

Zeitschrift: Jahrbuch der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft
Band: 50 (1910)

Artikel: Über die Entstehung der Alpentäler und der alpinen Randseen
Autor: Ludwig, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-834858>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 07.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

IV.

Über die Entstehung der Alpentäler und der alpinen Randseen.

Von **A. Ludwig.**

In der Gegend unterhalb Mörschwil, gegen den Ruhberg bei Tübach hin, ferner bei Roggwil-Berg und bei Kugeliswinden trifft man in annähernd 500 m Höhe eine sehr auffällige Terrainkante. Wenn man sich ihr von St. Gallen her nähert, so wird man jeweilen überrascht durch den nun sich öffnenden prächtigen Blick auf den nahen Bodensee und seine Ufergelände. Eine befriedigende Erklärung dieser sonderbaren, weithin zu verfolgenden Terrain-Abstufung konnte bisher noch nicht gegeben werden. Vielleicht wird dies eher möglich sein, wenn einmal die Frage nach der Entstehung des ganzen Bodenseebeckens eine sichere Antwort gefunden hat. Einstweilen klaffen hier die Meinungen noch weit auseinander, und der Streit zwischen den Anhängern entgegengesetzter Theorien ist erneut heftig entbrannt. Das Problem, das die großen alpinen Randseen dem Forscher bieten, ist ebenso reizvoll als schwierig. Gewiß wird es einmal seine Lösung finden, aber heute ist man noch nicht zu einer allgemein anerkannten, abschließenden Theorie gelangt.

Prof. Heim sprach anno 1891 die Ansicht aus, daß die alpinen Randseen durch ein Rücksinken des Alpenvorlandes, bzw. des Alpenkörpers als Ganzes, entstanden seien, gewisser-

massen also „ertrunkene Täler“ vorstellen. Rückläufige Terrassen und rückläufiger Deckenschotter am Zürichsee sollten die Richtigkeit dieser Theorie beweisen. Folgerichtig mußte die Rücksenkung des Alpenkörpers in die Zeit nach Ablagerung des Deckenschotter, also in die zweite (Mindel-Riss) Interglazialzeit verlegt werden und zwar an das Ende derselben. Die Entstehung der Täler, die durch das Rüksinken zu Seen wurden, schreibt Heim ausschliesslich der Flußerosion zu.

Die Heimsche Idee ist genial und großzügig und würde das ganze Problem mit einem Schlage lösen, da sie auf alle großen alpinen Seebecken anwendbar wäre. Aber im Bodenseegebiet gibt es eine Tatsache, die sich nur schwer oder gar nicht mit dieser Erklärungsweise vereinbaren läßt, und das ist der Deckenschotter¹⁾ auf Hohentannen (903 m) und Steinegg (911 m) bei Engelburg nordöstlich von St. Gallen. Wie soll dieser Schotter, der heute in 830 bis 900 m Höhe sich findet, eine Rücksenkung um mehrere hundert Meter erfahren haben? Es ist doch kaum anzunehmen, daß er jemals in weit über 1000 m Höhe lag. Und doch müßte dies der Fall gewesen sein, wenn man die Entstehung des Bodensees mit einem Rüksinken des Alpenkörpers in ursächliche Verbindung bringen will. Es scheint, daß dieses Gegenargument von den Anhängern der Lehre von der Rücksenkung noch niemals gewürdigt worden ist.

Als Heim seine Theorie aufstellte, waren die fluvioglazialen Schotter des Alpenvorlandes noch nicht so genau klassifiziert wie heute; ebenso war der Deckenschotter auf Hohentannen noch nicht bekannt. Nur so ist es erklärlich, daß Äppli (34. Lieferung der Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz) den fest verkitteten Schotter des Hohlenstein bei Bischofzell

¹⁾ Beschrieben von Gutzwiller (Eclogae 1900), Falkner und Ludwig (Jahrbuch 1902/03 der St. Gall. Naturw. Ges.).

mit demjenigen des Stammheimerberges bei Etwilen verglich und aus dem Mangel eines Gefälles auf eine einstige Höhenlage des Schotters beim Hohlenstein, bezw. auf ein Rück-sinken der Alpen schloß. Die Entdeckung des verhältnis-mäßig nahe bei Bischofszell liegenden Deckenschotters auf Hohentannen und Steinegg, der den Schotter des Hohlenstein um volle 300 m überragt, erlaubt es nicht mehr, die fluvio-glazialen Ablagerungen des Thurtales als Beweis für die Heimsche Theorie anzuführen, wie dies Gogarten noch in jüngster Zeit getan hat. (Vgl. „Neue Zürcher-Zeitung“ vom 14. Dez. 1909.)

Die Anhänger der Glazialerosion schreiben die Entstehung des Bodenseebeckens hauptsächlich der aushobelnden (auskolkenden) Tätigkeit des eiszeitlichen Rheingletschers zu. Penck vertritt die Lehre von der Existenz einer präglazialen Molasse-Rumpfebene, die durch langsame Abtragung entstanden sein soll und in welche die eiszeitlichen Gletscher seichte Wannenschnitten, unsere heutigen Seebecken. Das mächtige Plateau des Tannenberges, welches den schon erwähnten Deckenschotter von Hohentannen und Steinegg trägt, betrachtet Penck als Rest jener großen sanftgeneigten Abtragungsebene, desgleichen den gegen das Rheintal vorspringenden sogenannten Appenzeller Sporn.

Man kann die Glazialerosion zugestehen und sie dennoch nicht als Ursache der Seebildung anerkennen. Wenn nämlich der See schon früher, in pliozäner Zeit bestand, so hatte der eiszeitliche Rheingletscher gewissermaßen nur offene Türen einzurennen und konnte seine erodierende Tätigkeit nur in unerheblichem Maße ausüben. Es sprechen nun tatsächlich verschiedene Umstände für ein so frühes Bestehen des Sees, für eine Existenz zur Pliocänzeit. Da ist einmal das überaus merkwürdige Hinübersetzen der südlichsten Säntiskette (Hohen-

kastenfalte) über den Rhein ¹⁾ und ihr nachheriges Wiederaufsteigen im Vorarlberg. In gewaltigen Brüchen sinkt die Kette in der Gegend von Oberriet-Rüti zum Rheintal ab und das Äquivalent jener Gebirgsteile, welche wenig weiter westlich noch über 2000 m hoch in die Lüfte ragen, erhebt sich im Rheintal nur noch wenig über 500 m. Es muß hier zur Zeit gegen den Schluß der Alpenfaltung eine tiefe Senke existiert haben und selbst wenn man den abgesunkenen Teilen, d. h. den merkwürdigen Inselbergen bei Oberriet-Rüti-Götzis nur etliche hundert Meter Tiefenerstreckung zuschreibt, so gelangt man zu einer Tiefe, die derjenigen des heutigen Bodensees entspricht. Bestand aber hier eine solche Senke, so ist die Wahrscheinlichkeit groß, daß sie sich einst noch viel weiter nordwärts erstreckte, d. h. daß ein pliocäner Bodensee bestand, als dessen primäre Ursache man einen tektonischen, schon vor der Molassezeit erfolgten Vorgang (Grabenbildung) anzusehen hätte. Aber zwingend ist der Schluß deswegen nicht, weil, wie sich zeigen wird, jenes Absinken vielleicht in so früher Zeit sich vollzog, daß die Senke durch miocäne Ablagerungen ausgefüllt werden konnte.

Jede Tatsache, die in der so schwierigen Frage der Tal- und Seebildung irgendwie einen Fingerzeig geben kann, verdient mitgeteilt und erwogen zu werden. Es ist hier auf eine recht interessante, bisher noch nicht gewürdigte Beobachtung aufmerksam zu machen, die ich indessen mit allem Vorbehalt wiedergebe, da sie noch der Bestätigung bedarf. Im Deckenschotter von Hohentannen und Steinegg, sowie in den damit verknüpften Moränen scheint die Seelaffe ²⁾ vollständig zu fehlen. Trotz wieder-

¹⁾ Beschrieben von Blumer im grossen Sämtiswerke von Heim.

²⁾ Über die Seelaffe vergleiche man Gutzwiller (19. Lieferung der Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz), Früh (Jahrbuch

holten Suchens ist es mir noch nie gelungen, in den alteiszeitlichen Ablagerungen auf dem Tannenberge ein Stück dieses leicht kenntlichen Gesteins aufzufinden, das nur in der Gegend Staad-Wienachten-Eggersriethöhe und dann wieder bei Bregenz ansteht und darum für das Rheingletschergebiet unterhalb Rorschach-Bregenz ein ausgezeichneter Leitföndling ist. In allen größeren Aufschlüssen von Hohentannen und Steinegg habe ich umsonst gesucht. Im Sommer 1909 lagen östlich von dem nördlich unter dem höchsten Punkte von Hohentannen schief hinabführenden Sträßchen tausende von etwas größeren Geschieben bereit, die für das Steinbett eines Seitensträßchens bestimmt waren und aus den benachbarten alteiszeitlichen Ablagerungen stammten. Auch hier konnte ich nicht ein einziges Stück Seelaffe ¹⁾ entdecken. Und doch müßte sie hier unzweifelhaft stark vertreten sein und in den alteiszeitlichen Schottern und Moränen des ganzen Tannenberges in zahlreichen Geschieben vor uns liegen, wenn die Pencksche Lehre von der präglazialen Molasse-Rumpfebene richtig wäre.

Da, wo im jüngeren Erratikum in der Gegend von St. Gallen die Seelaffe überhaupt vorkommt, ist sie so häufig, daß man sie in der ersten Minute, oft sogar in den ersten Augenblicken entdeckt, sobald man eine größere Anzahl von erratischen Geschieben überblicken kann. Käme sie auch in den alteiszeitlichen Ablagerungen des Tannenberges vor, so

1894/95 der St. Gall. Naturw. Gesellschaft), Falkner und Ludwig (Jahrbuch 1902/03 der St. Gall. Naturw. Ges.).

¹⁾ Seelaffe ist die landesübliche Bezeichnung für den miozänen subalpinen Muschelsandstein der st. gallischen Bodenseegegend. Der sonderbare Name stammt von einem „Seelaffen“ genannten Hügelzug, der als ein niedriger Ausläufer des Rorschacherberges erscheint. Die Seelaffen ziehen sich zur Seite des Sees („Laffen“) ziemlich weit ins Bauriet hinein; an ihrem Fusse liegen Spek und Staad. (Vgl. S. Walt im 1. Jahrbuch des kantonalen Lehrervereins St. Gallen, Seite 52.)

müßten wir also wohl nicht lange suchen. Dennoch sei nochmals bemerkt, daß ich ihr Fehlen nicht als absolut sichere Tatsache hinstelle. Mögen andere Beobachter diese Frage nachprüfen.

Das Fehlen der Seelaffe im Deckenschotter auf dem Tannenberg ließe zwei Deutungen zu. Man könnte sich vorstellen, daß die anstehende Seelaffe zur Zeit der Deckenschotterbildung noch unter höheren Molasseschichten begraben lag. Diese Annahme ließe sich aber mit der Penck'schen Lehre von der präglazialen Molasse-Rumpfebene und dem mit ausgeglichenem Gefälle auf sie ausmündenden präglazialen Talsystem nicht vereinbaren, da in der Gegend Roßbüchel-Eggersriet,¹⁾ die vom Tannenberg nur 12—14 km entfernt ist, die anstehende Seelaffe heute noch in über 900 m Höhe auftritt, während die Sohle des Deckenschotters in 830 m Höhe liegt, woraus sich ein zu großes Gefälle ergäbe.

Die zweite Deutung ginge dahin, daß in den Deckenschotter die Seelaffe aus dem gleichen Grunde nicht gelangte, aus welchem sie auf Hohentannen und Steinegg auch im jüngern Erratikum fehlt. Ich muß nämlich nachtragen, daß ich auf diesen Höhen auch in den Ablagerungen der letzten Eiszeit die Seelaffe noch nicht gefunden habe, während sie doch im tieferen Gelände im gleichen Stromstrich in der Gegend Wittenbach-Kronbühl beim Bau der Bodensee-Toggenburgbahn in zahlreichen Stücken zum Vorschein kam. Auch das Fehlen im jüngern Erratikum des Tannenberges bedarf jedoch noch der Bestätigung. Sollte sich die Seelaffe hier wirklich

¹⁾ Vor zirka 10 Jahren hatte ein Bauer südlich vom Wege zwischen Natzenweg und Waldegg unter der Eggersriethöhe für seinen Privatgebrauch einen kleinen Steinbruch in Seelaffe angelegt. Heute ist die Stelle zu Wiesboden umgewandelt und nicht mehr kenntlich. Erst ziemlich weit nordöstlich davon tritt die Seelaffe auf dem Rücken des Rossbüchel nördlich von Grub wieder zutage.

weder in den alteiszeitlichen Ablagerungen noch in den Jungmoränen finden, so müßte man auch auf die gleiche Ursache schließen, d. h. auf eine schon zur Zeit der Deckenschotterbildung der heutigen ähnliche Beschaffenheit der Bodensee-gegend. Damit käme man erstens wieder auf die alte Theorie der „Bergrückenflüsse“ zurück und zweitens würde man vor die Frage gestellt, ob nicht überhaupt die Molassetäler wie die Alpentäler viel älter seien, als man jetzt gewöhnlich annimmt.

Die überwiegende Mehrzahl der Geologen verlegt heute die Bildung der Alpentäler in die Pliocänzeit und ins Quartär, die Bildung der Molassetäler sogar ganz ins Quartär. Dieses verhältnismäßig jugendliche Alter soll bewiesen werden einmal durch die angeblich pliocäne letzte Hauptfaltung der Alpen mit der bekannten Überschiebung der Molasse durch die nördlichste Kreide- und Flyschkette (z. B. Säntis) und sodann durch die eigentümliche Lage des Deckenschotter auf den plateauartigen Hügelrücken des Molasselandes. Aber keiner der beiden Gründe ist völlig beweiskräftig.

Will man für die Molassetäler ein höheres (pliocänes) Alter fordern, so kommt man allerdings, wie schon bemerkt, auf die ältere Theorie der Deckenschotterbildung durch „Bergrückenflüsse“ zurück. Auf den ersten Blick scheint freilich die Pencksche Idee einleuchtender, die isolierten merkwürdigen Deckenschottervorkommnisse als die Reste einer einst zusammenhängenden Schotterdecke aufzufassen und deren Sohle als präglaziale Molasse-Rumpfebene (Abtragungsebene) anzusehen, wenn schon die weit nach Norden vorspringende, beträchtlich hohe Hörnlikette (Schnebelhorn 1295 m, Hörnli 1135 m) ein nicht zu unterschätzendes Gegenargument bildet. Aber widersinnig kann auch die Theorie von den Bergrückenflüssen nicht genannt werden, die einst, von hochstehenden eiszeitlichen Gletschern abfließend, den Deckenschotter auf den

plateauartigen Hügelrücken der horizontalen oder nur wenig gestörten Molasse abgelagert hätten. Ja, in beschränktem Maße, für gewisse Fälle, geben selbst die heutigen hervorragendsten Glazialgeologen diese Möglichkeit zu.

Das pliocäne Alter der Molassetäler ist übrigens unzweifelhaft, sobald es uns gelingt, für die Alpentäler ein noch höheres (miocanes) Alter nachzuweisen. Es fallen hier die Beziehungen der Molasse zur Alpenfaltung in Betracht, nicht weniger aber auch Stratigraphie und Tektonik der Molasse selbst. Denn darüber brauchen wir uns keinen Illusionen hinzugeben: So lange das Molasseproblem nicht gründlich und endgültig gelöst ist, so lange gelangen wir auch nicht zu ganz sichern Schlüssen über die Alpenfaltung und über das Alter des heutigen Alpentalsystems.

Vielleicht befindet man sich mit der heutigen Auffassung der subalpinen Molassezone ganz im Irrtum. Man fat die Molasse in jeder Beziehung viel zu sehr als ein einheitliches Ganzes auf. Man redet von Molasse-Antiklinalen, deren Nordflügel mit dem Südflügel durch Luftgewolbe verbunden wird. Man behauptet, die Gerölle der Nagelfluh werden mit der Entfernung von den Alpen immer kleiner, was nur mit großer Einschränkung richtig ist, ja teilweise sogar direkt den Tatsachen widerspricht. Man spricht den Sandstein im Gewölbekern der großen nördlichen Molasse-Antiklinale als oligocän an und hält ihn für die tiefste, älteste Molasse. Man behauptet, die Nagelfluh gehöre ganz dem Miocän an und fehle der oligocänen Molasse. Das Molasseproblem aber deckt sich zu einem guten Teil mit der Frage nach der Herkunft der Nagelfluh.

Man betrachte einmal die Profile von Gutzwiller aus der st. gallisch-appenzellischen Molasse (14. Lieferung der Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz) oder dasjenige von Rollier und Heim aus dem Bregenzerwald (Vierteljahrs-

schrift der zürcherischen Naturforschenden Gesellschaft 1906), Profile, die gewiß richtig sind, so weit das tatsächlich Beobachtete in Frage kommt. Man verbinde nun konsequent die Schichten des Nordflügels der großen Antiklinale mit den südlichsten, betrachte dann den Maßstab und staune über die ungeheure, ganz unglaubliche Mächtigkeit der Schichten, welche hier seit der Pliocänzeit durch Abwitterung verschwunden sein sollen. Es resultieren da Zahlen, die man fast nicht zu nennen wagt, 6000 m oder noch mehr, je nach der Auffassung der beiden südlichen, weniger ausgeprägten Antiklinalen. Es sind das Erosionsbeträge, die für das Alpenvorland ganz unwahrscheinlich sind. Ich habe diesen Punkt schon an anderer Stelle erörtert (Jahrbuch 1909 des S. A. C., Seite 245 und Jahrbuch der st. gallischen naturw. Gesellschaft 1908/09, Seite 339/341). Die Lösung, die ich dort gefunden zu haben glaubte, ist wohl nur ein unglücklicher Versuch zu nennen, besonders in den Schlüssen, die sich gegen die Schardt-Lugeonsche Deckentheorie richteten. Aber ich halte fest an der Behauptung, von der ich ausging: Es ist nicht erlaubt, in der Zone der subalpinen Molasse die Gesamtmächtigkeit durch Summierung der Einzelmächtigkeiten der Schichten zu bestimmen; es handelt sich nicht nur um ein Übereinander, sondern auch um ein Nebeneinander. Die Molasse-Antiklinalen sind keine Antiklinalen im gewöhnlichen Sinne des Wortes; es ist nicht statthaft, hier den Nordflügel einfach durch Luftgewölbe mit dem Südflügel zu verbinden und den leeren Raum als abgewittert zu betrachten. Mit welchen Schichten des Südflügels sollen wir die dem Nordflügel der großen nördlichen Antiklinale angehörenden Schichten der Meeresmolasse von St. Gallen verbinden? Diese Frage dürfte sehr schwer zu beantworten sein. Verlockend erscheint es, die Nagelfluh von St. Gallen-Herisau in Gedanken mit

der Nagelfluh der Zone Gäbris-Hundwilerhöhe-Hochham zu verbinden. Aber auch das geht nicht; denn die Nagelfluh von St. Gallen enthält bedeutend größere Gerölle (Maximum für die Granite 34 cm, für die Kalke 36 cm) als die der Gäbriszone (Maximum 25 cm). Außerdem sagen uns die in den Geröllen der st. gallischen Meeresmolasse vorkommenden Bohrmuscheln deutlich genug, daß sich der Strand einst in unmittelbarer Nähe der heutigen Stadt St. Gallen befand.

Auch noch andere Tatsachen sprechen gegen den Gedanken an gewöhnliche Antiklinalen. Die Lösung des Molasseproblems ist wohl in der Richtung zu suchen, daß man, nach Süden fortschreitend, gegen die Alpen hin auf immer ältere Schichten stößt. Die älteste Molasse der Ostschweiz wäre also die vom Kalk- und Flyschgebirge überschobene Speer-Hirzlizone; doch ist ausdrücklich zu bemerken, daß hier nicht die ältere Ansicht von einer liegenden Synklinale hervorgezogen werden soll. Die Nagelfluhschichten liegen normal, aber die Speernagelfluh ist älter als die Zone Gäbris-Hundwilerhöhe-Hochham und diese ist vielleicht älter, als die Nagelfluh von St. Gallen-Herisau-Hörnli.

Während der Bildung der Nagelfluh bzw. der Molasse überhaupt, müssen Gebirgsbewegungen stattgefunden haben. Die schon am Ende der Oligocänzeit in der Nähe des Alpennordrandes angelangten Decken rückten während der Miocänzeit noch weiter nach Norden vor. Es ist bezeichnend, daß auf dem weit entfernten Hörnli die Nagelfluhgerölle immer noch so groß sind, wie in der Gäbriszone, aber kleiner als die bei St. Gallen-Herisau. Es wird von den meisten Anhängern der Deckentheorie ferner anerkannt, daß die subalpine Molasse von der Aare bis zum Bregenzerwald in der Hauptsache nichts anderes ist, als das umgearbeitete Äquivalent der Freiburger-Chablaisalpen.

Die südlichste Molasse (Speer-Hirzli) ist vom helvetischen Kalkgebirge, bezw. von der ersten Alpenkette überschoben. Diese Überschiebung wird allgemein ins Pliocän verlegt und als Äusserung der letzten (zweiten) Hauptfaltung der Alpen betrachtet. Nachdem wir erkannt haben, daß die Speer-Hirzli-Nagelfluh die älteste ist und daß während der Bildung der Molasse Gebirgsbewegungen nach Norden stattgefunden haben, liegt für uns absolut kein Grund mehr vor, diese Überschiebung in eine so späte Zeit zu verlegen. Wir müssen im Gegenteil schließen, daß die Überschiebung der Molasse durch die erste Kalk- und Flyschkette schon im frühen Miocän erfolgte, gleichviel ob man die älteste Molasse als oligocän oder als unterstes Miocän betrachte. Hier liegt vielleicht der Kardinalpunkt des ganzen Molasseproblems. Diese Zurückdatierung der Überschiebung vom Pliocän in eine viel frühere Zeit führt zu weittragenden Schlüssen.

In erster Linie resultiert für das heutige System der Alpentäler ein sehr viel höheres Alter, als ihm jetzt allgemein die Geologen zuschreiben, die zwar zugeben, daß die Talbildung schon im miocänen Alpengebirge vor sich ging, jedoch behaupten, dieses alte Talsystem sei durch die letzte, angeblich pliocäne Hauptfaltung der Alpen so vollständig verwischt, zusammengestaut und überdeckt worden, daß von ihm in den heutigen Alpen keine Spur mehr zu finden sei. So verlegte man die Anfänge der Alpentäler ins Pliocän. Man hat zwar diese letzte Faltung viel zu sehr als einen kurzen, einmaligen, alles umwälzenden Akt aufgefaßt. Aber wir mögen immerhin zugeben, daß die nördlichen Alpentäler erst nach erfolgter Überschiebung der Molasse sich bildeten, und bleiben dennoch tief im Miocän. Denn nur die ältere Molasse ist überschoben worden; ob man diese als oligocän oder als tiefstes Miocän bezeichne, ist für die vorliegende

Frage nicht von wesentlichem Belang. Endlich ist nicht zu übersehen, daß nach Ablagerung der Schweizer Molasse noch keineswegs das Pliocän folgte, sondern daß in andern Ländern (Wienerbecken und östliche Länder bis weit nach Asien hinein) während sehr langen Zeiträumen noch miocäne Schichten abgelagert wurden, als das Meer (bezw. der große Binnensee) die Schweiz schon längst nicht mehr erreichte. So gelangen wir denn in jedem Falle dazu, die heutigen Alpentäler noch tief im Miocän ihren Anfang nehmen zu lassen; die Ablagerung der Meeresmolasse (helvetische Stufe) erfolgte erst, nachdem die damals noch horizontalliegende älteste Molasse durch die noch unter höheren Decken begrabene vorderste Kalk- und Flyschkette überschoben worden war; ihre großen Nagelfluhgerölle müssen aus der Nähe stammen. — Noch etwas älter mögen die inneren und die südlichen Alpentäler sein, in denen die Erosion jedenfalls mit den dem Hauptdeckenschub nachfolgenden langsamen Faltungsbewegungen sehr wohl Schritt zu halten vermochte.

Wenn wir den heutigen Alpentälern miocänes Alter zuschreiben, so macht dies gegenüber dem bis jetzt angenommenen relativ jugendlichen Alter einen Unterschied aus, der in die Millionen von Jahren geht. Denn während das Pliocän und das Quartär als verhältnismäßig kurze Zeiträume (im geologischen Sinne) gelten müssen, sind die erstaunlich mächtigen miocänen Ablagerungen nur erklärlich bei Annahme einer sehr langen Dauer ihrer Bildungszeit.

Pliocäne Ablagerungen fehlen auf der Nordseite der Alpen, ein fast unerklärliches Faktum, wenn man den Alpentälern nur pliocänes Alter zuschreibt. Wohin sollte denn all das gewaltige Material gekommen sein? Miocänes Alter des Alpentalsystems erklärt die Sache sofort; das Abtragungsprodukt liegt vor uns in den Sandsteinen und Mergeln der

Molasse, während die Nagelfluh mehr aus der Nähe, aus den einst die helvetischen Ketten überlagernden Decken stammt.

Folgerichtig müssen wir nun auch den alpinen Randseen ein höheres Alter zuschreiben. Zur Pliocänzeit (vielleicht sogar schon während langer miocäner Zeiträume) bildet das schweizerische Molassegebiet Festland und es erfolgte Abtragung, und zwar nicht zu einer präglazialen Molasse-Rumpfebene, sondern im Sinne energischer Talbildung. Die Molassetäler sind also jünger als die Alpentäler, aber immerhin pliocänen (vielleicht sogar obermiocänen) Alters.

Mit der Talbildung in den Alpen und im Molassegebiet verknüpfte sich nun ein anderer Vorgang, der die Bildung der alpinen Randseen direkt veranlaßte: nämlich die Aufstauung der großen Antiklinalen, eine tektonische Bewegung, die von dem großen Deckenschub, der die Überschiebungsdecken in annähernd horizontaler Lage nach Norden brachte, wohl zu unterscheiden ist und diesem erst nachfolgte, auch wohl nicht ganz die gleichen Ursachen hatte. Der Deckenschub war wohl bedingt oder wenigstens mitbedingt durch die Bildung einer gewaltigen „Vortiefe“¹⁾ (im Sinne von Sueß) nördlich von den Alpen und die Schwerkraft mochte bei diesem geradezu als ein „Fließen“ des Gebirges zu bezeichnenden Vorgang wesentlich mitwirken. Die spätere Aufstauung der großen antiklinalen Faltenzüge dagegen (z. B. Zentralmassive, Molasse-Antiklinalen, Kettenjura) hatte als Ursache einen von Süden, von den Südalpen oder Dinariden kommenden Druck, der vom Miocän durch das ganze Pliocän bis ins Quartär hinein gewirkt hat, möglicherweise sogar heute noch fort dauert. Diese Aufwölbung der Antiklinalen hat die Talbildung mächtig beeinflußt, die Täler gewissermaßen ver-

¹⁾ Über die Bedeutung der Vortiefen siehe Sueß, Antlitz der Erde, III/2, Seite 335, 581 und 722.

bogen und ihnen Gegengefälle verliehen, das sich bis weit in die Alpen hinein geltend machte und zur Bildung zahlreicher Seen führte. Durch die Entstehung der großen nördlichen Molasse-Antiklinale, welche jedenfalls später erfolgte, als die der beiden südlichen, weniger ausgeprägten Antiklinalen, bildeten sich alle Seen, welche alpeneinwärts von dieser weit-hinziehenden Antiklinallinie liegen, also der Walensee, Vierwaldstättersee, Zugersee, Thuner- und Brienersee, vielleicht auch teilweise der Genfersee, ferner zahlreiche durch Auf-füllung erloschene Seen, deren Aufzählung hier unterbleiben soll. Für die Seen, welche außerhalb der Molasse-Antiklinalen liegen, wie Bieler-, Murtner-, Neuenburger- und Zürichsee, muß ein analoger Vorgang die Ursache der Entstehung gebildet haben, nämlich die Aufstauung des Kettenjura, die erst nach der Bildung der Molassetäler erfolgt sein muß. Auch für den Bodensee muß eine ähnliche Ursache gesucht werden und zwar in einer leichten, durch den von Süden wirkenden Druck veranlaßten Hebung der Schichten gegen den schwäbischen Jura, den Hegau und Schaffhausen hin. Es sind also in der Tat die alpinen Randseen „ertrunkene“ Flußtäler, entstanden schon zur Pliocänzeit durch Aufstauung der Molasse-Antiklinalen und des Juragebirges, eine Erklärung, die sich bei Anerkennung des Hauptprinzips doch in zwei-facher Beziehung wesentlich von der Heimschen Theorie unter-scheidet und zwar in der Art des tektonischen Vorganges wie auch in der Zeitannahme.

In die langsam sich aufstauenden Antiklinalen sägten die Abflüsse der Seen sich beständig ein; sonst würden die Seen heute wohl viel höher stehen. Mehrere sonst schwer zu begreifende Tatsachen, wie z. B. das Aufhören des Vierwaldstättersees bei Luzern oder das Dasein der beiden Buchberge zwischen Walensee und Zürichsee scheinen mir nach

dieser Vorstellungsweise leichter erklärbar zu sein, als nach der Heimschen Theorie.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß im Innern der Alpen manche Talstücke, die man gerne als ehemalige Seebecken ansprechen möchte, schon durch die Aufstauung des Aar-massivs in ähnlicher Weise beeinflußt worden sind. Zugleich muß der Schluß gezogen werden, daß die Alpentäler in ihrem untern Teile ihre größte Tiefe schon bei Beginn des Pliocän erreicht hatten und daß sich seither im Gegenteil Auffüllung geltend gemacht hat, die sich bis weit ins Gebirge hinein erstreckt, z. B. bis ins Vorderprätigau und bis nach Thusis. Das bisher als fehlend angesehene Pliocän läge dann teilweise heute noch auf dem Grunde der aufgefüllten Täler und der Seen; teilweise müßte man es sich wohl durch die eiszeitlichen Gletscher aus dem Gebirge entfernt denken.

Wäre die hier vertretene Anschauungsweise vom höheren Alter der Täler richtig, so wäre damit zugleich der fünfzig-jährige Streit zwischen den Anhängern der Flußerosion und der Glazialerosion definitiv entschieden und zwar in der Hauptsache zugunsten der von Heim unentwegt vertretenen Flußerosion. Überhaupt müßten manche Vorstellungen über die Vorgänge bei der Talbildung gänzlich geändert werden und man würde einsehen, daß es in den jungen Kettengebirgen keine von der Faltung unbeeinflusste Talbildung gibt und daß man die Gesetze der reinen Talbildung nur in solchen Gebieten studieren kann, die seit langer Zeit keine faltende Bewegung erlitten haben.

Kurz zusammengefaßt würde das Ergebnis lauten: Die Alpentäler sind in der Hauptsache durch Flußerosion entstanden. Die Anlage des heutigen Systems der Alpentäler stammt aus dem frühen Miocän; die Molassetäler sind von pliocänem Alter. Die „Übertiefung“ der Alpentäler erfolgte

schon lange vor der Eiszeit. Die alpinen Randseen sind ertrunkene Flußtäler; sie entstanden in letzter Linie durch einen tektonischen Vorgang, nämlich durch die in der Pliocänzeit erfolgte Aufstauung der Molasse-Antiklinalen und des Jura-gebirges, nicht durch eine Rücksenkung des Alpenkörpers als Ganzes im Eiszeitalter, und auch nicht durch Glazialerosion.

Das klingt nun freilich anders, als die Theorie von der glazialen Erosion,¹⁾ die ich im Jahrbuch 1906 unserer Gesellschaft in übertriebener Weise vertreten habe. Ein solcher Wechsel in der Anschauungsweise kann nur erklärt werden durch das Bemühen, dem Problem der Talbildung, das mich auf zahlreichen Alpenwanderungen oft gefesselt hat, von verschiedenen Seiten beizukommen.²⁾ Auf mehreren neuen Tatsachen fußend, bin ich schließlich, ohne die erosive Kraft der Gletscher gänzlich zu bestreiten, nach langem Umweg und verschiedenen Abwegen doch zu der Theorie von der Flußerosion zurückgekehrt, der ich schon vor zwei Dezennien, damals freilich noch ohne nähere Prüfung, gehuldigt hatte.

¹⁾ Die Lehre von der Tal- und Seebildung durch glaziale Erosion konnte überhaupt nur deshalb solche Anerkennung und Verbreitung finden, weil man der Ansicht war, die Eiszeit sei der Hebung der Alpen sehr bald nachgefolgt, während nach den obigen Ausführungen zwischen beiden ein sehr langer Zwischenraum angenommen werden muss.

²⁾ Zwei merkwürdige, bisher geradezu rätselhafte Erscheinungen lassen sich befriedigend erklären, sobald man zugibt, die bunte Nagelfluh sei jünger als die Kalknagelfluh und zwischen die Bildung beider falle die Überschiebung der älteren Molasse durch die erste Alpenkette. Ich meine die totale Verschiedenheit der beiden Ufer des Thunersees und den auffallenden Umstand, dass im Toggenburg in der Gegend von Krummenau östlich der Thur die Nagelfluh bunt, westlich dagegen fast reine Kalknagelfluh ist. Auf diese beiden wichtigen Punkte wird bei anderer Gelegenheit zurückzukommen sein.