O. S. 37.

der Schweiz durch Seen rinnen, so die des Rheins durch lago Dim, lago Scur, lago Fozera und lago Inslah<sup>1)</sup>, der Reufs durch den See von Lucendro, des Tessin durch den Sella-See, der Aare durch die Seen der Grimsel, des Inn durch die von Lugny, Sils, Silvaplana, Campher und Moritz, des Lech durch den Formarin-See. Oder es fliessen die Bäche, welche grössere Flüsse speisen, durch Seen. So ernähren die durch die Bernina-Seen gehenden Bäche teilweise den Inn, teilweise die Adda, die Abflüsse der Seen des Val Piora, nämlich lago Cadagno, lago Tom und lago Ritom, eilen zum Tessin, aus dem Mattmark-See fliest die Visp zur Rhone, der Ausfluss des Reschen-, Mitter- und Heider-Sees strömt zur Etsch. Ebenso bemerkenswert ist die Thatsache, dass auch fast durch alle Randseen Flüsse strömen, und dass die Grösse des Sees diesem Flusse entspricht.<sup>2)</sup> So sendet der Rhein seine Gewässer durch den Boden-, die Rhone durch den Genfer-, die Reufs durch den Vierwaldstätter-, die Aare durch den Briener- und Thuner-, die Linth durch den Züricher-, der Tessin durch den Langen-, die Adda durch den Comer-, der Oglio durch den Iseo-See. Nur der kleine Mincio steht im Missverhältnis zum grossen Garda-, die unbedeutende Lorze zum Zuger-, die Orbe zum Neuenburger- und Bieler-See; der von Lugano endlich ist von gar keinem Flusse durchströmt.

Lage der Seen in Querthälern und ihre Form. Weiter dürfen wir es nicht unbeachtet lassen, dass sämtliche Seen, vielleicht etwa mit Ausnahme des einzigen von Genf, sich durch Querthäler ziehen oder an dem Rand von Querthälern liegen, und dass sie diese Lage ihrer Beziehung zu den Flüssen verdanken. Der Fluss hat auch die Form und Richtung des Sees bestimmt. Denn während die des Südrandes der Alpen von Norden nach Süden streichen, schlagen von denen des Nordrandes die westlichen eine von Südwest nach Nordost gehende, die östlichen eine von Südost nach Nordwest gehende Richtung ein. Und selbst diejenigen, welche von dem allgemeinen Gesetze abweichen, nämlich die von Brienz und Thun, haben das unverkennbare Bestreben nach einem Punkte hin, der alle Gewässer des Nordrandes der Alpen aufnimmt und sie dem Rheine und der Nordsee zuführt. Dieser Punkt liegt an der Stelle, wo die Aare in den Rhein mündet. Als eine Kombination der drei Hauptrichtungen darf der Vierwaldstätter-See angesehen werden. Nicht unschwer wird man hierin den Grund erkennen, weshalb er als der schönste aller europäischen Seen, vielleicht aller Seen der Erde gilt.

Nach diesen vorbereitenden Auseinandersetzungen, in denen wir die Geduld der Leser zu unserem Bedauern, aber notgedrungen, auf eine harte Probe stellen mussten, dürfen wir zu denjenigen Teilen unserer Arbeit übergehen, welche der Lösung der am Anfange gestellten Fragen zustreben.

## 2.

**Die Auffüllung der Seen.**

Vorbemerkungen. Die Merkmale, die der Begriff des Sees hat, sind etwa folgende: Es gehört dazu erstens eine beckenförmige Austiefung des Erdbodens, dann, dass diese mit Wasser angefüllt ist, weiter, dass dieses Wasser sich in ihm durch Jahrhunderte hindurch stehend

<sup>1</sup> Tschudi: Das Tierleben der Alpenwelt. 7. Aufl. Leipzig 1865. S. 228. <sup>2</sup>) Rüttimeyer, a. a. O. S. 73 a.

erhält, endlich, daß die Wasserfläche eine gewisse Größe besitzt. Fehlt das letzte Merkmal, so sinkt der See in der Vorstellung der Menschen zum Teich herab, und das ist in der Schweiz bei einer Menge von Becken der Fall; fehlt ihm das vorhergenannte, so wird er zur Lache, deren Wasser seine Ansammlung in flacher Schale nur einem zufälligen, sich gar nicht oder nur selten und unregelmäßig wiederholenden Ereignis verdankt und unter dem Einflusse der Verdampfung schnell wieder verschwindet. Solche Erscheinungen bietet die Schweiz ebenfalls sehr häufig. Es kann aber auch großen und tiefen Becken die Auffüllung fehlen. Dieser Fall kommt in der Schweiz nie vor, kann in ihr nicht vorkommen. Warum nicht? Es finden sich doch weite wasserlose Becken in Turan, Depressionen bis unter den Meeresspiegel in der Sahara und in der Coloradowüste. Ja das Becken, auf dessen Grunde der Jordan zum toten Meere fließt, sinkt tiefer als irgend eine andere Stelle der Erde unter die Fläche des Mittelmeeres und ist nur wenige Meilen von diesem entfernt. Dennoch haben sich nur die tiefsten Lagen mit Wasser angefüllt. Offenbar deshalb, weil in allen den genannten Gegenden das Maß der feuchten Niederschläge von dem der Verdunstung bei weitem überstiegen wird. In der Schweiz aber findet das umgekehrte Verhältnis statt. Die Menge der atmosphärischen Niederschläge übertrifft so sehr das Quantum des verdampfenden Wassers, daß alle Becken nicht nur sich mit Wasser füllen, sondern auch überlaufen und einen großen Teil Europas mit dem segensreichen Nafs versorgen. Den Grund für diese den Alpen eigne wunderbare Wasserfülle finden wir in folgender Betrachtung.

Grund der Auffüllung. Bekanntlich dreht sich die Erde von Westen nach Osten um ihre Achse, und mit ihr bewegt sich alles auf dem Erdboden Befindliche, also auch die Luft, in derselben Richtung und mit der gleichen Geschwindigkeit wie jene. Da die Erde eine Kugel ist, so wird natürlich jeder Punkt, der nördlich oder südlich vom Aequator sich befindet, eine langsamere Bewegung haben, als der Aequator selbst, und zwar eine um so langsamere, je näher er dem einen oder anderen Pole liegt. Die auf dem Erdboden gelagerte Luft hat aber auch das Vermögen und Verlangen, sich über den Erdboden zu schieben, und zwar die an den Polen befindliche zum Aequator, und die über dem Aequator schwebende zu den Polen hin. Indessen das von den Polen zum Aequator eilende Luftquantum vermag auf seinem Wege den immer schneller sich bewegenden Punkten der Erdoberfläche, weil es seine Anfangsgeschwindigkeit nicht durchaus aufzugeben vermag, nicht zu folgen, die Erde bewegt sich also unter ihm fort. Die von dem Aequator zu den Polen eilende Masse hingegen bewegt sich aus demselben Grunde schneller als die erreichten Stellen, schiebt sich also über der Erde fort, d. h. die von den Polen kommende Luft strebt nicht bloß nach Süden, sondern auch nach Westen, wird sich demgemäß auf unserer Halbkugel als nordöstliche, und die vom Aequator kommende zieht ebenso wohl nach den Polen als nach Osten, wird sich also bei uns als südwestliche Strömung geltend machen<sup>1)</sup>.

Dieser südwestlichen Luftströmung haben die Alpen ihre Wasserfülle zu verdanken.<sup>2)</sup> Denn die unter dem Aequator erwärmte, mit der Feuchtigkeit tropischer Meere gesättigte, als Südwestwind empfundene Luft fährt auf ihrem Wege nach Nordosten nur über Wasserflächen und Ebenen hin, an die sie nichts von ihrem feuchten Gehalte abzugeben braucht, ja von denen sie teilweise neue Belastung empfängt. Nachdem sie über den atlantischen

<sup>1)</sup> Lommel, E.: Wind und Wetter. München 1873. S. 123. 147. 148. <sup>2)</sup> Pfaff, a. a. O. S. 149. 150.

Ocean geeilt, tritt sie an der Westküste Afrikas in den heißesten Teil der Wüste Sahara, deren Glut ihren Dunst in durchsichtigen Dampf verwandelt. Dann nimmt sie noch bedeutende Feuchtigkeitsmengen aus dem Mittelmeere bei sich auf und gelangt nun mit tautriefenden Schwingen zu den eiskalten Stirnen des hoch aufgebauten Alpengebirges<sup>1)</sup>. Von der hier herrschenden niedrigen Temperatur wird der Wasserdampf in einen anderen Aggregatzustand überzugehen, und die Luft, sich ihrer Fülle zu entlasten gezwungen.

Menge der feuchten Niederschläge. Schwere undurchsichtige Nebel kriechen in allen Jahreszeiten in den Thälern zu den Berggipfeln empor, strömende Regengüsse netzen während des Sommers so sehr die Gehänge, die Schluchten, die Grate des Gebirges, daß zum Verdrufs der Touristen in der Schweiz auf jeden vierten Tag ein Regentag fällt, und im Winter wie in einem großen Teil des Frühlings und Herbstes lagern sich unmefsbare Lasten von Schnee auf den Bergen und in den Thälern. Diese Massen verdichten sich allmählich zu hartem Gletschereis, von dem selbst die Glut des Sommers nur oberflächlich etwas abzuschmelzen vermag. Wenn nun in dieser Jahreszeit andere Länder des mittleren Europas unter dem Druck trockener Hitze verschmachten, dann strömen die Gletscher, die alle Hochthäler erfüllen, und die Schneemengen, die in allen schattigen Mulden lauern, als die großartigsten Wasserreservoirs der Erde, in tausend und abertausend Rinnen, Wasserfällen, Bächen und Strömen ihren feuchten Segen in solcher Fülle aus, daß noch tausende von Becken, wenn sie vorhanden wären, sich zu Seespiegeln auffüllen könnten. Nun wissen wir, warum es den Anden des südlichen, den Rocky Mountains und der Sierra Nevada des nördlichen Amerikas, dem Altai Asiens und unserm Kaukasus an einer irgendwie bemerkenswerten Seefülle mangelt. Sie liegen eben außerhalb des Gebietes feuchter Luftströmungen, und die in ihnen vorhandenen Einsenkungen müssen den Schmuck des Seespiegels entbehren. Wenn aber trotz ihres Wasservorrates namentlich den Ostalpen in weit geringerem Maße, als denen der Schweiz, und dem Himalaya, der von Feuchtigkeit trieft, fast gänzlich die Zierde der Seen fehlt, so liegen für diesen Umstand Gründe vor, die erst der folgende Teil unserer Untersuchung erörtern kann.

## 3.

**Entstehung der Seebecken.**

Bodenhebung als Ursache der Beckenbildung. Es handelt sich jetzt darum, darüber nachzudenken, wie die zur Aufnahme ruhenden Wassers geeigneten Austiefungen auf dem Boden der Schweiz entstanden sein mögen. Am nächsten liegt jedenfalls die Annahme, daß das Werden sowohl der Jura- wie der Alpen-Seen mit dem Werden beider Gebirge im inneren Zusammenhange steht. Soll aber diese Annahme den Wert einer Hypothese übersteigen, so bedarf es vorerst einer Darlegung derjenigen Vorgänge, unter denen die Aufrichtung der Gesteine sich vollzog.

Entstehung der Alpen und des Jura. Nach der wissenschaftlich begründeten Ueberzeugung der hervorragendsten Geologen unserer Zeit<sup>2)</sup> war in der primären Erdepoche

<sup>1)</sup> Lommel, a. a. O. S. 39. Daniel, a. a. O. S. 104. <sup>2)</sup> Cotta, B. v.: Ueber das Entwicklungsgesetz der Erde. 1867. Geologie der Gegenwart, 3. Aufl. 1872. Geologische Bilder, 2. Aufl. 1854. Heer, O.: Die Urwelt der Schweiz. 2. Aufl. Zürich 1879. Zittel, A.: Aus der Urzeit. Bilder aus der Schöpfungsgeschichte. München 1872. Desor, E.: Der Gebirgsbau der Alpen. Wiesbaden 1865. Studer, B.: Geschichte der physicalischen Geographie der Schweiz. 1863.

das Areal der späteren Schweiz der Grund eines sehr tiefen Meeres. Auf ihm lagerten Millionen von mikroskopischen Schalthieren ihre kalkigen Gehäuse ab, bis diese eine stellenweis mehrere hundert Meter mächtige Schicht bildeten.<sup>1)</sup> Wir dürfen uns daher nicht mehr darüber wundern, daß einige der höchsten, jetzt von ewigem Schnee bedeckten Spitzen der Alpen, wie die Diablerets, das Matterhorn, der Oertler u. a. m. zum großen Teil aus den Schalen abgestorbener Seegeschöpfe bestehen.<sup>2)</sup> Nun stieg allmählich, und ohne Zweifel nicht schneller, als sich der Vorgang der Hebung oder Senkung von Landmassen noch jetzt vor unsern Augen vollzieht,<sup>3)</sup> der Meeresboden bis zum Seespiegel und so weit über denselben empor, daß ein niedriges, schmales Sumpfland entstand, auf dem unter dem Einfluß einer feuchtheissen, mit Kohlensäure gesättigten Atmosphäre eine äußerst üppige Vegetation zu wuchern anfing. Diese jedenfalls nach hunderttausenden von Jahren zählende, von den Geologen als carbonische oder erste Periode der secundären Epoche unseres Weltkörpers bezeichnete Zeit [hat die in zahlreichen Lagern sich in der Schweiz findende Steinkohle bereitet und für das recente Geschlecht der Menschen aufgespeichert.<sup>4)</sup> — Der Prozeß allmählicher Hebung setzte sich auch durch die Zeiten der Dyas und Trias hindurch fort, gewann aber in der sogenannten Jura-Periode sehr an Energie.<sup>5)</sup> Damals wurden unter dem ungeheuren Druck der emporschwebenden alpinen Gesteine die Sedimente, welche sich auf dem Grunde des nördlich und südlich vor dem Alpenrande flutenden Meeres abgelagert hatten, schräg gestellt, aufgerichtet, über einander geworfen,<sup>6)</sup> und die noch weichen Ablagerungen des nachmaligen Schweizer Juras in Folge der seitlichen Pressung zu parallelen Wellen gefaltet.<sup>7)</sup> Jetzt war an der Stelle der Erdoberfläche, die wir behandeln, schon viel trockenes Land vorhanden, doch immerhin noch ein großer Teil des Areals der jetzigen Schweiz und des nördlichen Italiens vom Meere eingenommen. Dieses Meer hatte die Eigenschaften eines tropischen, weil die Erdkruste noch unter dem Einfluß der Wärme des Körpers stand, den sie umschloß, und war von einer tropischen Tierwelt bevölkert, die an seinen Rändern und in seinen Tiefen ein buntes Leben entfaltete. Korallen führten ihre zierlichen und doch so festen und großartigen Wohnungen zum Meeresspiegel<sup>8)</sup> empor, fremdartige Austern und Muscheln erfüllten seinen Boden mit ihrer geräuschlosen Thätigkeit, und mächtige Schildkröten hausten an seinen Ufern. Davon legt ein von Korallen geschaffenes Atoll in der Nähe von Günzberg, eine Schildkrötenbank bei Solothurn, legen Korallenriffe am lac de Joux, am lac de Brenet und an dem See von Wallenstadt, wie Austernbänke am Vierwaldstätter-See ein beredtes Zeugnis ab.<sup>9)</sup> Wir würden aber über diese Thatsachen nicht so ausführlich berichten, wenn sie uns nicht anzunehmen erlaubten, daß von jenen Tierwelten der Boden des ehemaligen Meeres mit Unebenheiten erfüllt worden sei, die immerhin nach Abfluß der Meeressgewässer zur Aufstauung von Seen Anlaß geben konnten; jedenfalls ist es beachtenswert, daß diese Spuren eines längst verschwundenen Lebens sich sehr häufig in unmittelbarer Nähe von Seen finden.

Mit dem Ablauf dieser Zeiträume, deren letztes Stadium man die Kreidezeit nennt, schließt die secundäre Epoche unseres Planeten ab, und es beginnt das für die Geschichte der Erde

<sup>1)</sup> Tyndall, a. a. O. S. 203. Cotta, Geol. d. Ggw. S. 135. <sup>2)</sup> Zittel, a. a. O. S. 433. Credner, H.: Elemente der Geologie. 4. Aufl. Leipzig 1878. S. 187. <sup>3)</sup> Tyndall, a. a. O. S. 205. <sup>4)</sup> Heer, a. a. O. S. 1—25. <sup>5)</sup> Credner, H., a. a. O. S. 547. <sup>6)</sup> Zittel, a. a. O. S. 318. <sup>7)</sup> Cotta: Geol. Bilder. S. 144. Zittel, a. a. O. S. 288 u. 293. Peschel, O.: Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde als Versuch einer Morphologie der Erdoberfläche. 3. Aufl. Leipzig 1878. <sup>8)</sup> Heer, a. a. O. S. 117. 118. <sup>9)</sup> Heer, a. a. O. S. 137. 139.

so äusserst wichtige Tertiär.<sup>1)</sup> Nun fing die Erde an, sich soweit abzukühlen, dass ein Unterschied in den Klimaten sich geltend machen, und eine der unsrigen ähnliche Flora und Fauna die Bedingungen ihrer Existenz finden konnte. Damals wurden wahrscheinlich auch die flüchtigen Umriss zu den heutigen Weltteilen gezeichnet, und diejenigen Gebirge höher emporgehoben, welche die Geographie als die höchsten der Erde nennt — Himalaya, Anden, Felsengebirge, Sierra Nevada und Kaukasus. Aber noch waren nicht, wenigstens noch nicht zur Miocänzeit, der dritten Periode des Tertiärs, das man in Eocän, Oligocän, Miocän und Pliocän einteilt, die den Alpenflüssen bespülenden Meeressgewässer weggedrängt. Sie bedeckten als helveto-germanisches Meer den ganzen nördlichen Rand des Gebirges, die Schweizer- und süddeutsche Hochebene und reichten nordwärts etwa bis in die Gegend, wo jetzt Regensburg liegt. Eine schmale bei Bern befindliche Meerenge verband sie über das provençalische Tiefland hinweg mit einer südlichen See; westlich von Wien war die grosse Wasserflut wieder eingeeengt und mit dem südostwärts wogenden grossen pannonischen Meere verknüpft. Auch das adriatische Meer hatte damals grössere Ausdehnung als jetzt und reichte in demjenigen Teile, den man lombardisches nennt, westlich bis an den Fuss der Westalpen, südlich bis an den Apennin, die ganze spätere Poebene überflutend.<sup>2)</sup> Oder wer hätte, der an einem klaren, nebelfreien Tage vom Rigi oder Pilatus aus den entzückten Blick über die vor seinen Augen sich ausbreitende Fläche schweifen liess, den Gedanken unterdrücken können, es sei das, was vor ihm liege, früherer Meeresgrund, und wem wäre, wenn ihn der brausende Eisenbahnzug über die prangende lombardische Flur dahin trug, die Ueberzeugung nur auf einen Augenblick abhanden gekommen, dass er sich auf einem alten Seeboden dahinbewege?

Die letzten und grössten Veränderungen erlitt die Schweiz in der Pliocänperiode, der letzten des Tertiärs.<sup>3)</sup> Während derselben hoben sich die Alpen zu einer noch imposanteren Höhe, als wir sie jetzt an ihnen bewundern. Denn was wir sehen, sind die Ruinen und Trümmer ihrer ehemaligen Grösse. Doch ist das gewaltige Resultat erst in einer unermesslichen Reihe von Jahren unter bedeutenden Ruhepausen und zeitweisen Senkungen zustande gekommen.<sup>4)</sup> Das beweisen mit überzeugender Kraft die verschiedenen Lager von Sedimenten, die den Boden der ebenen Schweiz bedecken. Am tiefsten liegt über den Gesteinen früherer Epochen die sogenannte untere Süßwasser-Molasse.<sup>5)</sup> Sie bekundet, dass an die Stelle des Meeres ein grosser Landsee getreten war, der einer Süßwasser-Tierwelt zum Tummelplatz diente. Ueber dieser Schicht breitet sich, von Westen nach Osten und von Norden nach Süden niedriger werdend, die Meeres-Molasse aus; das Meer also war mit dem ihm eigenen Tierleben wieder über die Schweizer Hochebene gedrungen. Dann hatte auch dieses weichen und einem Landsee Platz bereiten müssen; das Gestein der oberen Süßwasser-Molasse birgt die abgestorbenen Reste der organischen Welt, welche ihn bewohnte.<sup>6)</sup> Bei der letzten Hebung des Gebirges versiegte auch dieses Gewässer, und es blieb der trockene Boden der Schweizer Hochebene zurück. Alle die genannten Ereignisse können ohne gewaltige Runzelungen, Faltungen, Knickungen, Verwerfungen und Ueberkippungen der Gesteine nicht vorübergegangen sein,

<sup>1)</sup> Zaddach, G.: Die ältere Tertiärzeit. Berl. 1869. Zittel, a. a. O. S. 433—454. <sup>2)</sup> Zittel, a. a. O. S. 460.

<sup>3)</sup> Peschel, a. a. O. S. 76. Cotta: Geol. d. Gegenw. S. 17. Pfaff, a. a. O. S. 206. Heer, a. a. O. S. 644.

<sup>4)</sup> Credner, H.: a. a. O. S. 178. <sup>5)</sup> Rüttimeyer, a. a. O. S. 18. Credner, H., a. a. O. S. 656. 657. <sup>6)</sup> Peschel, a. a. O. S. 179.

wie es in der That die Schweiz jedem aufmerksamen Beobachter zur Genüge offenbart, und es müssen ringsum geschlossene beckenförmige Einsenkungen, wohl geeignet zur Aufnahme ruhenden Wassers, sich gebildet haben.<sup>1)</sup>

Was wir also am Anfange unserer Untersuchung anzunehmen wagten, daß das Werden von Seebecken mit dem Werden der Schweizer Gebirge im Zusammenhange steht, hat sich als Wahrheit bewiesen. Aber findet das gewonnene Resultat auf alle Seen seine Anwendung, und wenn nicht, auf welche? Werden auch nicht, da die Unebenheiten des Gebirges sehr verschiedener Art sind, die von ihnen eingeschlossenen Seen einen sehr verschiedenen Charakter an sich tragen?

Mulden-, Komben- und Klusen-Seen. Um diese letzte Frage zuerst zu erledigen, so ist klar, daß zwischen mehreren Erhebungspunkten sich eine Mulde mit ungebrochenen, gleichmäßig geneigten Schichten bilden kann.<sup>2)</sup> Diese würde nur flach sein, weil unter der Kraft des von unten kommenden Druckes, so bald er eine gewisse Grenze überschreitet, die zwischen den Druckpunkten lagernden Gesteine sich senken, aufbrechen und übereinander schieben müßten. Solche oberflächlichen Austiefungen würde man Mulden-Seen nennen. Häufiger dürfte es vorgekommen sein, daß die Schichten, welche den Druck erlitten, bei der geringen Elasticität der Gesteine auf ihrer Höhe zerrissen. Dann wäre die Möglichkeit zur Entstehung des Komben-Sees gegeben, den man sich aber jetzt nicht auf dem Rücken des Gebirges, sondern an den Seiten desselben zu denken hätte, da die Gräte des aufgesprungenen Gewölbes dem Nagen der Atmosphärien nicht lange widerstehen. Immerhin aber muß dieser See eine mit der Längsrichtung der Ketten parallele Lage einnehmen. Endlich aber ist es denkbar, daß sich bei der Erhebung des Gebirges Risse und Sprünge gebildet haben. Damit würde der Grund zum langgestreckten, senkrecht zur Erhebungssachse stehenden Klusen-See gegeben sein.<sup>3)</sup> Nun läßt sich allerdings der Einwand erheben, es werde das Wasser durch den zerklüfteten Boden des Sees Ausgänge finden und abfließen. Das kann vorkommen, braucht aber nicht zu geschehen. Auf dem Grunde aller Seen bildet sich nämlich bald ein Verschluss, das Werk kleiner Schalthiere, welche in großen Massen im Wasser sich ansiedeln. Die Gehäuse dieser Schnecken und Muscheln zerfallen nach dem Absterben ihrer Inwohner und erzeugen mit den Kalkniederschlägen des Wassers einen festen Letten, welcher einen weißgrauen Überzug über dem Boden bildet, der den Namen Seekreide (*blanc fond*) erhalten hat.<sup>4)</sup>

Als der bedeutendste Vertreter der Lehre von den Mulden-, Komben- und Klusen-Seen gilt Desor.<sup>5)</sup> Er erklärt die von Joux, Bourget und St. Point, den Fählen-, Semtis- und Seealp-See für Mulden; die von Sils, Silvaplana und Moritz ist er geneigt, dafür zu halten. Wallmann<sup>6)</sup> fügt ihnen noch die Seen des Gotthard, der Grimsel und des Monte Moro bei. — Für Komben-Seen gelten beiden die von Brienz, Wallenstadt und Sarnen; die oberen Innseen dürften nach Desor vielleicht auch zu dieser

1) Zittel, a. a. O. S. 457. 2) Vergl.: Körner, F.: Die Erde, ihr Bau und organisches Leben. 2. Aufl. Jena 1879. S. 145. 146. Desor, E.: De la physiognomie des Lacs Suisses. Revue Suisse 1866. Heim: Mechanismus der Gebirgsbildung I. S. 317. Desor: Gebirgsbau. S. 71—75, 141—144. Heer, a. a. O. S. 627—630. 3) Peschel: N. Pr. S. 154. Peschel: Abhandlungen zur Erd- und Völkerkunde, herausgegeben von J. Löwenberg. Neue Folge. Leipzig 1878. S. 299. 4) Heer, a. a. O. S. 29. Peschel: N. Pr. S. 175. 5) Desor: Gebirgsbau. S. 123—135. 6) Wallmann, a. a. O. S. 5—8.

Gattung gehören. — In die Gruppe der Klusen-Seen versetzt Desor den Lowerz-, den Orta- und Idro-See; beim Garda-See ist er zweifelhaft. Wallmann kennt auch noch den lago Maggiore und die Seen von Como und Lugano als Klusen und hegt über die Klusennatur des Garda-Sees keinen Zweifel. — Dann hören wir bei ihnen noch von Seen, die sie kombinirte nennen. So setzen sich der lago Maggiore aus Mulden und Klusen, die von Iseo und Lugano aus Klusen und Komben, der Vierwaldstätter-See aus Mulden, Komben und Klusen zusammen. Der obere Teil des Genfer- wie der des Züricher-Sees soll Kluse sein.

Erosions-Seen. Aber unsere Gewährmänner schafften noch eine sehr wichtige und durch zahlreiche und grose Individuen vertretene, mit dem Namen „Erosions- oder Auswaschungs-Seen“ bezeichnete neue Gruppe, die sie von der der drei ersten scharf absondern. Diese Seen sollen ihr Dasein nicht geologischen Vorgängen, sondern der Thätigkeit meteorischer Niederschläge verdanken, und dahin rechnen Desor und Wallmann die drei des Jura, von Neuenburg, Biel und Murten, ferner den Greiffen-, Pfäffikon-, Sempach-, Hallwil- und Boden-See, den untern Teil des von Genf und Zürich, den von Sesto Calende bis Arona reichenden Arm des lago Maggiore, endlich die Luzerner- und Küssnachter Bucht im Vierwaldstätter-See.

Kritik der Lehre von den Mulden- etc. Seen. Es ist aus dem obigen unschwer zu erkennen, das Desor und nach ihm Wallmann nur sehr wenige und zwar sehr kleine Seen zu den Mulden und nur einige grössere zu den Komben rechnen. Auch ist die Zahl der von ihnen als Klusen bezeichneten Seen eine verhältnismässig nur geringe. Dabei muß uns die Unsicherheit, welche Desor bei seinen Angaben verrät, und die Verschiedenheit in den Angaben beider Autoren, endlich die Behauptung, das ein See mehrere Typen zeigen kann, sehr befremden. Unser Bedenken wird noch durch folgende Erwägungen erhöht. Ist anzunehmen, das flache Mulden durch alle die enormen, seit ihrer Entstehung verflossenen Zeiträume sich vor allmählicher Zuschüttung bewahren konnten? Wie gerieten die Komben-Seen von dem Rücken der Gebirge an den Abhang derselben, und ist man nicht berechtigt, für sie den Namen von Komben aufzugeben, da sie nicht infolge einer durch geologische Vorgänge bewirkten Bewegung des Erdbodens an ihren neuen Ort versetzt wurden. Wir können uns daher der Annahme nicht verschließen, das es allerdings Mulden- und Komben-Seen in früheren Epochen der Schweizer Gebirge gegeben hat, das diese aber jetzt ohne Zweifel verschwunden sind. Ebenso scheint die Annahme der Existenz von Klusen-Seen sehr gewagt. Denn angenommen, es seien Spalten an den Rändern des Gebirges bei seiner Hebung entstanden, so konnten sie doch nur Abflusrinnen, aber keine Seen bilden, da ihnen die das Wasser aufstauenden Riegel fehlten. Für diese mußte man immerhin noch nach einer anderen Ursache suchen. Aber auch die Spaltentheorie findet, und zwar in dem gelehrten Tyndall, einen mächtigen Gegner. Wenn, so behauptet er nämlich, die ganze verticale Erhebung des Alpengebirges nur etwa 15 bis 20 km bei einer horizontalen Ausdehnung von 1000 km Länge und 200 km Breite beträgt, so ist der Bogen nur sehr wenig größer als die ursprüngliche Sehne. Nur geringe und oberflächliche Spalten konnten entstehen, und diese mußten sich bei der Langsamkeit der Erhebung immer schnell wieder verwischen.<sup>1)</sup> Deshalb gibt es jetzt keine Mulden-, Komben- und Klusen-Seen mehr, und alle noch vorhandenen treten

<sup>1)</sup> Tyndall, a. a. O. S. 205.

in die von Desor geschaffene letzte Gruppe, welche auch bei ihm die meisten und bedeutendsten Individuen zählt, in die der sogenannten Erosions-Seen. Wir schliessen uns dieser Annahme, die von Rüttimeyer auf das glänzendste bewiesen ist, mit voller Ueberzeugung an.<sup>1)</sup>

Die Atmosphärlilien als Ursache der Beckenbildung. Sobald unterirdische Kräfte nämlich irgendwo einen Meeresgrund über den Seespiegel gehoben haben, versuchen die des Luftkreises ihn wieder seiner alten Stätte, dem Meere, zuzuführen. Vermögen jene nur sanfte, abgerundete, wellige Formen zu erzeugen, so verstehen es diese, in den kompakten Körper einzuschneiden und aus ihm Rinnen, Schluchten, Thäler, Gehänge, Zacken und Spitzen herauszumeißeln. Der unterirdischen Thätigkeit verdankt auch die langgestreckte, von Südwest nach Nordost streichende Ausbauchung des Alpenmassivs ihre Entstehung; ihre bizarren, das Gemüt erschütternden Konturen sind durch die Thätigkeit der Atmosphärlilien hervorgezaubert.<sup>2)</sup> Hier ist es zunächst der Sauerstoff mit seiner Fähigkeit, zahlreiche Verbindungen einzugehen und die Natur der Stoffe zu verändern, weiter sind es Wind und Sturm, deren ganzer Wucht die Alpenmauer ausgesetzt ist. Nicht minder zerstörend wirken heftige, schnell wechselnde Temperaturunterschiede und die damit verknüpfte Ungleichheit der Ausdehnung;<sup>3)</sup> denn keine dichte Pflanzendecke schützt die steilen Felsen vor der erbarmungslosen Hitze des Tages, vor der grimmigen Kälte der Nacht. Dann beseitigt das in die Tiefen sickernde und gesickerte Wasser den Zusammenhang der Gesteine und dringt infolge der Kapillarattraction an Orte, die es ohne diese Eigenschaft nicht zu erreichen vermöchte. Indem es gefriert, dehnt es sich aus, zermürbt es die Felsen<sup>4)</sup> und drängt die schon gelockerten auseinander. Aber alle die genannten Kräfte sind nur Werkzeuge in der Hand der mechanischen und transportierenden Kraft des rinnenden und fallenden Wassers. Denn in dieser seiner Eigenschaft zersägt es das Gestein, führt unendliche Schlamm Massen, ja ganze Berge zu Thal, wobei ihm die in der Schweiz nicht seltenen Erdbeben helfend zur Seite stehen, und trägt den erzeugten Schutt auf seinen Schultern dem Meere zu, als Baumaterial für neue Welten.

Grund für die Lage der Seen in Querthälern. Nach welchen Seiten hin aber wird die durch die Kraft der Sonne dem Meere enthobene und auf dem Rücken des Alpengebirges niedergelegte Wasserfülle strömen? Dahin, wo die Fallrichtung am grössten ist, nach Norden und nach Süden. Hier wird es am wirksamsten arbeiten, weil es am schnellsten fließt, und weil es auf parallel geschichtete, seinem Lauf entgegenstehende Felsenlagen stößt, die seiner Fallrichtung entsprechen. Jetzt sehen wir es ein, weshalb sich nur zwei große Längenthäler in den Alpen finden, nämlich das des oberen Rheins bis Chur und das der oberen Rhone bis Martigny, weshalb alle übrigen mit unbedeutenden Ausnahmen Querthäler sind, und schon dürfen wir vermuten, daß die Lage der Seen in Querthälern, ihre nordsüdliche und südnördliche Richtung wie ihre langgestreckte Form auf gleichem Grunde beruhen.

Entstehung der Hochseen. Wie aber entstehen in diesen Thälern die Hochseen? Man denke sich, wie es in der That geschieht, daß das Wasser, indem es über die aufgerichteten Gesteinslagen fließt, auf eine Schicht gerät, die weicher und darum leichter zerstörbar ist, als die weiter unten liegende. Ohne Zweifel muß seine erodirende Kraft sich dort stärker äußern,

<sup>1)</sup> Rüttimeyer, a. a. O. Cotta: Geol. d. G. <sup>2)</sup> Peschel: N. Pr. S. 162. Rüttimeyer, a. a. O. S. 44. Pfaff, a. a. O. S. 281. <sup>3)</sup> Fraas, O.: Geologische Beobachtungen aus dem Orient. Ausland 1867. S. 1221. <sup>4)</sup> Peschel: N. Pr. S. 84.

als hier, d. h. es wird vom weicheren Gestein größere Quantitäten abführen, als vom härteren und in jenem einen breiten Raum, in diesem eine enge Schlucht oder sogenannte Roffla aussägen. Doch noch hat sich nur eine Thalrinne, aber kein See gebildet; der Riegel, hinter dem sich das Wasser aufstauen kann, fehlt. Indessen auch dieser wird nicht lange auf sich warten lassen. Sobald nämlich irgendwo Ansätze zu einem Thal gemacht sind, müssen in ihm Seitenthäler entstehen. Hier aber findet das Wasser die entgegenstehenden härteren Gesteinslagen nicht, denn es fließt parallel mit den Schichten, und sucht sich diejenigen aus, die seiner erodirenden Kraft am wenigsten widerstehen. Der Schutt, den der durch ein solches Seitenthal rinnende Bach mit sich führt, findet seinen Abfluß durch die Roffla, welche sich immer tiefer legt, aber verhältnismäßig wenig verbreitert. Sobald nun die Wände des Nebenthales einstürzen und ihre Trümmer sich vor die Roffla legen, oder sobald nur ein Lawinenzug die mitgeschleppten Schuttströme vor derselben ablagert, so ist der aufstauende Riegel geschaffen, und der See fertig, dessen Spiegel so lange steigt, bis das Wasser an der tiefsten Stelle der unteren Wand überlaufen kann. So ergibt sich das Gesetz, daß Gleichmäßigkeit des Gesteins die Seebildung hemmt, Ungleichmäßigkeit desselben sie begünstigt.<sup>1)</sup> Wäre nun die Kraft und Fülle des zufließenden Wassers groß genug, die vor die schmale Schlucht gefallenen Gebirgstrümmer zu beseitigen, so könnte von der Aufstauung eines Sees nicht die Rede sein. Daraus folgt das zweite Gesetz, daß Thäler, in denen die Zufuhr des Schuttes der Abfuhr desselben gleichkommt, für Seebildung weniger sich eignen als solche, in denen das nicht der Fall.<sup>2)</sup> — Da die Kraft des niederrinnenden Wassers unten größer sein muß als oben, so werden sich Seen zuerst unten im Thale bilden.<sup>3)</sup> Wenn dann der oberflächlich aus ihm rinnende Fluß in den den See aufstauenden Riegel so weit eingeschnitten hat, daß alles Wasser ausläuft, und wenn dann kein Material zu neuer Aufstauung mehr vorhanden ist, so verlegt sich die Seebildung eine Stufe höher, um allmählich bis zum Joch emporzusteigen. Ist dies geschehen, so kann die Seebildung in demselben Thale wieder beginnen, natürlich vorausgesetzt, daß es noch nicht an der nöthigen Stärke des fallenden Wassers und an Schutt fehlt.<sup>4)</sup> Auch für die Seitenthäler wird man die Möglichkeit der Entstehung von Seen nicht leugnen, denn wenn auch die Gleichmäßigkeit des Gesteins im allgemeinen der Seebildung wenig günstig ist, so darf man doch vermuten, daß einstürzende Felsen auch einmal den Ausgang des Thales sperren werden. — Ebenso sind alle Bedingungen zur Bildung von Seen für die Seitenthäler der großen Stromrinnen des Rheins und der Rhone gegeben, und die Zahl der in ihnen vorhandenen wird im Laufe der Jahrhunderte beträchtlich um die sich vermehren, welche in den schon in den ersten Konturen vorgezeichneten Thälern noch entstehen müssen. Daß wirklich in historischen Zeiten Seen sich gebildet haben, mögen folgende Notizen beweisen. Im Palenzathale des Kanton Tessin entstand im Jahre 1512 ein See durch einen Bergsturz, der den Lauf des Blegno hemmte; bei dem zwischen Chamouny und Genf befindlichen Dorfe Chêde stauten 1751 die von der Aiguille de Varens kommenden Bergtrümmer ebenfalls einen See auf. Unter ähnlichen Umständen wurden 1771 der Alleghe-See in den cadorischen Alpen,<sup>5)</sup> in ganz neuer Zeit der in Tirol liegende Antholzer-See geschaffen.<sup>6)</sup>

<sup>1)</sup> Rüttimeyer, a. a. O. S. 62. <sup>2)</sup> Rüttimeyer, a. a. O. S. 63. <sup>3)</sup> Rüttimeyer, a. a. O. S. 37. <sup>4)</sup> Rüttimeyer, a. a. O. S. 63. <sup>5)</sup> Peschel: N. Probl. S. 117. Leonhard: Geologie. Stuttg. 1841. B. IV. S. 218 u. 219. <sup>6)</sup> Peschel: N. Pr. S. 178. Abh. S. 322.

Auf ein schönes Resultat unserer bisherigen Untersuchung dürfen wir mit Freude zurückblicken. Noch ist das Alpengebirge jugendlich genug, um Seen in erstaunlicher Fülle in sich zu bergen, aber es steht nicht mehr so sehr in der Kindheit, als dafs es ihnen noch gern eine Stätte an seinen unteren Gehängen gewähren möchte, denn die Zahl der Seen sinkt bei wachsender Tiefe. Warum aber fehlt dem Himalaya die Zierde der Seen, obgleich er seinem europäischen Bruder an Alter gleichkommt? <sup>1)</sup> Weil er unter dem südlichen Himmel hat schneller altern müssen, als das Gebirge der nördlichen Zone, und ihm bereits die Züge geschwunden sind, die jenen noch verklären. Die Ostalpen aber ermangeln der Seen deshalb, weil ihre Erhebung früher zum Stillstand gekommen ist, als die der Schweiz. <sup>2)</sup>

Entstehung der Gletscherseen. Hier haben wir noch einer merkwürdigen Ursache zu Hochseebildung zu gedenken. Wenn nämlich ein Gletscher vor einem eisfreien Thale sich vorüberschiebt, oder wenn zwei zusammengewachsene Gletscher im innern Winkel einen Hohlraum zurücklassen, so ist die Möglichkeit zur Aufstauung des Wassers gegeben, aber natürlich nur dann, wenn die Fülle des unter dem Gletscher abfließenden Wassers nicht die des zufließenden erreicht. Zu dieser Gattung von Seen gehören die schon genannten Quellseen des Rheins <sup>3)</sup> und der in der Nähe des Monte Moro befindliche Mattmark-See. Bei dem letzteren wird der Visp-Bach durch den von der Monte Rosa-Gruppe kommenden Alalingletscher aufgestaut. Das schönste Exemplar aber in der Gruppe der Gletscherseen ist der Merjelen-See. Seine untere Wand giebt der mächtige Eisstrom des Aletschgletschers ab; selbst zur heißesten Sommerzeit schwimmen auf seinem blaugrünen Spiegel kleine Eisberge, die von den schimmernden krystallinen Wänden abgebrochen und in ihn gestürzt sind. Alle diese Seen bilden eine furchtbare Gefahr für die tiefer im Thale gelegenen Ortschaften. <sup>4)</sup>

Entstehung der Seen des nördlichen Alpenrandes. Wir haben nun die Aufgabe, nach einem Grund für die Entstehung der Seen des nördlichen Alpenrandes zu suchen. Da durch sie beinahe ohne Ausnahme Flüsse strömen, deren Größe fast immer derjenigen der ihnen zugehörenden Seen entspricht, so liegt nichts näher, als ihr Werden mit der Thätigkeit des durch sie rinnenden Wassers in Beziehung zu setzen. Wie schon bemerkt, breitete sich in einem der letzten geologischen Stadien der Erde auf dem Boden der ebenen Schweiz ein süßes, wahrscheinlich ausgesüßtes Meer aus, das, wie die Sedimente desselben beweisen, nach Osten zur spätern Donau abfloß. In dieses seichte, schlammige Meer ergoß sich eine große Menge von Flüssen und Bächen mit steilem Gefälle. Diese wühlten den weichen Seegrund bis in große Tiefen auf und lagerten an dem äußersten Rande der Vertiefung, den sie mit ganzer Kraft trafen, große Haufen von Gebirgsschutt ab. Aber immerhin würde damit das Dasein aller Schweizer Seen schwerlich erklärt werden können. Zu ihrer Entstehung bedurfte es noch des letzten, am Ende der Tertiärzeit sich vollziehenden geologischen Prozesses. Das Gebirge nämlich hob sich im Norden und senkte sich im Süden, machte also die sogenannte Wagebewegung (*mouvement de bascule*). <sup>5)</sup> — Freilich erscheint die Annahme einer solchen, aus Hebung und Senkung zusammengesetzten Bewegung auf den ersten Blick gewagt; in Wirklichkeit ist sie es nicht, da sich Beispiele derselben auf der Erde in großer

<sup>1)</sup> Peschel: N. Pr. S. 86. Abh. S. 88. <sup>2)</sup> Peschel: N. Pr. S. 88. Ausland 1868. S. 1006. Abh. S. 546.  
<sup>3)</sup> Tschudi: Thierleben. S. 228. <sup>4)</sup> Peschel: N. Pr. S. 171. Ch. Lyell im Ausland. 1868. S. 692. Wallmann, a. a. O. S. 25. Körner, a. a. O. S. 235. <sup>5)</sup> Desor: Gebirgsbau. S. 67.

Zahl finden. Um an das Bekannteste zunächst zu erinnern, so haben sich seit den ältesten geologischen Zeiten die Kontinentalmassen in dem Grade geneigt, daß im stillen Ocean ein ganzer süd-tropischer Erdteil unter dem Meeresspiegel versunken,<sup>1)</sup> Australien mindestens um ein Drittel im Süden verkleinert ist,<sup>2)</sup> während Amerika und Asien nach Norden hin gewachsen sind.<sup>3)</sup> Aber auch bei kleineren Gebieten läßt sich die Erscheinung der Wagebewegung beobachten. Kreta hebt sich westlich, sinkt östlich;<sup>4)</sup> Grönlands Südküsten tauchen ins Meer hinab, seine nördlichen schweben aus ihm empor.<sup>5)</sup> An der scandinavischen Halbinsel kann man sogar sehen, in welchem Verhältnis die Hebung der nördlichen Massen zu der Senkung der südlichen steht. In den Finnmarken liegt ein 18 Stunden langer alter Fjord. An ihm sind die Uferlinien des früheren Meeres noch deutlich zu erkennen, aber im Innern des Busens haben sie eine Höhe von 67, am Ausgange nur eine von 28 Metern.<sup>6)</sup> — Von einem ähnlichen Schicksale ist nun auch die Schweiz betroffen worden. Infolge der nördlichen Hebung wurde das Schweizer Meer zum Abfließen gezwungen, und hierbei drückten sich schmale, von Westen nach Osten streichende Ketten durch die auf seinem Boden abgelagerten Sedimente. Die wichtigsten dieser kleinen Höhenzüge laufen vom Nordrande des Genfer-Sees nördlich an den beiden Aar-Seen vorüber durch den Vierwaldstätter- und zwischen dem Züricher- und Wallen-See bis zum Boden-See. Andere solcher spät ans Licht getretenen Ketten lassen sich in der Nähe der Jura-Seen nachweisen.<sup>7)</sup> Dieses Ereignis war für den Genfer-See von erschütternder Bedeutung. Denn die Gewässer des Wallis, welche vorher durch das Thal des Neuenburger- und Bieler-Sees zur Nordsee abflossen, wurden gezwungen, dem Mittelmeere zuzueilen.<sup>8)</sup> So bildete sich der nach Süden gewandte Zipfel des Genfer-Sees; die früher sämtlich nach Norden strömenden Flüsse aber wurden durchgeschnitten und zur Hälfte dem Genfer-, zur Hälfte dem Neuenburger-See zugeführt. Das kann man deutlich am Veyron sehen. Dieser fließt in seinem Oberlaufe schnurstracks der Orbe zu, die sich in den Neuenburger-See ergießt; plötzlich kehrt er um und mündet in dem von Genf, in dessen Nähe er entspringen ist. Sein ehemals nördlicher Teil aber eilt unter dem Namen Nozon durch die Orbe in den See von Neuchâtel.<sup>9)</sup> Ebenso wurde der kleine lac de Brenet von dem lac de Joux,<sup>10)</sup> die Seen von Murten und Biel von dem von Neuenburg abgeknickt. Durch dasselbe Ereignis fanden die Wasser der Aare ihre Aufdämmung zu den beiden Seen von Thun und Brienz. Der vorher gemeinsame Spiegel des Urner-, des Lowerzer- und des Zuger-Sees wurde in drei Becken zerlegt, und die Reufs, welche früher durch alle drei hindurchfloß, mußte sich nach Westen wenden zur flachen Luzerner Bucht über den von Alpnach bis Küfsnacht ausgestreckten Teil hinweg, der ebenfalls durch jenes Ereignis entstand.<sup>11)</sup> Auch der Wallenstädter-See ist damals von dem Züricher abgeschnitten worden. Der Boden-See aber sah sich genötigt, seinen Ausfluß drei mal weiter nach Süden zu verlegen.<sup>12)</sup> — Für jene flachen nördlichen Seen wie des von Sempach, Baldegg, Hallwil, Zug und Zürich bedurfte es jener Riegel nicht. Sie wurden durch die Hebung zu flachen, schmalen Becken aufgestaut und sehen darum auch wie etwas verbreiterte Flußbetten aus. — Wenn aber auch zunächst die Bewegung der Alpen zur Bildung der nördlichen Rand-

1) Peschel: N. Pr. S. 39, 73, 103, 116. 2) Peschel: N. Pr. S. 37. 3) Credner, H.: Elemente. S. 177.  
 4) Peschel: N. Pr. S. 109. 5) Peschel: N. Pr. S. 98. Credner: Elemente. S. 175. 6) Vogt: Geologie II. S. 456.  
 7) Rüttimeyer, a. a. O. S. 104. 8) Rüttimeyer, a. a. O. S. 74 a. 9) Rüttimeyer, a. a. O. S. 75 a. 10) Rüttimeyer,  
 a. a. O. S. 75 a. 11) Rüttimeyer, a. a. O. S. 77 a. 12) Rüttimeyer, a. a. O. S. 124.

seen beigetragen hat, so darf doch die Annahme eines zweiten, wenn auch unwichtigeren Momentes nicht von der Hand geschoben werden. Da das Wasser nämlich die chemische Eigenschaft besitzt, die Gesteine, namentlich Steinsalz und Gips, aufzulösen, zu zersetzen und im günstigen Falle mit sich fortzuführen, so werden in der Erde Hohlräume entstehen. Das über ihnen gelagerte Erdreich muß endlich zusammenstürzen, und der entstandene Kessel sich mit Wasser füllen, eine Hypothese, welche Studer und Heer vertreten. Immerhin aber wird diese Erscheinung nur als ein zweiter Factor bei der Bildung der Randseen gelten dürfen.<sup>1)</sup>

Entstehung der Seen des südlichen Alpenrandes. Jetzt wird es uns ganz leicht, Ursachen für das Entstehen der tiefen italienischen Seen zu finden. Einst waren sie als Flufsthäler in ihrer ganzen Länge den Einwirkungen der Atmosphäre ausgesetzt,<sup>2)</sup> die an der Südseite der Alpen eine besonders wirksame Thätigkeit entfaltete. Darauf senkte sich der ganze südliche Theil der Alpen tief ins lombardische Meer hinein, und dieses trat als Küstenfjord in die ehemaligen Thäler.<sup>3)</sup> Auf diese Weise erklärt sich ebenso natürlich ihre langgestreckte Form und große Tiefe wie der Umstand, daß die Südseite der Alpen steiler ist als ihre Nordseite, und daß ihnen dort eine Hochebene, hier eine Tiefebene vorgelagert ist. Warum kein Meer, wird sogleich erhellen.

Es ist verschwunden, aber langer geologischer Zeiträume hat es zu seiner Beseitigung bedurft. Nach einem Grunde für diese Erscheinung darf man nicht lange suchen. Die tausend und abertausend Wasserrinnen, die von den steilen, einer schnellen Verwitterung ausgesetzten Bergwänden herniederstürzten, drängten mit ihren Schlammmassen das Meer langsam, aber energisch zurück; das Bett des Po wurde demgemäß immer länger, und die früher selbständigen Flüsse sanken in die Kategorie der Nebenflüsse des Po herab.<sup>4)</sup> Allmählich schob sich auch eine Barre von Alluvionen vor das Südende der Fjorde, schloß sie endlich bis auf einen schmalen Wasserfaden gänzlich vom Meere ab und gestaltete sie damit zu den lombardischen Seen um. Unterdessen begannen diese, je mehr das Anschwemmungsgebiet auch in verticaler Richtung wuchs, so lange höher zu steigen, bis das Quantum des Zuflusses mit dem des Abflusses, letzteres vermehrt um das Verdampfungsquantum des auch verbreiterten Sees, sich die Wage hielt. Dabei fing der See an, sich auszusüßen; die marine Tierwelt aber rettete sich ins offene Meer, oder ging unter, wenn sie dazu nicht Gelegenheit fand. Möglich, daß einige Arten sich den veränderten Lebensbedingungen anpaßten. Noch jetzt sollen nämlich lago Maggiore und Garda-See eine Hälingsart (*Cyprinus Agone*)<sup>5)</sup> und Meergrundeln (*Blennius vulgaris* Pollini und *Gobius fluviatilis* Bonelli), letzterer einen Meerkrebs (*Palæmon*)<sup>6)</sup> in sich bergen, und diese Tiere von ihren marinen Verwandten nur durch geringe Merkmale unterschieden sein.<sup>7)</sup> Ob sich dies wirklich so verhält, wird schwerlich jemals entschieden werden. Uns scheint geratener, anzunehmen, daß sie nicht im See zurückgeblieben, sondern langsam in die noch lange schwachsalzigen Seen<sup>8)</sup> hinaufgestiegen sind, und allmählich ihre Merkmale und Lebensweise verändert haben. Wem übrigens unsere Annahme von einer Schließung der Seen durch Alpengeröll

<sup>1)</sup> Studer, B.: Sur l'origine des Lacs Suisses. Bibli. Univ. 1864. Heer, a. a. O. S. 654. <sup>2)</sup> Rüttimeyer, a. a. O. S. 82. <sup>3)</sup> Peschel: N. Pr. S. 11 u. 21. <sup>4)</sup> Peschel: N. Pr. S. 76 u. 167. <sup>5)</sup> Peschel: N. Pr. S. 168. Jahrbuch des österreichischen Alpenvereins. 1868. B. 4. S. 81. Wallmann, a. a. O. S. 81. <sup>6)</sup> Rüttimeyer, a. a. O. S. 80. <sup>7)</sup> E. v. Martens: Ueber einige Fische und Crustaceen des süßen Gewässers Italiens (Troschels Archiv 1857. S. 149.) Rüttimeyer: Herkunft unserer Thierwelt. <sup>8)</sup> Peschel: N. Pr. S. 167.

und von der Wegdrängung des lombardischen Golfes als zu gewagt erscheint, dem geben wir folgendes zu bedenken. Unmöglich können die Kräfte, welche noch zur Stunde die fortschreitende Einengung des adriatischen Meeres veranlassen, in früheren Erdepochen wesentlich andere gewesen sein. Wir sehen aber mit der größten Klarheit, wie das Land von Norden und Westen gegen die Adria vorrückt. Die Mündung der Etsch lag noch im Jahre 589 bei Porto Brandolo,<sup>1)</sup> jetzt ist sie um einige Kilometer davon entfernt; die des Po rückte in den letzten zwei Jahrhunderten jährlich um annähernd 70 m vor<sup>2)</sup> und ist seit der Römerzeit um mindestens 30 km vorgeschoben. Spina, Aquileja und Hadria waren zur Zeit der Geburt Christi noch Hafenstädte,<sup>3)</sup> jetzt hat sich von der letzteren Stadt das Meer um volle 35 km zurückgezogen, und ein 7 km breiter Landstreifen trennt das alte Aquileja von der Küste.<sup>4)</sup> Aber man wird sich nicht darüber wundern, wenn man hört, daß der Po alljährlich 46 Millionen Cbm festen Materials herbeigeschleppt bringt,<sup>5)</sup> und daß in der Nähe von Venedig angestellte Bohrungen bei einer Tiefe von 172 m nicht den Grund des angeschwemmten Bodens erreicht haben.<sup>6)</sup> So gewiß also, wie in einigen tausend Jahren Brenta, Piave, Tagliamento und Isonzo aus selbständigen Flüssen zu Nebengewässern des Po degradirt sind,<sup>7)</sup> so gewiß haben die alten Fjorde der lombardischen Bucht durch die von den Alpen herbeigeführten Sedimente ihre Umgestaltung zu den herrlichen italienischen Seen erhalten, die kein Naturfreund ohne Entzücken und Rührung betrachtet.

## 4.

#### Die Ruhezeit in der Entwicklung der Seen.

Die Eiszeit. Wir haben versucht, vor den Augen unserer Leser ein Bild des Werdens der Schweizer Seen zu entfalten und könnten nun sofort dazu übergehen, ihr heranrückendes Ende und die Ursachen des Schwindens zu schildern, wenn nicht ein Ereignis von wunderbarer Grofsartigkeit und Tragweite, das beim Beginn der quaternären Zeit über die Schweiz hereinbrach, uns nötigte, eines langen Schlummerzustandes der Seen zu gedenken, aus dem sie nach einem Jahrhunderttausend zu reicherem und schönerem Dasein erwachen sollten. Nach der tertiären Epoche, in der die Schweiz noch ein beinahe tropisches Klima hatte, brach langsam aber unverrückbar über die Alpen, wie wahrscheinlich über die ganze nördliche Erdhälfte,<sup>8)</sup> eine grofse Abkühlung herein mit dem Erfolg, daß sich das ganze Gebirge in einen einzigen mächtigen Schneemantel hüllte, aus dem nur scharfkantige, kahle, jedes Lebens entbehrende Spitzen und Grate hervorragten, und alle Seen, vielleicht auch die italienischen, bis auf den Grund ausfroren.<sup>9)</sup> So furchtbar aber auch das Ereignis war, für die Seen hat es das schöne Resultat gehabt, sie zu erhalten und zu vermehren, wie den Reiz der Jugendlichkeit des Gebirges in die Neuzeit hinüberzuretten.<sup>10)</sup>

<sup>1)</sup> Peschel: N. Pr. S. 124. <sup>2)</sup> Peschel: N. Pr. S. 124. <sup>3)</sup> Credner, G. R.: Die Deltas, ihre Morphologie, geographische Verbreitung und Entstehungsbedingungen (Petermanns Geogr. Mitth. Nr. 56). S. 6. 22. <sup>4)</sup> Credner, G.: Die Deltas. S. 6. <sup>5)</sup> Credner, G.: Die Deltas. S. 46. <sup>6)</sup> Credner, G.: Die Deltas. S. 12. <sup>7)</sup> Credner, G.: Die Deltas. S. 29. <sup>8)</sup> Peschel: N. Pr. S. 8. <sup>9)</sup> Clessin: Die Ausfüllung der Seen. Ausland 1872. S. 518. <sup>10)</sup> cf. Wild, H.: Ueber Föhn und Eiszeit. Bern 1868. Dove, H.: Ueber Eiszeit, Föhn und Sirocco. Berlin 1867. Braun, A.: Die Eiszeit der Erde. Berlin 1870. Rüttimeyer: Ueber Pliocän und Eiszeit auf beiden Seiten der Alpen. Basel 1876. Cotta: Geol. d. G. S. 340.

Alte Gletscher. Fünf Eisströme aber entsandte das Gebirge in die tieferen Thäler und Ebenen des Nordrandes.<sup>1)</sup> Der größte war der Rhonegletscher. Er drang aus den Thälern des Wallis über den Genfer-, Neuenburger-, Bieler- und Murten-See hinweg bis zu den Höhen des Jura und endete in der Gegend von Aarau; mit ihm verbanden sich der Arvegletscher, die Fortsetzung des heutigen mer de glace und einige andere, die aus den Westalpen kamen und sich über die Seen von Annecy und Bourget hinschoben. Dem Rhonegletscher an Gröfse kam der des Rheins fast gleich.<sup>2)</sup> In den Thälern Graubündens hatte er seinen Ursprung und drängte sich über die gefrorene Fläche des Boden-Sees bis tief in Baden hinein. Er wurde vergrößert durch einen Strom, der unterhalb Sarganz den Wallen-See und das Stromgebiet der Töfs überschritt und bei Eglisau am Rhein endete. Zwischen diesen zwei großen Gletschern lagen die kleineren der Aare, Reufs und Linth. Ersterer zog sich aus dem Haslithale über Thuner- und Briener-See bis an den Rhonegletscher, der andere kam vom St. Gotthard hernieder, durchfloß das Thal der Reufs, überstieg den Urner-, Zuger-, Sempacher- und die nördlich davon gelegenen Seen, stieß bei Aarau mit dem Rhonegletscher zusammen und fand sein Ende da, wo die Reufs in die Aare mündet. Der Eisstrom der Linth endlich nahm seinen Weg durch die Kantone Uri, Schwyz, Glarus und St. Gallen, bedeckte den Züricher-See und reichte bis Kaiserstuhl, das am Rhein liegt. — Auch die Südseite der Alpen war vereist. Der größte, aber für unsere Betrachtung unwichtigste Gletscher ging vom Montblanc durch das Thal der Dora Baltea bis Ivrea.<sup>3)</sup> Mehr interessiren uns die des lago Maggiore, der diesen See verschloß und über Sesto Calende bis in die lombardische Ebene drang, der Veltliner, dem der lago di Lugano und der lago di Como zu Brücken auf seinem Wege nach Monza dienten, und der des Garda-Sees. Dieser zog sich über die Wasserscheide zwischen Mori an der Etsch und Torbola am Garda-See bis in die Gegend von Solferino.<sup>4)</sup>

Gründe für die Entstehung der Eiszeit. Welchen Grund aber hat diese für das Schicksal der Seen so hochwichtige glaciale Periode der Schweiz?<sup>5)</sup> Er liegt nach unserer Ueberzeugung in einer von der jetzigen sehr abweichenden Verteilung der Landmassen. Europa war eine schmale, von Westen nach Osten sich ausdehnende Insel. Nördlich davon flutete ein Meer, das weit nach Norden hin reichte, und aus dem sich nur das vergletscherte Scandinavien inselartig erhob. Dieses Meer bedeckte die ganze norddeutsche Tiefebene, Rußland und Sibirien,<sup>6)</sup> überall in Buchten in das Festland eingreifend. Die auf demselben nach Süden treibenden Eisberge aber banden bei ihrem Schmelzen ungeheure Wärmequantitäten und erkälteten damit die südlichen Gestade.<sup>7)</sup> Dazu kommt, daß damals schwerlich die Landenge von Panama schon bestand. Dann aber wurde der uns wärmende Golfstrom von seinem westlichen Wege in den stillen Ocean abgelenkt, und selbst bei Annahme des Vorhandenseins dieses Isthmus konnte der Golfstrom Europas Küsten doch nicht erreichen, weil ein Landstreifen, der die Antillen mit Labrador verband, ihn daran verhinderte.<sup>8)</sup> Endlich darf man nicht unberücksichtigt lassen, daß auf dem Boden

1) Cotta: Geol. B. S. 83. 2) Wallmann, a. a. O. S. 2. Vergl. Hellwald, F. v.: Die Eiszeit der Alpen. Jahrbuch des österreichischen Alpenvereins. Band III 1867. 3) Whymper, Ed.: Berg- und Gletscherfahrten in den Alpen, deutsch von Steger. Braunsch. 1872. S. 380. 4) Braun: Eiszeit. S. 35. 36. Whymper, a. a. O. S. 405. Credner, H.: Elemente. S. 673. 5) Peschel, O.: Völkerkunde. 4. Aufl. Leipzig 1877. S. 43. Desor: Gebirgsb. S. 119—122. 6) Peschel: N. Pr. S. 117. 7) Zaddach: Tertiär. S. 35. Credner, H.: Elemente. S. 671. 8) Zittel: Urzeit. S. 532. Vogt: Geol. II. S. 51.

der heutigen glutpendenden Sahara ein Meer wogte, das seinen Küsten bei der Verdampfung enorme Wärmemengen entzog. Endlich muß man sich die Alpen viel höher denken, als sie jetzt sind, weil sie noch nicht von den Atmosphären bis zu dem uns bekannten Grade zernagt waren, und mit in Rechnung bringen, daß die ganze Kälte der höheren Regionen des Luftkreises auf sie einwirkte. Alle diese Umstände vermehrten ebenso sehr die Menge der atmosphärischen Niederschläge, als sie das Quantum der Wärme verminderten. Beides aber sind für die Bildung der Gletscher durchaus notwendige Momente. Uebrigens hat man gar nicht nötig, das Maß der Kälte übermäßig groß zu nehmen. Eine Erniedrigung der mittleren Jahrestemperatur der Schweiz um 4 Grad R. würde die Gletscher der Schweiz zu ihrer früheren Ausdehnung führen und Verhältnisse schaffen, wie sie die landarme südliche Halbkugel noch jetzt zeigt.<sup>1)</sup>

Entstehung von Seebecken durch Gletscherthätigkeit. Gletscherbewegung. Indessen wurde durch die Vereisung der Schweiz nicht nur die vorhandene Seefülle dem Anblick des Tages entzogen und damit die Umgestaltung der alten Becken verhindert, das Gletschermaterial bereitete auch für eine licht- und farbenreichere Zeit, für die neueste Epoche unseres schönen Planeten, die Mittel zu neuer Seebildung und Vergrößerung einer nicht kleinen Zahl der alten vor. — Bekanntlich ist die Temperatur, welche in den oberen Bergregionen herrscht, nicht im Stande, die Menge des hier fallenden Schnees zu beseitigen. Wenn die Natur nun kein Mittel besäße, denselben dennoch fortzuschaffen, so müßte er zu ungeheuren Massen anwachsen und eine Erkältung des ganzen Erdkörpers herbeiführen. Indessen ist dafür gesorgt, daß dieser Fall nicht eintritt. Durch den Druck des Schnees, der in den oberen Firnmulden angesammelt ist, wird der untere Teil allmählich in festes Eis verwandelt. Dieses strebt auf der geneigten Fläche der Thalrinne nach tiefer liegenden Orten. Wäre das Eis ohne jede Plasticität, so wäre dies bei den Hindernissen, die der Weg mit seinen Krümmungen und Unebenheiten bietet, einfach unmöglich. Nun aber fügt sich das Eis, wenn auch nicht der Dehnung, so doch dem Drucke.<sup>2)</sup> An einem festen Körper zersplittert es allerdings, friert aber sofort wieder zusammen, wenn die obere Spaltungsfläche sich der unteren genähert hat. Infolge dieses fortwährenden Zerreißen und Wiederaneinanderfrierens kann das Eis allen Krümmungen seines Thalweges folgen, und der so compacte Gletscher zu einem langsam aber unaufhaltsam dahin fließenden Strome werden.

Unrichtige Annahmen. Wie können aber diese Gletscher zur Neubildung von Seen und zur Umgestaltung der alten Veranlassung geben? Nach Gastaldi, Mortillet<sup>4)</sup> und Ramsay<sup>5)</sup> besitzen sie die Fähigkeit, weiche Stellen des Bodens, zu denen sie auf ihrem Wege gelangen, auszuschaufeln und die ausgegrabenen Massen vor sich herzuschieben, also tiefe Höhlungen zum künftigen Behältnis ruhigen Wassers herzustellen. Jedoch diese Ansicht ist durchaus un begründet.<sup>6)</sup> Denn da die Kräfte, welche in der Urzeit walteten, auch noch jetzt lebendig sind, ein Gletscher unserer Tage aber nie in weiches Erdreich, selbst nicht in den lockersten Sand,

<sup>1)</sup> Braun: Eisz. S. 36. Cotta: Geol. B. S. 85. Credner, H.: Elemente. S. 670. <sup>2)</sup> Tyndall, a. a. O. S. 335. Sonclar, C. v.: Ueber Gletscher. Ausland 1876. S. 229. <sup>3)</sup> Pfaff, F.: Ueber die Bewegung des Firnes und der Gletscher. München 1876. Tyndall, J.: The glaciers of the Alps 1857. Helmholz: Eis und Gletscher. Braunsch. 1876. <sup>4)</sup> Mortillet, G. de: Carte des anciens Glaciers du Versant meridionale des Alpes. Milan 1860. Gastaldi et Mortillet: Sur l'affouillement glaciaire. Atti della Soc. Ital. 1863. <sup>5)</sup> Ramsay, A.: On the glacial origine of certain Lakes. Quart. Journ. Geol. Soc. Aug. 1862. S. 382. <sup>6)</sup> Whympfer, a. a. O. S. 384. Peschel: Abh. S. 302. Studer, B.: Sur l'origine des Lacs Suisses. Bibl. Univ. 1864. J. Ball: On the formation of alpine Valleys and alpine Lakes. Phil. Mag. Febr. 1868. S. 81.

eindringt, sondern über demselben nur leicht hinweggleitet, so können auch frühere Eisströme, mag man sie auch noch so gewaltig sich vorstellen, Becken von 100 Meter Tiefe nicht ausgeschaufelt haben. Genfer- und Boden-See sind also eben so wenig wie die Seen von Neuenburg, Biel, Murten, Thun, Brienz, Zug, Luzern, Wallenstadt und Zürich in der obenbeschriebenen Weise entstanden, ja nicht einmal jene seichten Seen, Lachen und Sümpfe, welche den nördlichen Teil der Schweizer Hochebene und der lombardischen Tiefebene bedecken.

Auch der Meinung Dana's,<sup>1)</sup> Tyndall's<sup>2)</sup> und Peschel's,<sup>3)</sup> nach welcher alle Thäler der Schweiz, und damit auch die der tiefliegenden italischen Seen, ihren Ursprung der feilenden und schleifenden Kraft der langsam fließenden Eisströme verdanken, können wir uns nicht anschließen. Denn der Gletscher bedarf, um entstehen zu können, schon eines vorhandenen Thales<sup>4)</sup>; dieses wird er allerdings an dessen Vorsprüngen glätten und poliren, aber es nur irgendwie merklich zu vertiefen, das vermag er nicht.<sup>5)</sup> Wollen nun jene eben genannten Schriftsteller nicht annehmen, daß erst nach Ausfeilung der Thäler durch Gletschereis sich die Südseite der Alpen gesenkt hat, so müssen sie uns auch das Undenkbare zu glauben zumuten, daß der Gletscher noch tief unter dem Meeresspiegel seine schleifende Thätigkeit fortgesetzt habe, was doch bei der Leichtigkeit des Eises im Verhältnis zum Wasser und bei der höheren Temperatur des letzteren einfach unmöglich ist.<sup>6)</sup>

Richtige Annahme. Die Wirkung der alten Gletscher in Hinsicht auf Seebildung und Seeumgestaltung war eine ganz andere. Die über dem Eise hervorragenden Bergspitzen und die Ränder der Thäler, in denen der Strom sich bewegte, waren, wie sie es noch jetzt sind, beständiger Verwitterung ausgesetzt. Ihre Trümmer rollten auf den Rand des Stromes und wurden als Seitenmoränen in die Ebene geführt. Trafen zwei Gletscher auf ihrem Wege zusammen, so verschmolzen sie ineinander, und es vereinigten sich die zwei Seitenmoränen des innern Randes zu einer Mittelmoräne, deren um so mehr entstanden, je mehr Eisströme sich zu einem einzigen vereinigten. Unten entledigte sich der abschmelzende Gletscher seiner Steinlasten, die zu großen Wällen anwuchsen, wenn das Gletscherende lange an demselben Orte verharrte. Diese Erdmoränen sind es gewesen, welche Veranlassung zur Sperrung der Thalrinne gegeben haben. Lagerten sich die Schuttmassen am untern Ende eines bereits vorhandenen, aber ausgefrorenen Sees ab, nachdem sich der Gletscher über ihm hinweggeschoben hatte, so konnte sich nach Beendigung der glacialen Zeit der Seespiegel höher legen, im anderen Falle traten ganz neue Seen an das Licht des Tages.<sup>7)</sup> Das ist in Hinsicht auf Seebildung des Gletschers einziges Vermögen,<sup>8)</sup> und dieses sein Vermögen hat den Schweizer Geologen Charpentier, als er Steinblöcke des Hochgebirges in den Ebenen weitab von ihrem ursprünglichen Sitze fand, zur Entdeckung der Eiszeit geführt. Um die nähere Begründung dieser Lehre haben sich Agassiz, Desor, Forbes, Venetz und Escher von der Linth große Verdienste erworben und die Richtigkeit derselben außer allen Zweifel gestellt.<sup>9)</sup>

1) Dana, J. D.: Manuel of geology. ed. 2. London 1875. 2) Tyndall, a. a. O. S. 209. 3) Peschel: N. Pr. S. 12—24. 4) Cotta: Geol. d. G. S. 348. Credner: Elemente. S. 247. 5) Rütimeyer: Thal- und Seebildung. S. 39. Whymper, a. a. O. S. 169—189. Studer, B.: Sur l'origine des L. S. 1864. 6) Credner: Elemente. S. 249. 7) Wallmann, a. a. O. S. 9. 8) Clessin: Ausfüllung der Seen. Ausland 1872. S. 519. 9) Helmholz: Ueber Eis und Gletscher. Berlin 1867. Zittel: Urzeit. S. 492. Braun: Eiszeit. S. 12—15.

Moränen-Seen. Solcher Moränen-Seen giebt es namentlich auf italienischer Seite in nicht geringer Menge. Der Grund aber, weshalb sie hier zahlreicher zu finden sind, als auf deutscher Seite, trotzdem die Gletscher des südlichen Alpenrandes bei weitem nicht die Größe derjenigen des nördlichen erreichten, ist leicht zu erkennen. Die unter dem unmittelbaren Einfluß der äquatorialen Luftströmung stehende südliche Seite der Gebirgswand verwitterte schneller als die nördliche, die jenen Einfluß nicht erfuhr. Die Gletscher konnten also dort auch größere Massen von Gesteinsmaterial zu Thale schaffen als hier. Ihrer Entstehung entsprechend bilden alle Moränen flache, bogenförmige Wälle, die vielfach concentrisch hinter einander liegen und dann häufig durch sumpfige Wasserflächen und seichte Lachen von einander getrennt sind.<sup>1)</sup> Sie stauten die Seen von Alserio, Pusiano und Annone, wahrscheinlich auch die von Spinone, Comabbio, Monate und Varese auf. Den hohen Reiz, welchen der letztgenannte gewährt, verdankt er jenen Schuttwällen, von denen sein südliches Gestade umgrenzt ist. — Wenn auch nicht durch Moränen ins Leben gerufen, wie wir schon gesehen haben, so sind doch der lago Maggiore, der Orta-, Luganer-, Comer-, Iseo- und Garda-See<sup>2)</sup> durch sie vergrößert und verschönert. Das gilt im besonderen Grade vom Comer- und Luganer-See. Bekanntlich streckt ersterer zwei Arme nach Süden; der westliche derselben war der ursprüngliche, und durch ihn floß die Adda ab, aber das durch Eisströme herbeigeschleppte Gestein zwang sie, an der ebenfalls mit Moränenschutt überstreuten wunderschönen Halbinsel Bellagio vorbei durch den Arm von Lecco,<sup>3)</sup> den sie erst austiefen mußte, ins lombardische Meer sich zu ergießen.<sup>4)</sup> Der Luganer-See aber, welcher wie aus einem kleinen lago Maggiore und einem kleinen lago di Como zusammengeschweift aussieht,<sup>5)</sup> hat seinen Abfluß oder wahrscheinlicher seine Abflüsse durch das ihm im Süden vorgestreute Material verloren und dadurch seine heutige anghakenförmige Gestalt erhalten. — Obgleich vielfach auch die Seen der Nordschweiz für eine Schöpfung der transportierenden Kraft der Gletscher gehalten werden, wie der Wauwiler-, Sempacher-, Hallwiler-, Baldegger-, Greiffen- und Pfäffikon-See,<sup>6)</sup> so thut man doch besser, aus dem 30—60 m hohen und breiten Moränenzug, der sie im Norden begrenzt, nur auf eine Vergrößerung der früher vorhandenen Becken zu schließen.<sup>7)</sup> Bei dem Neuenburger- und Bieler-See ist dies sicher der Fall,<sup>8)</sup> ebenso gewiß auch bei dem von Zürich, da bei ihm die Sohle des Beckens tiefer liegt, als die von der Limmat durchbrochene Moräne.<sup>9)</sup> Die Landzunge von Hurden aber, die den See so einengt, daß eine Brücke über ihn gebaut werden konnte, besteht ganz aus Gebirgstrümmern, die der alte Gletscher hier abgeladen hat.<sup>10)</sup>

## 5.

## Das Ende der Seen.

Vorbemerkungen. Nachdem die Gletscher eine lange Reihe von Jahrtausenden<sup>11)</sup> in ihrer alten Größe und Ausdehnung verharret hatten, zogen sie sich verhältnismäßig schnell zurück, die Orte ehemaliger Anwesenheit mit Bergtrümmern übersäend. Ihr allmähliches Zusammenschrumpfen aber hielt gleichen Schritt mit der Auftrocknung der Sahara, mit dem Vorrücken

1) Credner: Elemente. S. 683. 2) Credner: Elemente. S. 249. 3) Vogt: Geol. II. S. 41. 83. 4) Heer: Urwelt. S. 562. 5) Peschel: Abh. S. 292. 6) Schmidlin: Gletschergarten. 7) Heer: Urwelt. S. 544. 8) Peschel: N. Pr. S. 179. 9) Peschel: N. Pr. S. 179. Braun: Eisz. S. 33. 10) Zittel: Urzeit. S. 493. Heer: Urwelt. S. 544. 11) Cotta: Entwicklungsgesetz.

des Golfstromes zu den europäischen Küsten hin und mit der Erhebung bedeutender Landmassen im Norden unserer Halbkugel,<sup>1)</sup> wodurch den Eisbergen der nördlichen Meere der Zugang zu niederen Breiten versperrt wurde.

So erwacht denn nach langem, tiefem, totenähnlichem Schlafe die Schweiz zu einem neuen Leben. Aber reizender und schöner ist ihr Bild geworden, denn wenn auch die Seen der Berge in ihren alten Umrissen verblieben sind, die der Ränder haben sich zu ihrem Vortheile vergrößert und verbreitert, und eine Menge neuer Seespiegel wirft das Bild der reizvollen Gegend zaubervoll zurück. An den Ufern der Seen entfaltet sich üppige Vegetation, zahlreiche Tiergestalten steigen zu ihren Ufern hinab, im klaren Wasser den Durst zu löschen, und erstaunt tritt der junge Mensch, das Herz von hohen Ahnungen geschwellt, an die blaugrüne Fluth, die sich mit tausend Inwohnern belebt hat. Eine zweite Jugend ist dem Gebirge geworden. So kommt es auch wohl im Leben des Jünglings vor, daß, nachdem er lange von den Banden eines bangen und trüben Traumes umfangen war, der Schlaf von ihm weicht, und seine Seele Schönheiten offenbart, die man vorher nicht hätte ahnen können.

Aber was uns entzückt, ist vergänglich, denn nach dem Ausspruche des Dichters ist nur das Vergängliche schön geschaffen.<sup>2)</sup> Leise rückt für den Jüngling die ernste Manneszeit heran, wo das Lächeln auf der Wange sich legt, und langsam naht, freilich nur dem Forscher bemerkbar, dem ewigen Gebirge die Zeit, wo die Seen verschwinden.

Gründe für das Verschwinden der Seen. Dieselben Kräfte, welche bemüht waren, dem Wasser sein stilles Lager zu bereiten, sind unablässig geschäftig, es aus seiner Ruhe aufzurütteln und wieder in Thätigkeit und Bewegung zu versetzen. Sobald nämlich der See constant geworden ist, d. h. sobald er seinen Spiegel so weit erhöht und damit auch so sehr verbreitert hat, daß ihm durch Verdunstung ein der Zufuhr gleiches Wasserquantum entführt wird, suchen seine Zuflüsse ihn mit dem von ihnen getragenen Gesteinsmaterial zuzuschütten. Die schwersten Teile desselben legen sich an der Mündung nieder, die leichteren werden längere Zeit schwebend erhalten, bis auch sie in dem ruhig gewordenen Wasser sich zu Boden senken, alle Unebenheiten ausgleichend.<sup>3)</sup> Dadurch wird der Seespiegel allerdings zunächst höher gelegt, indessen auch die Verdampfungsfläche vergrößert, und, was besonders zu beachten, die Masse und Kraft des überfließenden Wassers vermehrt, die Abflusssrinne tiefer gelegt, und der See der Abzapfung entgegengeführt. Denn die Ströme verfolgen unablässig die Tendenz, sich bis zum Meere hin ein gleichmäßig geneigtes Gefäll zu verschaffen. Wo also immer ein See, dessen Tiefe und Ausdehnung ihn in seinem Laufe hemmt, von einem Flusse durchschnitten wird, ist sein Ende unvermeidlich.<sup>4)</sup> Da dies aber bei den Schweizer Seen fast ohne Ausnahme der Fall ist, so können wir ihre endliche Vernichtung mit der größten Bestimmtheit voraussagen.

Alte Seebecken. Daß bereits viele Seen, namentlich Hochseen wieder verschwunden sind, beweisen die Namen für jetzt trockene Flächen im Gebirge, wie Seeboden, Seebodenalp, Seealpboden, Seemättli, Seewies, Pleine des Iles u. a. m. Ja man kann sich überhaupt versichert halten, daß die meisten Ebenen der Berg- und Alpenregion, deren Boden so glatt wie ein Billardtuch ausgespannt daliegt, früher als Becken solcher stillen tiefgrünen Seen gedient haben.<sup>5)</sup> Aus der Fülle der vorkommenden Beispiele seien hier einige der

1) Peschel: N. Pr. S. 108. 121. 2) Peschel: Abh. S. 323. 3) Cotta: Geol. d. G. S. 350. 4) Credner, G.: Delta. S. 29. Cotta: Geol. d. G. S. 351. 5) Tschudi: Tierleben der Alpenwelt. S. 14. Peschel: N. Pr. S. 151.

wichtigsten aufgeführt. Auf halber Höhe des Rigi erkennt man unschwer in der Alp Seeboden, wie schon der Name andeutet, einen früheren Seebehälter, ebenso in der Alp Rothenfluh, die oberhalb Küfsnacht am Westfuß der Scheideck liegt.<sup>1)</sup> Ein See in der Nähe des Dorfes Giswil bei Sarnen versiegte noch in historischer Zeit; jetzt erblickt das Auge statt seiner nur einen schilf- und binsenvollen Moorgrund.<sup>2)</sup> Auch das bekannte bei Andermatt befindliche Urserenthal, jenes lachende Gelände, wo nach Schiller der Herbst und der Frühling sich gatten, gleicht in seiner glatten Thalebene vollständig einem ehemaligen See Grunde.<sup>3)</sup> In besonders reichem und schönem Maße läßt sich diese Erscheinung am Oberhaslithale beobachten, das seine eigentümliche Physiognomie durch viele kleine Ebenen erhält, die staffelförmig über einander folgen und durch enge Schluchten von einander getrennt sind. Gleich oberhalb Meiringens zieht sich quer durchs Thal ein Felsenwall, den man das Kirchet nennt. Dieser staute in vergangenen Zeiten einen See hinter sich auf. Als aber das Kirchet durchsägt, und die prächtige Schlucht der finstern Schlauche geschaffen war, floß das Wasser des Sees ab, und ein ebener Grund blieb übrig, durch welchen sich das Wasserband der Aare windet, und auf dem die Häuser des Dorfes Imhof liegen.<sup>4)</sup> Höher im Haslithale trifft der Wanderer auf die Alpen Imboden und Räterichsboden. Beide waren einst von Seen bedeckt; auf dem letzteren sind zwei kleine Teiche als dürftige Reste des alten Spiegels zurückgeblieben.<sup>5)</sup> Auch das Thal der in den Genfer-See sich ergießenden Dranse zeigt einige wie Treppen über einander liegende Seebecken;<sup>6)</sup> das ganze Thal der oberen Arve, die bei Genf in die Rhone mündet, war um die Stadt Sallenches herum ein See. Nach Versiegung desselben dämmten herabgestürzte Felstrümmer einen neuen auf, aber auch dieser verlor sich wieder im 16. Jahrhundert.<sup>7)</sup> Oberhalb der via mala im Thale des Hinterrheins liegt bei dem Dorfe Zillis eine Ebene, die ebenfalls das Bett eines früheren Sees gewesen ist. Drei oder vier alte Seebecken birgt das Oberhalbsteiner Thal zwischen Tiefenkasten und der Julierhöhe.<sup>8)</sup> Unterhalb der Schlucht von Chiarnaduras im oberen Innthale erhebt sich aus dem vollkommen horizontalen moorigen Alluvialboden inselartig der Hügel San Gian; er war einst eine Insel inmitten des jetzt zugeschütteten Sees.<sup>9)</sup> Auch das herrliche Engadin zwischen Ponte und Samaden erregt bei dem Wanderer ganz den Eindruck, als ob er über einen alten See grund schreite, und er kann sich der Ueberzeugung nicht verschließen, wenn er zu den Innseen hinaufgestiegen ist, daß sich hier in kommenden Zeiten bis zum Malojapafs eine Ebene ausbreiten werde mit dem Charakter eines verkleinerten, sehr hoch gelegenen Engadins. Auch der ebene Boden am Fuße des Roseggletschers bei Pontresina war so lange von einem See bedeckt, bis seine Gewässer die ihn aufdämmende Moräne durchschnitten. Schliesslich sei noch bemerkt, daß im Val di Campo bei Pisciadella eine Ebene mit dicker Humusschicht auf einen alten See grund schliessen läßt.<sup>10)</sup>

Verkleinerung der Seebecken des nördlichen Alpenrandes. Aber das allmähliche Verschwinden der Seen kann man nicht nur an den schon versiegten, sondern ebenso gut auch an den noch vorhandenen erkennen. Es

<sup>1)</sup> Rütimeyer: Berg, Thal und See. 1877. <sup>2)</sup> Zschokke, H.: Die Schweiz in ihren klassischen Stellen und Hauptorten. 3. Aufl. Stuttg. u. Leipz. 1871. <sup>3)</sup> Peschel: Abh. S. 301. <sup>4)</sup> Tyndall: Alpen. S. 59. 226. Cotta: Geol. d. G. S. 405. Peschel: N. Pr. S. 151. <sup>5)</sup> Daniel: Handb. S. 201. <sup>6)</sup> Credner: Die Deltas. S. 30. Charles Lyell: Principles of geology. II. ed. London 1872. S. 253. <sup>7)</sup> Leonhard, a. a. O. <sup>8)</sup> Tyndall: Alpen. S. 197. 198. <sup>9)</sup> Credner: Die Deltas. S. 32. <sup>10)</sup> Tyndall: Alpen. S. 198.

existirt nämlich in der Schweiz absolut kein See, der nicht früher grösser gewesen wäre. Um mit dem Boden-See zu beginnen, so reichte er einst bis Balzers, das nahe bei Sarganz im oberen Rheinthale gelegen ist, stand also in vergangenen Zeiten mindestens 200 m höher als jetzt und bildete mit dem Wallenstätter- und Züricher-See eine Fläche, die den Jura berührte. Durch diese letzteren zwei Wasserbecken fand auch früher der Rhein seinen Weg zum Meere. Noch zur Römerzeit lag zwischen Sarganz und Feldkirch ein grosser Sumpf. Indem der Boden-See sich langsam zurückzog, wurden die einst unmittelbar in ihn mündenden Flüsse und Bäche, wie die Ill und der Fruzbach, zu Zuflüssen des Rheins, und das Anschwemmungsgebiet der Dornbirner- und Bregenzer-Ache, sowie das des Argen und Schussen traten über dem Seespiegel hervor.<sup>1)</sup> Die ehemalige Grösse des Sees bekunden auch eine Menge von Wasserbecken nördlich vom Boden-See, welche er bei seinem Rückzuge in der freigelegten Ebene zurückgelassen hat. Ja er verkleinert sich vor den Augen der Anwohner, deren Städte und Dörfer hauptsächlich nach den zurücktretenden Seeufern hin wachsen. Seine Verkleinerung aber ist die Folge ganz natürlicher Ursachen. Der Rhein soll allein bei mittlerem Wasserstande in einer Secunde etwa 300 km mit Gesteinsschutt gefüllten Wassers in den Boden-See senden. Das macht, da das Jahr 31 536 000 Secunden hat, fast 10000 Millionen im Jahre;<sup>2)</sup> aber ausserdem führen ihm noch etwa 30–40 Bäche und Flüsse grosse Quantitäten zerriebenen Gebirgsmaterials zu. Dann arbeitet der Rhein beständig daran, sein Bett in dem die Existenz des Boden-Sees bedingenden Gebirgsriegel zwischen Basel und Constanz tiefer zu legen, und zahlreiche Spuren eines höheren Flussbettes, welche in Gestalt von Schuttmassen an den Thalgehängen zurückgeblieben sind, bezeichnen den Erfolg, den der Strom bereits gehabt hat. Immer weiter zieht sich die den Rheinfeld bei Schaffhausen veranlassende Wand gegen den Ursprung des Stromes zurück; hat sie den Boden-See erreicht, so ist es um ihn geschehen.<sup>3)</sup>

Auch der Spiegel des Genfer-Sees lag in alten Zeiten 75 m höher; er reichte oberhalb der Rhone bis Martigny, unterhalb bis Fort de l'Écluse. Noch zur Römerzeit erhob sich das alte Portus Valesiae, jetzt Port Vallais genannt, hart am Ufer des Sees, heutzutage liegt es 2,5 km landeinwärts. Um diese Strecke sind also im Laufe von 18 Jahrhunderten seine Ufer zurückgetreten. Aber natürlich, denn die Rhone allein schafft alljährlich 21 Millionen Cbm festen Materials in den See; ausserdem schütten gegen 40 Bäche und Flüsse das von ihnen getragene Gestein auf seinen Boden. Von diesen Gewässern schiebt die Dranse ein Anschwemmungsgebiet vor sich her, das zusehends wächst, obgleich der See an der Mündungsstelle dieses Flusses an 100 m tief ist.<sup>4)</sup>

Ein ähnliches Schicksal hat der Neuenburger-See. Sein Spiegel stand ebenfalls früher bedeutend höher und war mit denen des Biellers- und Murten-Sees verwachsen, die ebenfalls in sichtbarem Schwinden begriffen sind, wie aus folgenden Notizen hervorgeht. Im Jahre 1553 wurde noch das Schloß Neuenburg von den Wogen des Sees bespült; heute dehnt sich zwischen Schloß und See der grösste Teil der Stadt aus. Yverdun berührte im vorigen Jahrhundert

1) Credner: Delta. S. 29, 30, 74. Clessin, a. a. O. S. 219. Rütimeyer: Thal- und Seeb. S. 72. Scharff: Das Sarganzer Seebecken. Jahrbuch für Mineralogie. 1872. S. 936. Rogg: Das Becken des Bodensees. Petermanns Mittheilungen. 1863. Daniel: Handb. S. 191. 2) Pfaff: Naturkr. S. 92. 3) Credner: Delta. S. 74. Peschel: N. Pr. S. 151. 4) Peschel: N. Pr. S. 131. Credner: Delta. S. 13. 22. 49. 74. Körner: Die Erde. S. 183. A. Favre: Sur l'origine des Lacs alpins et des Vallées. Bibl. Univ. de Genève. 1865.

mit seinen Mauern das Wasser, jetzt liegen einige tausend Meter trocknen Landes dazwischen. Avenches, das alte Aventicum, konnte sich zur Zeit der römischen Kaiser noch im Murten-See bespiegeln, jetzt hat dieser sich weit von der Stadt zurückgezogen.<sup>1)</sup>

Wir werden es nun natürlich finden, daß die in unmittelbarer Nähe der Alpen und von ihnen teilweise umschlossenen Randseen ihrem Ende noch schneller zueilen als die der Ebenen. Unzweifelhaft berührte der Südzipfel des Vierwaldstätter-Sees noch im Anfange der christlichen Zeitrechnung das an der Gotthardstrasse gelegene Dorf Erstfeld,<sup>2)</sup> welches jetzt den Spiegel des Sees um 33 m überragt; die Wasser der Reufs gingen einst über den Lowerz- und Zuger-See hinweg und flossen durch die Lorze dem Rheinthale zu. Aber ungeheuer groß ist auch die Menge des im See abgelagerten Gesteins; die Reufs trägt ihm allein jährlich 200 000 Cbm, in 10 000 Jahren also 2000 Millionen Cbm desselben zu. Außerdem fließen in den See einige 30 Bäche, darunter der des Isenthales und der von Sisigen, wie die Muotta von bedeutender Kraft sind.<sup>3)</sup>

Ähnliche Erscheinungen dürfen wir auch bei den beiden Aare-Seen vermuten. Und in der That stand der Briener-See, als er noch mit dem von Thun zusammenhing, auf der Höhe von Meiringen, das 33 Fuß über ihm liegt. Aber die Wasser des Hauptflusses allein bringen ihm täglich 284 370 kg Sand und Schlamm zugeschleppt; dadurch ist es im Laufe der Zeiten gekommen, daß nicht bloß alles Land im Nordwesten des Sees im Durchmesser von 5 bis 8 km verlassener Seegrund ist, sondern daß sich auch das Delta der Aare bereits 1000—1200 Meter weit unter dem Wasser in den See erstreckt.<sup>4)</sup> Kaum minder mächtig aber sind die Alluvionen, welche ihm die beiden Lüttschinen zugeführt haben, anderer kleinerer Bäche gar nicht zu gedenken. Die angeführten Thaten werden hinreichen zur Erkenntnis der Thaten, daß alle Seen des nördlichen Randes ihrem Ende entgegengehen.

Verkleinerung der Bergseen. Bei den Bergseen geht der Proceß der Zuschüttung und Abzapfung bei weitem schneller von statten als bei den Randseen, weil sie nur kleine Wasserschalen sind und das füllende Material aus erster Hand erhalten. Um aus der unübersichtlichen Menge der Beispiele nur einige wenige anzuführen, so werden alle 4 Seen des oberen Engadin, durch welche wie durch Perlen der Faden des Inn sich zieht, sichtlich kleiner, und die um ihren Rand sich schlingende fruchtbare Ebene fortwährend größer. Der kleine sagenberühmte See des Pilatus hatte 1725 noch eine Tiefe von einem Meter, jetzt ist er eine kaum noch den Boden bedeckende Lache.<sup>5)</sup> — Der See auf der Trübseealp, von wo aus man den Titlis besteigt, bedeckte noch vor kurzer Zeit, wie sich die ältesten Leute des Engelberger Thales erinnern, die ganze völlig horizontale Fläche der Alp, heutigen Tags bildet er nur ein kleines Gewässer von 3 km Umfang, das durch die Aa abfließt und mindestens in einem Jahrhundert verschwunden sein wird. — Dem in einem düsteren Felsenkessel gebetteten, am Südfusse der Diablerets hängenden lac de Derborence<sup>6)</sup> drohen die überhängenden Grate ein jähes Ende. Zweimal schon, in den Jahren 1714 und 1749, rollten so mächtige Trümmer in den See, daß er sich teilte. Der eine dieser so entstandenen Seen ist bereits wieder verschwunden. Sollte eintreten, was jeden Augenblick geschehen kann und endlich einmal kommen muß, daß

<sup>1)</sup> Desor: Gebirgsbau. S. 146. <sup>2)</sup> Credner: Die Deltas. S. 30. Rüttimeyer, a. a. O. S. 72 a. <sup>3)</sup> Heer: Urwelt. S. 630 u. 650. <sup>4)</sup> Credner: Die Deltas. S. 30. 46. 228. <sup>5)</sup> Kaufmann, J.: Der Pilatus, untersucht und beschrieben. 1867. <sup>6)</sup> Bädeker, K.: Die Schweiz. 18. Aufl. S. 211. Meyers Reisehandbuch. 9. Aufl. Leipzig 1877. S. 756.

die über dem Kessel hängende Wand einbricht, so hat der See zu sein aufgehört. Anderer Art ist das Schicksal, das dem Lüscher-See naht, der oberhalb des Dorfes Tschappina an der *via mala* liegt. Ohne sichtbaren Abfluss, entsendet er den Ueberschufs seiner Wassermengen durch unterirdische Gänge zum Hinterrhein. Aber die Rinnen gehen durch lockeren Schiefer, den das Wasser in eine breiige Masse verwandelt. Auf den stark südöstlich geneigten Schichten schlüpft nun der Boden langsam abwärts, und Dorf wie See gehen einer unausbleiblichen, unzweifelhaft schrecklichen Katastrophe entgegen.<sup>1)</sup> — Schliesslich sei noch des ganz eigentümlichen Geschicks Erwähnung gethan, das die Seen des Val Piora trifft. Auf der Höhe dieses zum Tessin gehörigen, nur durch eine niedrige Wasserscheide vom Val Cadelino, einem Seitenthal des Rheins von Medels, getrennten Thales liegt ein wenig bekannter See. Vor kurzem noch drainirte er sich zur Nordsee, jetzt aber, wo die ihn im Süden stauende Wand verwittert ist, schickt er seine Wasser dem adriatischen Meere zu. In seiner Nähe findet man den *lago Scuro*. Er gehört noch zum Val Cadelino; aber sobald der ihn schliessende Rand nur noch wenig weiter abgetragen ist, wird er durch die staffelartig übereinanderliegenden Seen, durch *lago Taneda*, *lago Tom* und *lago Ritom* in den Tessin sich ergiessen. Aber ihm wie diesen Seen steht das Ende nahe bevor. Sobald nämlich der aus dem letzteren stürzende Piorabach das leicht zerstörbare Gestein zersägt hat, werden sie rasch auslaufen, und nur der ebene Boden wird dem Forscher noch von ihrem ehemaligen Dasein berichten.<sup>2)</sup> — Merkwürdig ist das Los der Gletscher-Seen. Sobald das wärmere Wasser des Sees die hemmende Eiswand durchnagt hat, entleert sich sein flüssiger Inhalt in überaus kurzer Zeit. Aber von neuem rückt der oberhalb unversehrte Gletscher vor das Thal und staut die Gewässer desselben wiederum zum See auf, der nach kurzem Bestehen ebenfalls der Vernichtung anheimfällt. Dieser Proceß des Werdens und Vergehens setzt sich ohne Ende fort. Am schönsten läßt sich diese Thatsache am Merjelen-See beobachten. Alle drei bis fünf Jahre fließt er durch die *Massa* ab, die dann sehr anschwillt und früher im Rhonethal schreckliche Verwüstungen anrichtete, bis ihr Lauf durch Kunst geregelt wurde. In wenigen Stunden hat er sich völlig entleert, aber noch in demselben Jahre steigt er wieder zu seiner gewöhnlichen Höhe empor, auf der er sich bis zu seiner abermaligen Vernichtung hält.<sup>3)</sup>

Verkleinerung der oberitalischen Seen. Von den Seen des Hochgebirges begeben wir uns nun noch zu denen der oberitalischen Tiefebene, um auch an ihnen das Walten desselben Gesetzes zu erkennen, das die Schweizer-Seen ihrem Ende zuführt. Alle diese reizenden Becken des Südrandes der Alpen sind im Laufe der Zeiten sehr viel kleiner geworden. Der Spiegel des *lago Maggiore* stand mindestens 40 m höher und reichte im Thale des Tessin bis *Bellinzona*<sup>4)</sup>, in dem der *Tosa* bis *Vogogna*<sup>5)</sup> und in dem der *Maggia* bis *Losone*. Er sinkt fortwährend, denn 35 Bäche und Flüsse tragen ihren Schlamm zu seiner Verkleinerung mit dem Erfolge herbei, daß der seichte Arm von *Stresa* bis *Pallanza* immer seichter wird. So dürfte denn in nicht allzu langer Zeit das Felsenriff, welches mit seinen höchsten Spitzen die *boromäischen* Inseln bildet, sich ganz aus dem Wasser erheben und hier den See begrenzen. — Ein gleiches gilt vom *Luganer-See*. Ihn berührt an den Mündungsstellen seiner Zuflüsse eine fruchtbare Ebene, die am östlichen Arm im Thal des *Cucciobaches*, am westlichen in dem von

<sup>1)</sup> Budeker: Die Schweiz. 18. Aufl. Leipzig 1879. S. 347. <sup>2)</sup> Rütimeyer: Thal- und Seebildung. S. 53.  
<sup>3)</sup> Pfaff: Naturkräfte. S. 213. <sup>4)</sup> Credner: Die Deltas. S. 74. Rütimeyer: Thal- und Seebildung. S. 72 a.  
<sup>5)</sup> Rütimeyer, a. a. O. S. 77 a.

Vedeggio hoch emporsteigt und von einem früheren Seegrunde ein redendes Zeugnis ablegt. — Der Comer-See, zu dem mehr als 40 Gewässer hinabeilen, wurde noch in historischen Zeiten bis zu dem im Thale der Maira befindlichen Ort Samolako (summus lacus) befahren.<sup>1)</sup> Nunmehr liegt dieses Dorf auf ebener Fläche, in gerader Richtung 12 km vom See, und 12 km von Colico, wo jetzt die Schiffe anlegen müssen, entfernt und von dem Comer-See durch das flache Becken von Mezzola getrennt. Auch das zu seinem Stromgebiet gehörende Thal der Adda sieht auf einige km Länge wie ein verlassener Seeboden aus. — Im Garda-See aber ist, um nur einen wichtigen Punkt hervorzuheben, die an seinem oberen Rande östlich von Riva gelegene Bergkuppe, die einst Insel war, durch die Alluvionen des Mincio landfest geworden.<sup>2)</sup>

Verkleinerung der Seen durch Theilung. Aber die Seen schrumpfen nicht blofs zusammen, sondern werden auch auf Kosten ihres Gesamtflächeninhaltes in Teile zerschnitten. So bildeten einst die beiden Aare-Seen eine Fläche, aber durch die Anschwemmung des Lombaches und der Lüttschine traten sie auseinander. Dasselbe Geschick kam über die früher zusammenhängende Seefläche des Wallenstädter- und Züricher-Sees von Seiten der in die breite Ebene des Linthkanals eintretenden Gewässer.<sup>3)</sup> Der Sarner-See hat mit Hülfe der Schlierbäche und der Melchthaler Aa sich vom Vierwaldstätter losgelöst, der Alpacher und Urner werden ihm in Kürze folgen, da auch hier Flüsse geschäftig sind, ihr Delta immer weiter in den See hinauszuschieben. Der See von Silvaplana ist durch die Sedimente des Fexbaches bereits vom Silser-See, der einer Zweiteilung durch den Fedozbach entgegenseht, getrennt und wird durch den Schutt des Montaraskerbaches, auf dem Silvaplana steht, in den oberen und unteren geschieden. Mit dem von Campher hängt er kaum noch, dieser aber mit dem von Moritzgar nicht mehr zusammen.<sup>4)</sup> Ebenso sind die Seen von Mergozzo, Piano und Mezzola aus ihrem Verbande mit dem lago Maggiore, lago di Lugano und di Como völlig geschieden.<sup>5)</sup>

Zerstörung der Seen durch Pflanzen. Die nagende und transportierende Kraft des Wassers war es, welche, wie wir gesehen haben, den stillen friedlichen Seen ihren sichern Untergang bereitet. Aber das Wasser, das in sie hinein- und aus ihnen herausströmt, ist nicht ihr einziger Feind; die organische Welt der Pflanzen gesellt sich zu ihm, dem Zerstörungswerke die helfende Hand zu bieten, wenn sie es auch nicht vermag, der Kraft und Wirkung jenes Elementes annähernd nahe zu kommen. Der Boden namentlich flacher Seen bedeckt sich langsam mit niederen vegetabilischen Organismen, die nach ihrem Absterben zum Wohnplatz neuer Gebilde werden; vom Ufer aber rücken Schilfrohr, Segge, Schafthalm, Binse und Wollgras langsam gegen die Mitte des Wasserspiegels vor, bilden mit ihren Wurzeln ein dichtes Geflecht und verfilzen sich unter einander und mit den Pflanzen der Tiefe zu einem festen Gewebe, das mit Hülfe der in ihm entstehenden Ulminsäure zu Torf wird, der, fortwährend wachsend, den See aus seinem Becken herausdrängt. So geht es dem Katzen-See bei Zürich und dem von Pfäffikon. Das weite Moor am Südennde des letzteren ist ein Beweis des Erfolges, den die stille Thätigkeit der Pflanzen bereits gehabt hat;<sup>6)</sup> daß aber diese von dem See nicht bedeckte Fläche einst ihm angehörte, läßt sich an der Seckreide erkennen, welche unter der Torfdecke

1) Credner, a. a. O. S. 74. Rüttimeyer, a. a. O. S. 72a. 2) Credner: Die Deltas. S. 31. 3) Credner: Die Deltas. S. 30. Rüttimeyer: Thal- und Seebildung. S. 72a. 4) Supan: Ueber Thalbildung des östlichen Graubündens. 5) Credner: Die Deltas. S. 30. Heer: Urvwelt. S. 630. 6) Virchow, R: Ueber Hünengräber und Pfahlbauten. Berlin 1866. S. 24.

ruht. In dem seichten Pilatus-See vollendet die Welt der Pflanzen schnell, was der Thätigkeit des Wassers noch nicht ganz gelungen ist.<sup>1)</sup> Wo wir aber an Seerändern, wie an dem Süden des lago Maggiore, solche Torfmoore antreffen, da können wir mit Sicherheit annehmen, daß durch die Arbeit von Gräsern und Kräutern der naheliegende See um ein so großes Areal gebracht ist, als jene Sumpfstrecken einnehmen. Bemerkt sei hier noch, daß sich zuweilen die moorigen Flächen vom Ufer trennen und schwimmende Inseln bilden. Eine solche zeigt der kleine See von Neuforn, der auf der Grenze zwischen den Kantonen Zürich und Thurgau liegt. Sie ist von einer Festigkeit, daß das auf ihr wachsende Gras gemäht werden kann.<sup>2)</sup>

Zerstörung der Seen durch Menschen. Endlich bethätigt sich auch der Mensch in seinem Verlangen, die den See umschließende fruchtbare Alluvialebene zu vergrößern, an der Verkleinerung oder Beseitigung der seinen Wirkungskreis beengenden Wasserflächen. Die tiefgelegenen Seen der Ebene drängt er durch Uferbauten vom Lande zurück, wie bei dem Züricher- und Neuenburger-See geschieht, die höheren sucht er durch Erniedrigung ihrer Abflusrrinnen, wie es ihm bei dem Wauwiler-, oder durch unterirdische Gänge, wie es ihm bei dem Lungern-See<sup>3)</sup> geglückt ist, zu verkleinern oder ganz zu beseitigen. Die Fläche des letzteren wurde durch den am 9. Januar 1836 vollendeten Stollen um 38 m. tiefer gelegt, und infolge davon eine große Zahl von Morgen für den Ackerbau gewonnen.<sup>4)</sup> Ein ähnliches Resultat wäre von einer Durchstechung der Dämme zu erwarten, von denen das untere Ende der Moränen-Seen begrenzt ist.<sup>5)</sup>

Schluss. Wir stehen am Ende unserer Untersuchung, deren Resultat sich in folgendem kurz zusammenfassen läßt. Alle Hochseen der Schweiz verdanken ihre Austiefung, ihre Auffüllung, wie die Form und Lage ihrer Seenspiegel der Thätigkeit des rinnenden Wassers, das, nirgends mächtiger waltend als hier, den Boden zerfurcht und zertrümmertes Gestein in den Furchen zu Seeriegeln aufthürmt; in den alten Gletschern aber war diese Thätigkeit nur verlangsamt, jedoch nicht erschöpft. Das gilt auch von den Randseen, doch wirkte zu ihrer Entstehung der geologische Factor der Wagebewegung des Gebirges mit, infolge deren die Thäler der nördlichen Ebene zu Behältern ruhigen Wassers aufgestaut, die der südlichen als Küstenfjorde ins Meer gesenkt wurden. In der nagenden und transportierenden Kraft des rinnenden Wassers aber allein liegt die Ursache des allmählichen aber sichern Schwindens aller Seebecken. Noch ist diese Kraft des Wassers nicht gebrochen, aber sie verliert sich in dem Grade, als es die Widerstände beseitigt, die sich ihm auf seinem Wege entgegenstellen. Wenn das geschehen ist, dann wird dem Schweizer Gebirge bei aller Erhabenheit seiner Formen die Anmut fehlen, und es seines höchsten Schmuckes, der Seen, beraubt sein. Bis dahin trägt es den Charakter der Jugendlichkeit, und er ist die eigentliche Ursache, weshalb alljährlich die Bewohner zweier Kontinente zu den Alpen reisen, um hier neue Lebensfrische zu gewinnen, denn „der Hauch der Jugend verjüngt.“

<sup>1)</sup> Kaufmann: Pilatus. <sup>2)</sup> Heer: Urwelt S. 30. 31. 32. 548. <sup>3)</sup> Credner: Delta. S. 17. <sup>4)</sup> Zschocke: Die Schweiz. S. 77. <sup>5)</sup> Tyndall: Alpen. S. 145. Wallmann, a. a. O. S. 35.