

## **Geologische Nachlese.**

Von

**Albert Heim.**

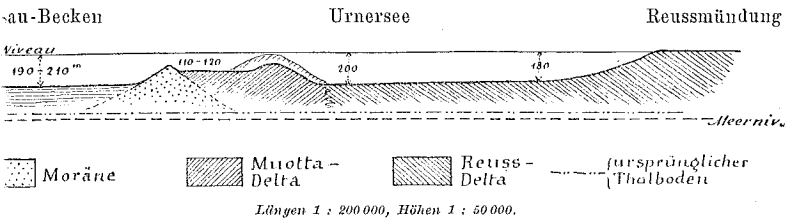
---

Nr. 2.

### **Ueber das absolute Alter der Eiszeit.**

Quer durch das Gersauerbecken des Vierwaldstätter-sees zieht unter Wasser eine grosse Moräne. Sie erhebt sich durchschnittlich ca. 120 m über den unterhalb folgenden flachen, im Mittel 200 m tiefen Seeboden und reicht stellenweise bis an 70 m unter die Oberfläche des Sees hinauf. Von der Moräne thalaufrwärts bis zum Delta der Muotta ist der Seeboden ebenfalls ein total ebener Schlammgrund. Allein in diesem Seestück liegt er nur 110 bis 120 m unter der Wasserfläche, also etwa 80 m höher als unterhalb der Moräne. Die Erhöhung durch das Muottadelta bildet eine flache Barriere bis an das jenseitige Ufer und begrenzt die Reusschlammablagerung thalauswärts. Oberhalb folgt der Urnerseeboden, der 180 bis 200 m unter dem Seeniveau liegt, also wieder bis über 80 m tiefer. Der Gersauer-Beckenriederseeboden ist fast genau die Fortsetzung des Urnerseebodens. Dazwischen liegt das erhöhte Stück vom Muottadelta bis an die unterseeische Moräne. Es ist klar, dass die Erhöhung dieses Stückes bloß bedingt sein kann durch die Concentration des Muottaschlammes auf dieses Stück. Die Moräne wirkte als Barriere und liess das trübe Muottawasser, das sich am Seegrunde ausbreitete, nicht weiter abwärts gehen. Die Moräne ist scharf in ihren Formen, nicht verfest.

Sie gehört offenbar einem Stillstand des Gletscherendes in der letzten grossen Rückzugsperiode an. Die Hinterfüllung mit Muottaschlamm kann erst begonnen haben, nachdem der Gletscher die Moräne fertig abgelagert und das Seebecken dahinter wieder zu verlassen begonnen hatte. Die Erhöhung des Bodens auf dem Stück Muottadelta-Moräne hat also unmittelbar am Ende der Eiszeit beim grossen Rückzug begonnen und dauert heute noch fort. Die Auffüllung des Urnersee ist im Rückstand geblieben, weil sich das Schwimmmaterial der Reuss auf eine viel grössere Fläche verteilen musste. Das Auffüllungsmaterial der Muotta hingegen erhöhte 80 bis 90 Meter mehr, weil es durch die Moränebarriere auf eine kleinere Strecke sich concentriren musste.



Um weiter zu gehen, müssen wir nun eine Annahme machen, die zwar nicht exakt, aber doch in diesem Falle zulässig erscheint. Wir nehmen an, dass die Sand- und Schlammmassen, welche Reuss und Muotta in den Vierwaldstättersee spülen, in directer Proportion stehen zur Ausdehnung der zugehörigen Sammelgebiete. Selbstverständlich wird ausserdem die Dicke der Schlammauffüllung umgekehrt proportional sein der Grösse der Fläche, auf welcher sie stattgefunden hat. Nun können wir berechnen, welches das Verhältniss in der Bodenerhöhung von Muotta zur Bodenerhöhung durch die Reuss ist. Es wird die Proportion gelten :

$$\frac{\text{Sammelgebiet der Reuss}}{\text{Sammelgebiet der Muotta}} \times \frac{\text{Schlammablagerungsfläche der Muotta}}{\text{Schlammablagerungsfläche der Reuss.}}$$

$$= \frac{\text{Schlammablagerungsdicke der Reuss}}{\text{Schlammablagerungsdicke der Muotta}}$$

Hierin sind folgende, aus den Karten gemessene Zahlen einzusetzen:

Sammelgebiet der Reuss ohne Delta	=	825	Kilom. <sup>2</sup>
» » » Muotta » »	=	238	»
Schlammablagerungsfläche der Reuss	=	10,31	»
» » » Muotta	=	2,125	»

Das ergibt:

$$\frac{825}{238} \times \frac{2,125}{10,310} = \text{rund } \frac{5}{7}.$$

Die ursprüngliche Basis des Sees, auf welcher seit dem Gletscherrückzug die Ablagerungen stattfanden, ist nun zu bestimmen. Wir bezeichnen die unbekannte Dicke der Erhöhung des Urnerseebodens über dem ursprünglichen Seeegrunde mit  $x$ . Dann gilt:

$$x : x + 80 = 5 : 7;$$

hieraus berechnet sich  $x = 200$  m.

Der Boden des Urnersees mag also noch etwa 200 m tiefer gewesen sein. Seine Tiefe betrug somit ca. das Doppelte wie heute, und nach Abschluss der seebildenden Versenkung der Alpen lag der Urnerseeboden noch ca. 40 m über Meer.

Die Berechnung der absoluten Volumina der Delta von diesem Niveau bis hinauf ist allerdings mit vielen Fehlerquellen behaftet. Die Oberfläche lässt sich leicht bestimmen, das Gefälle der Thalgehänge unter die Delta, sowie das Gefälle des Deltagrundes selbst oder die Dicken des Delta an verschiedenen Stellen sind nur ungefähr zu schätzen. Herr Leon Wehrli hat diese Messungen und

Rechnungen nach meiner Anleitung durchgeführt und gefunden:

Volumen des Muottadelta minimum = 0,88 km<sup>3</sup>,  
maximum = 2,4 km<sup>3</sup>, wahrscheinlichstes = **1,50 km<sup>3</sup>**.

Volumen des Reussdelta minimum = 2,07 km<sup>3</sup>,  
maximum = 12 km<sup>3</sup>, wahrscheinlichstes = **6 km<sup>3</sup>**.

Die jährliche Geschiebeführung der Reuss ist von mir früher (Ueber die Erosion im Gebiete der Reuss, Jahrbuch des Schweizer Alpenklub, Bd. XIV, 1879) zu 200 000 m<sup>3</sup> per Jahr gemessen und geschätzt worden. Diejenige der Muotta können wir darnach annehmen zu 200 000 .  $\frac{238}{825} = 66\ 000\ m^3$ .

Das Alter des Muottadelta ergibt sich sonach in Jahren:

$$\begin{aligned} \text{minimum} &= \frac{880\ 000\ 000}{66\ 000} = \text{ca. } 13\ 000 \text{ Jahre} \\ \text{maximum} &= \frac{2\ 400\ 000\ 000}{66\ 000} = \text{ca. } 36\ 000 \text{ »} \\ \text{wahrscheinlichstes} &= \frac{1\ 500\ 000\ 000}{66\ 000} = \text{ca. } \mathbf{23\ 000} \text{ »} \end{aligned}$$

Das Alter des Reussdelta ergibt sich darnach in Jahren zu:

$$\begin{aligned} \text{minimum} &= \frac{2\ 070\ 000\ 000}{200\ 000} = 10\ 350 \text{ Jahre} \\ \text{maximum} &= \frac{12\ 000\ 000\ 000}{200\ 000} = 60\ 000 \text{ »} \\ \text{wahrscheinlichstes} &= \frac{6\ 000\ 000\ 000}{200\ 000} = \mathbf{30\ 000} \text{ »} \end{aligned}$$

Nun ist aber sehr wahrscheinlich die Zahl 200 000 und die davon abgeleitete Zahl 66 000 zu klein. Ich bin mehr und mehr zur Ueberzeugung gekommen, dass, wenn die Reuss jährlich 150 000 m<sup>3</sup> grobe Geschiebe, wie wir messend festgestellt haben, in den See spühlt, der Sand und Schlamm, der nicht unmittelbar an der Mündung liegen bleibt, auf ebensoviel, das ganze auf 300 000 m<sup>3</sup> per Jahr geschätzt werden müsse. Darnach würden alle

obigen Zahlen von Jahren auf  $\frac{2}{3}$  zu reduzieren sein. Ausserdem ist hervorzuheben, dass die Dimensionen für das Reussdelta wahrscheinlich zu gross angenommen sind, weil ein Theil des Deltavolumens schon aus früherer — vielleicht interglacialer — Zeit stammen wird, während die örtlichen Verhältnisse diesen Fehler für das Muottadelta viel geringer erzeugen. Halten wir uns also an die für das Muottadelta wahrscheinlichste Alterszahl von 23 000 und reducieren wir dieselbe noch aus angegebenen Gründen auf  $\frac{2}{3}$ , so erhalten wir für die Zeit, welche seit dem Rückzug der Gletscher aus den grossen Seethälern verstrichen ist, als wahrscheinlichste Grösse ca. **16 000** Jahre.

Die ebene Reusschlammauffüllung am Boden des Urnersee haben wir auf ca. 200 m, diejenige oberhalb der Moränebarriere, von der Muotta stammend, 310 bis 320 m annähernd berechnet. Daraus ergäbe sich eine mittlere Schlammerhöhung des Urnerseebodens von ca. 12 mm, des Bodens oberhalb der Moränenbarriere von ca. 20 mm per Jahr. Nun ist anzunehmen, dass mit dem Rückzug der Gletscher das Verhältniss von feinem Schlamm zu groberem, nahe der Mündung sich ablagerndem Geschiebe zu Ungunsten des ersteren sich verändert hat, so dass wir gegenwärtig eine kleinere jährliche Bodenerhöhung für wahrscheinlich halten. Schon vor vielen Jahren habe ich Versuche gemacht, diese Schlammerhöhung experimentel zu bestimmen. Dieselben missglückten. Ich werde sie erneuern und dadurch eine rückwirkende Kontrolle unserer Berechnung erhalten. Obige Zahlen stehen der Wirklichkeit wahrscheinlich sehr nahe, indem Herr Prof. Forel die jährliche Schlammablagerung am Grunde des Lemensee bei freilich viel ausgedehnterer

Ablagerungsfläche, aber auch viel schlammreicherem Strome auf 1 cm per Jahr schätzt.

In unserer Berechnung stecken eine Menge kleinerer und grösserer Fehlerquellen. Herr Wehrli wie ich haben uns dieselben alle eingehend überlegt und ihren Einfluss auf das Resultat zu berechnen versucht. Manche der Fehler heben sich gegenseitig wieder auf, andere nicht. Es lohnt sich nicht, dieselben alle hier zu discutieren. Wenn wir alle Fehler möglichst ungünstig sich combinierend und gross annehmen, mag sich das Resultat um 50% — vielleicht nach oben sogar um 100% ändern. Allein trotz diesem möglichen Fehler bleibt es immer noch ein interessantes nützliches Resultat. Auf grössere Genauigkeit konnten wir von vorneherein niemals hoffen. Wir haben soviel erreicht, sagen zu können, dass seit dem Rückzug der diluvialen grossen Gletscher der letzten Vergletscherung wenigstens 10 000, höchstens 50 000 Jahre vergangen sind, und dass es sich jedenfalls bei der Frage nach dem Alter der Eiszeit weder um einzelne wenige Jahrtausende noch um Jahrhunderttausende, wohl aber um einige Jahrzehntausende handelt. Die Grössenordnung der Jahrzahl darf doch wohl als ein sicherer Gewinn unserer kleinen Untersuchung angesehen werden — ein Gewinn, der übrigens in vollem Einklang steht mit dem, was mir in Erwägung aller Thatsachen stets als das Wahrscheinlichste erschienen ist. Wenn 16 000 Jahre seit der letzten Vergletscherung entschwunden sind, so schätze ich aus interglacialen Schieferkohlen, interglacialer Thalbildung etc., dass 100 000 Jahre seit Beginn der ersten Vergletscherung verflossen sein mögen.

Nachtrag: Nachdem das Manuscript schon in der Druckerei war, erfuhr ich durch Herrn Prof. Dr. Brückner

in Bern, dass er und Herr Dr. Beck das Alter der Delta-  
bildungen zwischen Briener- und Thunersee («Bödeli») zu 20 000 Jahren, das Alter der Aareanschwemmungen oberhalb des Brienersees zu 14 000 bis 15 000 Jahren berechnet haben. Es ist nun sehr wahrscheinlich, dass diese Anschwemmungen eben seit dem letzten Rückzug des Gletschers hinter diese Stellen begonnen haben, und somit ihr Alter nahezu gleichkommt demjenigen der Postglacialzeit. Diese Zahlen stimmen auffallend schön mit der von uns berechneten überein und bestätigen sich gegenseitig.

---