

Ueber autochtone und allochthone Dislokationen in den Schweizeralpen und ihrem nördlichen Vorland

Autor(en): **Beck, Paul**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **17 (1922-1923)**

Heft 1

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-158086>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

- Fig. 17. Vielleicht ein zusammengepresstes Radiale in Flächen- und Kantenansicht. (M. H. 297.) $\frac{1}{5}$ nat. Grösse.
 Fig. 18. Unvollständiges, gepresstes, mittleres Metacarpale mit Querschnitt. (M. H. 264.) $\frac{1}{5}$ nat. Grösse.
 Fig. 19. Hinteransicht des linken Femur mit Ergänzung des Proximalendes. (M. H. 372.) $\frac{1}{5}$ nat. Grösse.
 Fig. 20. Mediale Ansicht der linken Tibia. (M. H. 339.) $\frac{1}{5}$ nat. Grösse.
 Fig. 21. Laterale Ansicht der linken Fibula. (M. H. 373.) $\frac{1}{5}$ nat. Grösse.
 Fig. 22. Möglicherweise ein zerdrücktes Metatarsale I in Flächen- und Kantenansicht. (M. H. 284.) $\frac{1}{5}$ nat. Grösse.
 Fig. 23. Gegenseite der von J.-B. GREPPIN l. c. Fig. 5 abgebildeten Klaue mit Querschnitt in der Mitte. (M. H. 270.) $\frac{1}{5}$ nat. Grösse.
 Fig. 24. Halswirbelkörper (M. H. 352), a) von rechts mit Vertikalschnitt durch die vordere Gelenkfläche, b) von links mit Vertikalschnitt durch die hintere Gelenkfläche, c) Querschnitt durch die Mitte.
 Fig. 25. Rückenwirbelkörper (M. H. 345.) $\frac{1}{5}$ nat. Grösse.

Manuskript eingegangen am 27. Dezember 1921.

Ueber autochthone und allochthone Dislokationen in den Schweizeralpen und ihrem nördlichen Vorland.

VON PAUL BECK (Thun).

Mit einer Tafel (V).

I. Anordnung der Molassefalten und der Nagelfluhgebiete einerseits und einiger Anomalien der Kurven gleicher Schwereabweichung andererseits.

An der Neuenburger Versammlung der S. N. G. 1920 machte ich auf die grosse Bedeutung der Nagelfluhbildung für die Tektonik der Umgebung des Thunersees aufmerksam. Die weitere Verfolgung der damit verknüpften Probleme führte zu den folgenden Darlegungen.

1. Zur Faltung der Molasse.

Rechts des Thunersees und der Aare können folgende tektonische Molasseeinheiten unterschieden werden:

a) *Die Ralligenscholle* (entsprechend der Vaulruzmolasse, von den Horwerschichten tektonisch verschieden, da letztere dem Kern der grossen Antiklinalzone angehören);

- b) die *Deckfalte des Blumen* (= S-Schenkel der grossen Molasseantiklinalzone parallel Rigi, Mt. Pélerin usw.);
- c) das flache *Falkenfluhgewölbe* (lokal);
- d) die relativ *flache Molasse* (E Bern);
- e) die *Limpachantiklinale* (lokal);
- f) das *Seeländergewölbe* (lokal).

Scheinbar in ursächlichem Zusammenhange mit der Nagelfluhentwicklung im E der Aare stellen wir also im S der Hauptaufwölbung (b) noch eine Überschiebung (a), im N dagegen das Auftreten von kurzen, lokalen Antiklinalen (c—e, f) fest, wobei die letztern durch eine flache Partie (d) in 2 Gruppen getrennt sind. Ein Blick auf ALBERT HEIM's Karte der Molasse-dislokationen (Geol. d. Schweiz, Taf. V) zeigt die Wiederholung ähnlicher Verhältnisse am Genfersee (Lausanne—Yverdon), im E der Emme (Bramegg—Herzogenbuchsee—Aarburg) und, bloss alpenseitig entwickelt, an der Sense (Guggisberg—Schwarzenburg), zwischen Zuger- und Zürichsee, sowie zwischen Linth und Rhein. In jedem dieser Fälle zeigt die geologische Karte das Vorhandensein von Nagelfluhgebieten. In den Zwischengebieten fehlen die „Extradislokationen“. Ein gewisser Zusammenhang zwischen Nagelfluh und Molassefaltung ist damit erwiesen. Dass Elastizität und Plastizität von Sandsteinen und Mergeln einerseits, von nagelfluhreichen Ablagerungen anderseits verschieden sind, dass in den erstern ein tektonischer Druck eher erlischt als in den letztern, die gesteiift, gleichsam „armiert“ sind, erscheint klar. Doch legt besonders die Verknüpfung einzelner Falten mit dem Kettenjura das Vorhandensein einer tiefern, Alpen, Mittelland und Jura umspannenden Gesetzmässigkeit nahe.

2. Über die Lage der Nagelfluhgebiete zu den Alpentälern.

Eingehende Studien an einem weissen Relief (1 : 530000 mit Hunderterkurven), das einen beliebigen Wechsel der Beleuchtungsrichtung ermöglichte, führte zur Bestätigung und Ergänzung mehr oder weniger bekannter auffällig angeordneter Erscheinungen, die möglicherweise in ursächlichem Zusammenhange stehen. Diese eventuellen Beziehungen sollen hier skizziert werden.

a) Das *Rhonequertal* scheint sein Quellgebiet an die Dora Baltea verloren zu haben. Seine Kalknagelfluhaufschüttung nördlich Vevey füllt vorwiegend einen einspringenden Winkel des Alpenrandes. Sie ist ca. 100 km von der tektonischen Firstlinie der Alpen entfernt.

b) Der oberen *Simme*, deren Unterlauf durch den Alpenrand abgelenkt ist, entspricht nach dem Unterbruch durch die Wildstrubelgruppe die Talung der Navizenze. Die vorgelagerte Guggisberger Kalknagelfluh endet ebenfalls ca. 100 km von der genannten Linie.

c) Die *Turtmännerbach-Kanderlinie* endigt direkt in der Thunernagelfluh, unterbrochen durch den Lötschberg.

d) Die *Visp-Lütschinerichtung* trifft vor dem Erreichen der Nagelfluhablagerung des Blumen und der Falkenfluh auf die Unterbrechungen durch das Bietschhorn und das Breithorn und durch den Alpenrand. Die erwähnten Gebirge lieferten sozusagen keine Beiträge zu den Konglomeraten. Mächtige Nagelfluhanhäufungen erreichen auch für die Kander- und die Lütschinerichtung 100 km Entfernung von der Firstlinie.

e) Unklarer liegen die Verhältnisse im Quertal der *Aare* im Oberhasli. Doch deuten verschiedene Anhaltspunkte trotz der starken Denudation des Aaremassivs auf ähnliche Verhältnisse hin: Verlust des ursprünglichen Quellgebietes an die Tosa, Unterbruch der Talung durch das Gotthard- und das Aaremassiv, sowie den Alpenrand, Beiträge zur Nagelfluh des Napfgebietes, aber ohne grössere Beteiligung aaremassivischer Gesteine. Die Entfernung von ca. 100 km bleibt auch hier unverändert.

f) Die *Reuss* verhält sich ähnlich der Rhone. Sie verlor das Bedretto an den Tessin und durchbricht das Aaremassiv. Dagegen nehmen die Alpenrandverhältnisse eine Zwischenstellung ein zwischen vollständigem Durchbruch und Ablenkung, vermutlich weil sie später entstanden als an der Rhone. Die Entfernung der Nagelfluhablagerungen am Zugersee von der alpinen Firstlinie vermindert sich nur unwesentlich.

g) Auch *Linth* und *Rhein* entsprechen den genannten Anordnungen vollkommen. Erstere, durch die Tödigruppe unterbrochen, scheint ihre Wurzeln südlich des Vorderrheins besitzen zu haben, und letzterer besitzt in Mittelbünden Talungen, die noch beinahe die tektonische Firstlinie erreichen. Unterbrüche fehlen, da das Aaremassiv an dieser Stelle untertaucht und daher von geringerem Einfluss war. Die Nagelfluhbildungen erscheinen auch über 100 km von der Firstlinie entfernt.

Zusammenfassend könnte man die Talanlagen wie folgt kennzeichnen:

I. Im E entsprechen sie der allgemein herrschenden Richtung der Folgeflüsse nach NNE (am reinsten auf der Iller-Lechplatte erhalten), im Zentrum richten sich die Reuss,

die Lütchine und die Kander nach N, und gegen W ändert sich die Talanlage in eine nordnordwestliche um. Diese radiale Anordnung passt zur Umbiegung des gesamten Alpengebirges und seiner tektonischen First, so dass die erwähnten Tallinien (und noch viele andere dazwischen!) als *konsequent* bezeichnet werden müssen und trotz den heutigen Unterbrechungen als *einheitlich angelegt* betrachtet werden dürfen.

II. Sowohl nach den Unterbrechungen durch die Massive als auch nach dem auffallend starken Zurücktreten zentralmassivischer Gesteine in den Nagelfluhbildungen zu schliessen, dürften die genannten Talanlagen *älter als die Hebung der Centralmassive*, also *molassischen Alters* sein.

III. Da einzelne Täler die Massivzone glatt durchsetzen, andere noch als Relikte auf dem Rücken der Massive vorkommen (z. B. Sanetsch, Rawil, Gemmi, die durch die tiefere Lage in dem Sattel zwischen westlichen und östlichen Massiven vor starker Abtragung geschützt waren), so kann *die Hebung der Massive nicht von tiefgreifenden Auffaltungen oder Verwerfungen* (wie die periadriatischen), also von starken Verbiegungen der damaligen Oberfläche *begleitet* gewesen sein. Daraus ergibt sich weiter, dass *der Deckenbau schon vor der Massivhebung* nicht nur in seinen Grundzügen angelegt, sondern auch *weitgehend ausgebildet* war.¹⁾

3. Die Anomalien der Kurven gleicher Schwereabweichungen.

Die in Band 16 der „Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz“ („Schwerebestimmungen in den Jahren 1915 bis 1918.“ Herausgegeben von der schweiz. geodätischen Kommission. 1921. Kartenverlag der Schweiz. Landestopographie in Bern.) veröffentlichte und in den Schaffhauser Verhandlungen der S. N. G. 1921 reproduzierte Karte der „Kurven gleicher Schwereabweichungen“ von TH. NIETHAMMER weist in der Nagelfluhzone eigenartige Erscheinungen auf, denen vielleicht ein ursächlicher Zusammenhang mit den Nagelfluhzentren und den alten Talrichtungen zugrunde liegt.

a) Dass die *Gebirgsbildung in einem direkten Zusammenhang mit den Massendefekten* steht, ist durch die Geodäten für alle grossen Gebirge der Erde nachgewiesen. ALBERT HEIM erklärte 1892 (Vierteljahrschrift d. naturf. Ges. Zürich. Geolog. Nachlese No. 1) diese Tatsache durch faltigen Zusammen-

¹⁾ Das E-Ende der Stockhorndecke zeigt deutlich das Fehlen irgend eines Einflusses des Aarmassivs auf seine Tektonik. Darin liegt ebenfalls ein Beweis für das höhere Alter der romanischen Decken als der Massivhebung.

schub einzelner Schollen der Lithosphäre, die dabei überlastet werden und infolgedessen in schwerere, plastische Zonen der Erde einsinken, so dass die schwereren Massen durch leichtere zur Seite gedrängt werden und die Pendelbeobachtung an der Erdoberfläche den Dichteunterschied der beiden Gebiete anzeigt. HEIM geht also von der Vorstellung der *autochthonen Gebirgsbildung* aus, um das Phänomen des Massendefektes zu erklären. Anders J. HANN („Die Erde als Ganzes“, pag. 66), der 1896, gestützt auf das nordamerikanische W-E-Schwereprofil, über die Isostasie und Defektbildung ausführte: „Die einzelnen, den Kontinentalplatten aufgesetzten Gebirge sind nicht für sich kompensiert (wie AIRY 1855 vermutete), sondern werden von den ersteren getragen, wobei die Kontinentalplatte als Ganzes unter dieser Last noch etwas mehr einsinkt. So könnten Eisberge von einer mächtigen ausgedehnten Eistafel getragen werden, ohne selbst einzusinken; es taucht aber das ganze Eisfeld soweit ein, dass es samt seiner Last im hydrostatischen Gleichgewicht sich befindet.“ Wenn HANN auch kaum sein Bild von der Eisscholle mit aufgelagerten Blöcken damals direkt auf die Gebirgsbildung übertrug — die Überschiebungshypothese war damals noch in ihren ersten Anfängen —, so kennzeichnete er doch damit das Verhältnis der Isostasie zur Deckengebirgsbildung in unübertrefflicher Weise: Die Gebirgsdecken sind auf die Kontinentalplatte hinaufgeschoben und bringen letztere dadurch zum Eintauchen ins spezifisch schwerere Magma; die Verdrängung des letztern durch die leichtern Gesteine der Kontinentalplatte erzeugt den messbaren Massendefekt; da die Aufschiebung von Decken auf die Platte einseitig geschieht, so muss diese auch einseitig eintauchen; der Massendefekt muss gegen die Wurzelregion hin zunehmen und sich dann plötzlich vermindern oder sogar in einen Massenüberschuss umschlagen. Man könnte diese Gebirgsbildung im Gegensatz zur *autochthonen*, als die *allochthone* bezeichnen.

Ein Blick auf die schweizerische Schwerekarte zeigt klar, dass sie mit diesen Vorstellungen ausgezeichnet übereinstimmt, ganz speziell in der Zone Basel–Berner Oberland–Langensee.

b) Sehen wir von den Verhältnissen am westlichen Teil des Genfersees, deren Verfolgung durch das Abbrechen der Schwerekarte verunmöglicht wird, ab, so verlaufen die Schwerekurven in der Streichrichtung des Juras, des Mittellandes und der Alpen relativ ungestört. Südlich der Zone der stärksten Massendefekte tritt allerdings eine „Tessiner Aufwölbung“ in den Isogammen klar hervor, aber in Übereinstimmung mit der dortigen Tektonik. Aber noch auffälliger gestalten sich

die *Ondulationen der Schwerelinien am helvetischen Alpenrand* und dessen Fortsetzung unter den romanischen Decken vom Rhein bis über die Rhone hinaus. Die Kurven weisen ein fünfmaliges Vordringen des Massendefektes über den mittlern Betrag hinaus gegen NW nach. Die Lage dieser Ausbuchtungen stimmt mit der Lage der oben gekennzeichneten molassischen Flussrichtungen und den Nagelfluhzentren gut überein. An der *Rhone* erscheint diese Depression etwas gegen E verschoben von Martigny bis gegen Villeneuve. Sehr deutlich dehnt sich eine solche aus der Gegend N Sierre bis gegen St. Stephan im *Simmental* aus. Komplizierter erscheinen die Verhältnisse im *Lütschinengebiet*. Dort löst sich ein stärkerer Defekt im Goms von der Längstiefenlinie los, dringt westwärts bis an die weisse Lütshine und hierauf nordwärts über Interlaken hinaus. Die kleine östlich davon auftretende Depression an der *Haslitaleraare* verschmilzt dann mit dem Hauptdefekt. Beide vereint machen sich in NW Richtung noch über die *Falkenfluh* hinaus bemerkbar. Interessant ist die in der Gegend der *Reuss* auftretende Nordrichtung eines solchen Defektes. An der *Linth* beginnt dieselbe Erscheinung östlich Glarus und setzt sich bis ins Tössgebiet fort. Leider bricht die Karte am *Rhein* ab und verunmöglicht damit das Erkennen der dortigen Verhältnisse. Diese *Ondulationen* des Defektes verschwinden an der Rhone-Rheinnarbe vollständig; in der Hochebene klingen sie nach und nach aus. Sie treten also nur am Alpenrand in der Nagelfluhzone auf, und zwar in einer Gliederung und Anordnung, die der letztern gut entspricht.

Es liegt angesichts des bestehenden Parallelismus nahe, diese Erscheinung mit dem Nagelfluhproblem in Beziehung zu setzen. Da es sich nur um Defekte unterhalb des Meeresniveaus handelt, entsprechend der Karte, so fällt zu deren Erklärung ein grosser Teil der Decken ausser Betracht. Dagegen können die Nagelfluhanhäufungen direkte und indirekte Ursachen liefern: erstere durch die gegenüber den Nachbargebieten um 1—2000 m mächtigere Sedimentation, letztere durch ein stärkeres Zusammenschürfen des Untergrundes im Falle einer Vorwärtsbewegung. Beide zusammen wären mächtig genug, um die vorhandenen Differenzen¹⁾ zu erzeugen und

¹⁾ Diese betragen 100—200 m Gesteinsmächtigkeit von 2,4 spez. Gewicht. Das wirkliche Gewicht ist ca. 2,7. Das verdrängte schwere *Magma* etwa 3,0. Daraus lässt sich ein stärkeres Eintauchen der *Kontinentalplatte* um wenigstens 800—1600 m berechnen, was wohl möglich ist.

deren Ausklängen in der Hochebene zu erklären. Da nach den gemessenen Defekten die Kontinentalplatte in dieser Zone 6000—10000 m unter dem Meeresspiegel beginnen dürfte, kann auch eine genügende Plastizität derselben angenommen werden. Treffen diese Verknüpfungen auch nur einigermaßen zu, so wird man in den Stand gesetzt, den S-Rand der Molasse resp. Nagelfluhablagerungen ungefähr festzustellen. Er fällt ungefähr mit der Linie Martigny–Goppenstein–Münster im Goms–Tödi–Ragaz zusammen. Über diesen Saum hinaus mögen sich Deltas und Schwemmkegel vor der Mündung der damaligen Täler weit in die Molassegewässer vorgebaut haben in Formen, die den Schwerekurven ungefähr entsprechen. Es ist kaum von ungefähr, dass deren komplizierteste Verhältnisse sich vor der stärksten alpinen Abtragung, vor dem ursprünglich nach N entwässerten obern Tocetal befinden.

c) Es gibt übrigens noch einen andern Teil der Schwerekarte, der deutlich zum Ausdruck bringt, dass auch die geologischen Details sich vom Gesamtbild der untertauchenden Kontinentalplatte abheben: Das Grabengebiet des Oberelsass, wo sowohl Schwarzwald und Vogesen, wie auch heute durch Alluvionen verhüllte Dislokationen sich deutlich bemerkbar machen, obwohl die sich hier an der Oberfläche befindliche Kontinentalplatte weniger geeignet war, isostatische Eindrücke aufzunehmen.

II. Ueber die Stellung der autochthonen Zentralmassive.

Die bisherigen Ausführungen über die Isogammenkarte und die Nagelfluhverhältnisse berücksichtigen keine „autochthonen Zentralmassive“ im bisherigen Sinn. Diese erscheinen als Teile des grossen Deckengebirges auf die Kontinentalplatte hinaufgeschoben („allochthon“) und nicht direkt aus ihr hinausgequetscht („autochthon“). Im folgenden sollen die damit verknüpften Fragen noch etwas beleuchtet werden.

1. Argumente für die Autochthonie der Zentralmassive.

Die autochthone Auffassung erscheint, historisch betrachtet, als das letzte, allerdings schon stark modifizierte Relikt aus der Zeit des wurzelechten Gesamtbaues der Alpen. Dass die Zentralmassive wirklich autochthon sind, kann ebenso wenig direkt nachgewiesen werden, wie die Deckennatur ihrer nördlichen Teile. Es fehlen entscheidende Aufschlüsse. Für die erste Auffassung kann angeführt werden, dass sie sich stark von den kristallinen Decken des Penninikums, weniger von

den ostalpinen, wie etwa der Silvrettadecke, unterscheiden, dass sie einen eigenen „massivischen“ Typus darstellen.

2. Argumente für ihre allochthone resp. parautochthone Natur.

Ausser dem Hinweis darauf, dass diese Ansicht nur die letzte Konsequenz aus dem alpinen Deckenbau ist, lassen sich noch mehrere Argumente dafür anführen:

a) Setzt man den Kontakt der Gastern–Innertkirchner Granitzone dem sichtbaren Fallen entsprechend fort, so engt man die tektonische und stratigraphische Entwicklung der Molasse wider alles geologische Empfinden ein.

b) Der im Lötschbergtunnel angebohrte Kontakt, sowie die von Truninger 1911 (Mitt. naturf. Ges. Bern 1912) namhaft gemachten Brüche deuten auf N-Überschiebungen hin. In letzter Zeit mehrten sich die Kenntnisse von mehr oder weniger ausgedehnten Überschiebungen durch die ganze Aarmassivzone hindurch infolge der Arbeiten von BUXTORF, COLLET, HUGI, KREBS, MORGENTHALER, PARÉJAS, SWIDERSKI und TRUNINGER, sowie vieler noch nicht abgeschlossener Beobachtungen junger Berner Petrographen derart, dass sich das Gesamtbild demjenigen des Gotthardmassivs, das einen Übergangstyp vom Massivbau zur Deckenstruktur aufweist, immer mehr nähert.

c) Dass die südlichen Massivteile die kristallinen Kerne der helvetischen Decken bilden, ist allgemein anerkannt und damit wohl auch ein grosses Mass von Zusammenschub, entsprechend dem Ausmass der abgewickelten helvetischen Decken.

d) Die einzige verhältnismässig wenig angetastete Zone, diejenige von Gastern–Innertkirchen, keilt nach E aus. Dabei müsste sie sich in einer Tiefe von wenigstens 8–10000 m unter dem Meeresspiegel loslösen, sowohl nach den tektonischen Konstruktionen des Alpenrandes als auch nach dem nördlich davon auftretenden Massendefekt. Sie bildet also, falls sie senkrecht in der Kontinentalplatte wurzelt, eine Lamelle, die kaum imstande ist, dem Andrang, der von S her daran- und daraufgepressten Massivschollen Widerstand zu leisten. Es ist demnach sehr wahrscheinlich, dass die Gastern–Innertkirchner Zone vom allgemeinen Bau des Aarmassivs keine Ausnahme macht und ebenfalls um irgend einen Betrag verschoben ist.

e) Die beidseitig der Massivzone vorhandenen, tektonisch begründeten Massendefekte sprechen bei autochthonem Bau für eine tiefe Loslösung von der Kontinentalplatte (wie bei der Zone Innertkirchen–Gastern). Diese kann entweder durch Faltung oder Verwerfung geschehen. Im ersten Falle ist es

eher denkbar, wenn auch nicht leicht, dass durch die Faltenpressung die schwereren magmatischen Teile am Eindringen in die Faltenkerne verhindert wurden. Eine solche tiefgründige Faltung widerspricht aber dem gesamten „massivischen“ Habitus mit seinen treppenartig überschobenen Schollen; sie müsste eher zu penninischen Charakteren führen. Der zweite Fall entspricht besser dem Charakter der Massive, besonders dem des Aarmassivs. Bei der notwendigerweise anzunehmenden Sprunghöhe von mehreren tausend Metern, müssten aber zweifellos mit dem Aarmassiv auch schwerere Gesteine gehoben und neben die anstossenden leichtern gebracht worden sein. Dieser Zustand müsste sich aber in der Schwerekarte erkennen lassen durch eine Verminderung des Defektes in der Massivzone, wenn nicht gar durch einen Massenüberschuss wie im Schwarzwald und in den Vogesen, wo ähnliche Hebungen bekannt sind. Die grosse Breite der Massive verhindert auch die Annahme, dass die Wirkung tatsächlich vorhandener schwerer Gesteine durch benachbarte Defizite verschleiert werde. Der durch die Massivzone hindurch gleichmässig von N und S zunehmende Massendefekt ist mit der autochthonen Natur derselben kaum vereinbar.

f) Endlich möchte ich noch auf ähnliche Verhältnisse in Schottland und Skandinavien hinweisen. In den Verhandlungen der S. N. G. in Neuenburg von 1920 führte ARGAND (pag. 33) aus: «L'Ecosse nous montre, tout au nord-ouest, ses charriages classiques, de type rigide et brisant; elle nous montre aussi, à l'arrière, toute cette grosse masse ancienne des Highlands, principalement cristallophyllienne, où Bailey a reconnu, il y a peu d'années, des grands plis couchés. Pour le style, la première zone est comparable, en plus superficiel, aux coins cristallins du massif de l'Aar et du Mont-Blanc; la seconde zone, avec ses séries concordantes, ses charnières bien formées, sa grande épaisseur, son caractère de plis profonds, issus d'un géosynclinal, est l'analogue du grand intérieur pennique. On ne sait pas encore, il est vrai, si les plis couchés de Bailey marchent, comme il est probable, de l'est à l'ouest ou s'ils cheminent en sens inverse . . . Qu'on s'adresse aux Alpes, on y trouvera peut-être la clef du problème.» Vielleicht könnten wir auch umgekehrt den Deckencharakter unserer Zentralmassive mit Hilfe der klassischen, schottischen Verhältnisse erkennen? In den norwegischen Alpen findet ARGAND ähnliche Verhältnisse wieder (pag. 35): «Un grand système de plis couchés, sorti d'un géosynclinal (entsprechend unsern penninischen Decken), a marché vers l'est jusqu'à recouvrir

cette nappe plus externe, plus basse et de caractère plus superficiel pourtant (entsprechend unserer Massivzone), avec ses grands décollements, qu'a trouvé jadis Törnebohm.» Pag. 37 fasst er zusammen: «Dans les deux cas, les nappes brisantes, de type superficiel, sont en dehors et les plis couchés, de type profond, en dedans.» Dass an andern Orten Gebirge vom Charakter unserer Zentralmassive Decken sind, ist somit nachgewiesen.

3. Ergebnis.

Durch obige Ausführungen hoffe ich gezeigt zu haben, dass die *Auffassung der Zentralmassive als allochthone Gebilde* wenigstens als *Arbeitshypothese* in die Alpengeologie eingeführt werden darf, um die damit zusammenhängenden Fragen allseitig zu prüfen. Mit den helvetischen Decken zusammen könnte man sie vorläufig zum Unterschied von diesen als *infraalpine Decken*, einzeln als *Paramassive*, bezeichnen. Der Betrag der Verschiebung bliebe dadurch völlig unbestimmt.

III. Allochthone und autochthone Faltung.

1. Orogenese und Epirogenese.

Im schon erwähnten Neuenburger Vortrage wendet sich E. ARGAND mit aller Entschiedenheit gegen die vielen, oft zu Erklärungsversuchen herbeigezogenen epirogenetischen Vorgänge: Senkungen, Hebungen, Brüche. Er erklärt Erscheinungen, wie axiale Aufwölbungen und Einsattlungen, als normale Auswirkungen des Horizontalabschubes, wenn er gegen verschieden gestaltetes Vorland (Hindernisse) wirkt. Er betont die Einheitlichkeit des Geschehens, das nicht nur Decken bildet, sondern auch ihre axialen Verbiegungen. Die dafür angeführten Beispiele stammen aber nicht allein aus dem Alpengebiet, sondern auch vom äussern Jurarande (pag. 26): «Nous y trouvons le lac plaisancien de la Bresse, avec ses couches à Paludines . . . Imaginons la masse entière des Alpes, Jura compris, soumise à un léger renouveau de plissement. Le front externe du Jura avancera quelque peu et les dépôts du lac bresson seront relevés au bord de la chaîne: c'est précisément ce qui a lieu en nombre de points . . .» Der ganze Vortrag «Plissements précurseurs et plissements tardifs des chaînes de montagne» ist eine umfassende Begründung der Einheitlichkeit der Gebirgsbildung (Orogenese), die örtlich vom Innenrand der Alpen weit ins Vorland reicht und zeitlich den Hauptbewegungen auch vorausgeht und nachfolgt. Dabei

deutet er aber nirgends an, ob er sich beispielsweise das Vorücken der Alpen und des Jura, das zur erwähnten Hebung in der Bresse führte, autochthon, d. h. durch Zusammenschub der Kontinentalplatte samt den auflagernden Schichten, oder allochthon, durch ein Vorschieben der erwähnten Gebirge über die Kontinentalplatte weg, vorstellt. Die letztere Auffassung dürfte zweifellos eher der Einheitlichkeit der orogenetischen Vorgänge entsprechen. Prüfen wir daher die Wahrscheinlichkeit der beiden Ansichten in den einzelnen, geologischen Zonen.

2. *Sind die einzelnen geologischen Zonen autochthon oder allochthon?*

Eingangs sei nochmals darauf hingewiesen, dass ich hier unter autochthon nur diejenigen Vorkommnisse betrachte, die gegenüber dem ursprünglich vertikal zugehörigen Teil der Kontinentalplatte keine wesentliche Verschiebung erfahren haben. Der Begriff parautochthon sollte erst noch genau definiert werden, was bei all den vorkommenden Zwischenstufen eine schwierige Aufgabe sein dürfte.

a) Die zweifellos autochthonen Gebiete liegen *nördlich und westlich der äussersten Juraüberschiebungen* und werden durch letztere begrenzt (Schwarzwald, Vogesen, Zentralplateau und ihre Vorländer).

b) Eingehende tektonische Studien führten BUXTORF schon vor einer Reihe von Jahren zur Ansicht, dass der *Kettenjura* eine gefaltete Abscherungsdecke sei. Die verschiedenen Tunnelbauten und die vielen seither ausgeführten geologischen Detailaufnahmen bestätigten dies immer mehr. „Gewiss war die Jurafaltung eine Tangentialbewegung der ganzen Sedimentscholle vom untersten Teil des mittleren Muschelkalkes bis in die jüngste Molasse um 5—15 km nach NW.“ (Heim, Geol. d. Schweiz, I, 603.)

c) Man kann ALBERT HEIM nur beipflichten, wenn er (ebendort pag. 603) die Wahrscheinlichkeit ausspricht, dass die Bewegung auch „das *Molasseland* mit sich getragen“ habe. Etwas anderes ist nur schwer denkbar. Dass das Mittelland durch autochthone Faltung die junge Verschiebung und Faltung des Jura erzeugt habe, wird durch die tafelförmige Lagerung weiter Molassegebiete direkt widerlegt. Dagegen dürfte die Frage nach zunehmender Faltung in der Tiefe eher bejaht werden. Sie wird möglicherweise angedeutet durch die engen Sekundärfalten und die steile Schichtstellung im Kern der Molasseantiklinalen, die mit der flachen Wölbung der letztern

kaum übereinstimmen. Das durch die Isogammen ausgedrückte gleichmässig zunehmende Massendefekt kann kaum einzig durch Zunahme der Sedimentation gegen den Alpenrand hin erklärt werden; vielmehr scheint es auf ein Anschwellen infolge Stauchung, wie sie bei einer Abscherung leicht entstehen kann, hinzuweisen.

d) An der allochthonen Natur der *Molasseschollen* am Alpenrand und der *alpinen Decken* wird heute kaum jemand ernsthaft zweifeln.

e) Die bisherigen Ausführungen zeigen neuerdings, wie vereinzelt das Vorkommen von wirklich autochthonen *Zentralmassiven* wäre. Sie müssen den Druck auf das Molasseland und den Jura, der deren Abscherung verursachte, geliefert haben. Wie wir oben (pag. 97) sahen, zeugen die paläomorphologischen Relikte für eine ruhige Hebung der Massivzone. Ein Übergreifen auf das nördlich anstossende Deckengebiet im Sinne einer Verschiebung derselben ist bei senkrecht wurzelnden Massiven mechanisch sozusagen undenkbar, dagegen ganz klar bei allochthonem Bau.

f) Die *penninischen* und *ostalpinen Decken* passen wieder von selbst ins ganz allochthone Alpengebäude.

g) Endlich macht uns die Schwerekarte auch noch Andeutungen über die Wurzelzone, die westlich des Langensees sich durch einen Massenüberschuss auszeichnet. Der plötzliche Übergang vom grossen Defekt zu dieser Erscheinung darf wohl mit dem Auftreten einer bedeutend höher einsetzenden und daher von dichteren Gesteinen aufgebauten Kontinentalscholle in Beziehung gebracht werden. Diese Scholle kann dank ihrer gewaltigen Sprunghöhe von mindestens 10000 Metern den Tangentialdruck leicht auf das anstossende oder aus ihr herausgewachsene Deckengebäude übertragen. Auf weitere Einzelheiten möchte ich hier nicht eintreten.

Rückblickend kann gesagt werden, dass von den Überschiebungen des äusseren Jurarandes bis an den Langensee keine sicher autochthonen Gebirgsteile vorkommen und dass durch die ARGAND'sche einheitliche Orogenese ein ebenso einheitliches Gebäude allochthoner Gebirge entstand.

3. Autochthone Dislokationen und Isostasie.

a) Als Ganzes betrachtet, kommt in der Isogammenkarte eine gewaltige einseitig ausgestaltete Kerbe in der Kontinentalplatte zum Ausdruck, die überfüllt ist mit gefalteten und

verschobenen Decken aller Art. E des Lukmaniers ist sie weit und flachbödig. Der Südrand fällt wegen ungenügender Vermessung auf italienischem Boden nicht in Betracht. Dagegen entspricht den konstatierten maximalen Massendefekten und der dadurch angedeuteten tiefsten Lage der Kontinentalplatte das ausgedehnte Vorhandensein der ostalpinen Decken, welche sowohl die penninischen und die helvetischen, resp. infraalpinen, überbrücken. — W des Albrunpasses erscheint die Depression enger, grabenartig und das Abbiegen der Alpen gegen S mitmachend; der ostalpine Deckenmantel ist fast ganz abgetragen; die infraalpinen und die penninischen Decken treten ebenfalls hintereinander auf. Das frühere Vorhandensein ostalpiner Glieder wird aber durch die Gerölle der Nagelfluh, die romanischen Decken zwischen Arve und Thunersee, sowie die Klippen bezeugt. Die beiden letztern müssen vor der speziellen Hebung der nördlichen Hochalpenkette so weit vorgestossen sein, dass sie von dieser Bewegung nicht mit-erfasst wurden und dadurch vor der Abtragung verschont blieben. — Zwischen Albrun und Lukmanier zeichnet sich die Tessiner Anomalie ab, die aber am Aarmassiv verschwindet. — Das Ganze ist eingeordnet zwischen Schwarzwald (samt seiner östlichen Fortsetzung), Vogesen und Zentralplateau einerseits und die piemontesisch-adriatischen Kontinentalschollen andererseits. Dem von E nach SW abnehmenden Abstand der oberflächlich auftretenden Kontinentalplatten entspricht die Zunahme der Pressung von E nach W, die sich im Auftreten der infraalpinen Decken (Massivzone), der Bildung des Kettenjura und dem durch Denudation erzeugten Fehlen hochgelagerter, ostalpiner Alpenglieder dokumentiert. Unwillkürlich gelangt man dabei zu der Vorstellung, dass sich die äussere (nordwestliche) Kontinentalplatte unter die innere, piemontesisch-adriatische hinunterschob¹⁾ und dadurch das Verschwinden einer über 200 km breiten Zone ermöglichte. Deutlich wirkt sie in einem Profil, das beispielsweise von der Rheinmündung über den Feldberg im Schwarzwald (ca. 530 km), Basel (ca. 90 km) und Locarno (ca. 180 km) nach Mailand (ca. 90 km) gelegt wird, ergänzt durch die Annahme, dass die mehr oder weniger feste Erdrinde ca. 75 km (Mittel der verschiedenen Angaben) betrage. Der südliche Plattenrand mag dabei wie ein Hobelmesser gewirkt und von den untertauchenden Massen die obersten Schichten abgeschürft und

¹⁾ Die Frage der Bewegungsrichtung soll durch diesen Ausdruck nicht präjudiziert werden.

zurückgestaut haben. Dass durch diese Behandlung in erster Linie die Geosynklinalen gefaltet wurden, ist einleuchtend.

b) Die heute bestehende tiefe Kerbe mit ihrer gewaltigen keilförmigen Auffüllung ist nur nach und nach geworden. Ihre Entstehung verdankt sie nicht einzig dem Tangentialdruck, sondern auch der Isostasie, dem Ausgleich der Belastung. Schon die mächtige Sedimentation in den Geosynklinalen muss im Laufe der Zeit zum Verbiegen der zugehörigen Kontinentalplatte führen. Wird sie in diesem Zustande von einem gebirgsbildenden Tangentialdruck erfasst, so kann sie diesem weniger widerstehen als die benachbarten Gebiete. In der Geosynklinale entsteht ein Faltengebirge. Erfahrungsgemäss führt dessen weitere Ausbildung zu einseitig gerichteten Deckfalten und Decken, die durch ihre Anhäufung aufs neue isostatische Bewegungen, resp. ein Einsinken der unterlagernden Kontinentalplatte erzeugen. Dadurch wird aber die Widerstandskraft der betreffenden Erdrindenpartie gegen den Seitendruck neuerdings vermindert und die Gebirgsbildung setzt sich in beschleunigtem Tempo fort, falls der Tangentialdruck gleich bleibt. Erst durch die Erschöpfung des letztern kann sich ein Gleichgewichtszustand herausbilden. In extremen Fällen, wie in unsern Alpen, kann das Zusammenwirken von Tangentialdruck und Isostasie zum Durchbruch der äussern, festen Rindenteile führen und aus der Geosynklinale entsteht eine Überschiebungszone der Kontinentalplatten. Bei fortgesetztem Untereinanderschieben der letztern werden auf der tauchenden Seite so gewaltige Abschürfungsgebirge aufgehäuft, dass erst weit von der eigentlichen Dislokation weg wieder normale isostatische Verhältnisse erreicht werden (z. B. äusserer Jurarand-Locarno!). Im Alpengebirge komplizieren sich diese Erscheinungen ferner durch das Zusammenwirken wenigstens dreier Geosynklinalen — der ostalpinen, der penninischen und der helvetischen — und der dazwischen gewesenen Schwellen.

Die isostatischen Dislokationen betreffen sowohl die auflagernden Gebirgsteile als auch die darunter liegenden Kontinentalplatten; sie sind gewissermassen autochthon, wenn auch durch allochthone Vorgänge bedingt. Sie bilden wohl eine Gruppe der sog. epirogenetischen Vorgänge. Beide Bezeichnungen sind aber ungenau. Man bezeichnet sie wohl am zutreffendsten wie bisher als isostatische.

c) Eine zweite Art isostatischer Vorgänge wirkt in entgegengesetztem Sinn. Durch Denudation werden von den aufgehäuften Gebirgen ganz riesige Beträge zerstört und weggeführt. Die daraus resultierende Entlastung muss zu einer

Hebung der Kontinentalplatte führen. Leider sind die beiden Arten Isostasie, die eine durch Belastung und die andere durch Entlastung entstanden, tektonisch wohl kaum je im Gebirgsbau sicher nachzuweisen. Darum werden sie auch in der alpinen Literatur selten erwähnt, trotz ihrer zweifellos bedeutenden Wirkungen.

d) Am ehesten lassen sich einige diluviale Dislokationen als teilweise isostatisch auffassen. Es ist nicht ausgeschlossen — wie übrigens schon von andern Autoren betont wurde —, dass bei der Verstellung der Alpen gegenüber dem Mittelland nach der grossen Mindel-Riss-Interglacialzeit die gewaltigen Eismassen des lang andauernden Kander-Rissvorstosses¹⁾ (Entstehung der echten Hochterrasse) isostatisch mitgewirkt haben. Die dem Schwinden der Rissgletscher nachfolgende Erosionsphase, die dem Thunersee ein Niveau von ca. 480 m Meereshöhe (gegenüber ca. 630 m zwischen Kander-Riss- und Glütsch-Rissvorstoss) gab, weist auf eine wieder einsetzende Hebung hin; die Aufschüttungen der Würmeiszeit (3—4 Schotter und 4 Moränen abwechselnd übereinander gelagert!) deuten eher eine relative Senkung an. Die allochthone Vorwärtsbewegung allein hat Mühe, diese Niveauschwankungen zu erklären, die vielleicht Konjunkturen der beiden Einflüsse entsprangen.

4. *Über die ungleiche Hebung von Gebirgstheilen auf allochthonem Wege.*

Die eben angeschnittene Frage besitzt noch eine ganz spezielle Bedeutung für das Verständnis der nördlichen Hochalpenkette: Wie ist es möglich, dass bei einem so gleichmässigen Vorschieben eines keilförmigen Gebirges mit gleichmässiger Oberfläche (molassisches Flussystem!) unregelmässige Höhen entstanden, die zur Ausbildung der nördlichen Hochalpenkette führten? Auf sie wurde von Geographen und Geologen, gestützt auf ihre Untersuchungen der alpinen Gipfelflur und verwandter Erscheinungen, mehrfach hingewiesen. Doch ersetzte meist die unbestimmte Bezeichnung „Hebung“ die genauere Einordnung in den Mechanismus der Alpen.

Zur Erklärung der in der Längsrichtung auftauchenden Überhöhung können wenigstens drei Momente herangezogen werden.

¹⁾ In den „Grundzügen der Talbildung im Berner Oberland“ als Kandereiszeit bezeichnet. Seither als erste Phase der Risseiszeit erkannt. Der Glütschvorstoss entspricht der grössten Vergletscherung.

a) Der wandernde, nach W und NW abgedachte Keil kann mit seiner Gleitschicht auf eine so *steil entgegengesetzt geneigte* Partie der *Kontinentalplatte* hinaufgeschoben werden, dass seine Oberfläche über dieser Zone rückläufig wird. Auf solche Verhältnisse weist besonders die enge Scharung der Isogammen der Schwerekarte von der Simme bis zum Unterbruch an der französischen Grenze hin. Eine derartige Steilstufe könnte konstant sein. Dann müsste sie ihren Charakter von jeher dem Flusssystem aufgeprägt haben, was nicht der Fall ist.

b) Schon vorhandene oder neu entstehende (siehe unten c!) Ungleichheiten in der Mächtigkeit des wandernden Keils sind imstande, *isostatische Vorgänge*, welche die Oberfläche zur Rückläufigkeit umgestalten, auslösen. Vielleicht gehört die eben unter a) erwähnte junge Steilstufe dahin.

c) Drittens lässt sich die Bewegung des Keils nicht wohl ohne *Stauungserscheinungen* vorstellen, veranlasst durch den Reibungswiderstand des Untergrundes (unregelmässige Ausbildung desselben, starke Böschungen wie die oben angedeuteten) und die regional wechselnde Zusammensetzung des Keiles selbst. Die heute aufgeschlossene Einzeltektonik mit ihren Einwicklungen, Ausquetschungen, Stauchungen, Zerrungen usw. lehrt uns, dass die gesamte Vorwärtsbewegung des wandernden Keils als eine Art „Fliesen“ aufgefasst werden muss, dass sich, dank des nach der Tiefe und Breite gewaltigen Querschnittes, die tektonischen Elemente über- und nebeneinander verschoben, wenn sie von ungleichen „Strömungen“ erfasst wurden. Eine Anreicherung starrer, „schollen“ähnlicher Glieder musste ebenfalls eher zu Anhäufungen und damit zu Überhöhungen Anlass geben als geschmeidige Decken. Nun setzt die nördliche Hochalpenkette dort an, wo nach den Isogammen das Gegengefälle der Kontinentalplatte kräftig beginnt und somit Reibung und Stauung am stärksten einsetzen. Dem grossen Querschnitt entsprechend ist die Zone der höchsten Wirkung über diese Linie hinaus nach N verschoben. Ihre höchsten Partien aber erheben sich dort, wo auch noch mehrere Massivglieder sich hintereinander anordnen (Aiguilles-Rouges-Mt. Blanc-Mt. Chétif; Aarmassiv-Gotthardmassiv).

In der Gebirgsbildung wirkten die drei Einflüsse und vermutlich noch andere, weniger leicht erkennbare, zusammen, um die heute sichtbaren Verhältnisse zu erzeugen. Wären ihre Ursachen konstant, so müssten es auch ihre Wirkungen sein, solange sich der Keil bewegt.

Die Paläomorphologie und die Geologie der Molasse sprechen aber dafür, dass diese Erhebung verhältnismässig jung, jedenfalls postmolassisch ist, sonst wären die nach N und NW gerichteten molassischen Talanlagen unverständlich. Vielleicht ist die rückläufige Zone auch noch relativ zum Keil gewandert. Geschah dieses Wandern langsam, so vermochte sich das darüber ausgebildete Flusssystem zu behaupten, geschah es aber rasch, so wurde letzteres unterbrochen, wie es tatsächlich bei den meisten Tälern der Massivzone der Fall ist (Saane, Simme, Kander, Lütchine, Aare?, Linth). Es formten sich dann nach und nach Längstäler gegen die tiefsten Stellen, resp. die persistierenden Flüsse (Rhone, Reuss, Rhein) hin. Die konsequente Talbildung wurde grossenteils durch subsequeute ersetzt. Am Alpenrelief lassen sich stellenweise leicht die verschiedenen Phasen (molassische, subsequeute und gemischte) auseinanderhalten. Die kräftigsten und vielleicht auch geologisch begünstigten Abflüsse (Rhone und Rhein) machten sich nach und nach die Längtalstücke am Südrand der Erhebung tributär. Die Rhone leitete beispielsweise sukzessive die Borgne (-Saane), die Navizence (-Simme), den Turtmännerbach (-Kander), die Visp (Lütchine) und endlich den Oberlauf der Aare (eventuell zeitweilig der Reuss tributär?) ab, verlor dagegen den Oberlauf der Arve im Tal von Chamonix. Wie man aus der Höhe der Passtäler schliessen kann, hatte sich die Mittelgruppe (Navizence-Visp) schon vorher zusammengeschlossen und über die Gemmi entwässert.

Es ist aber auch möglich, dass erst in der heutigen Massivzone und erst verhältnismässig spät die oben erwähnte Rückläufigkeit entstand, weil vorher unter den südlicher auftretenden Verhältnissen Keil und Gleitfläche zusammen stetsfort eine nach aussen gerichtete kontinuierliche Abdachung erzeugten. Ob der Verlust grosser Einzugsgebiete an die Flüsse Dora Baltea, Toce, Tessin und Adda nicht auch teilweise derartigen, örtlich ausgebildeten Vorgängen zuzuschreiben ist?

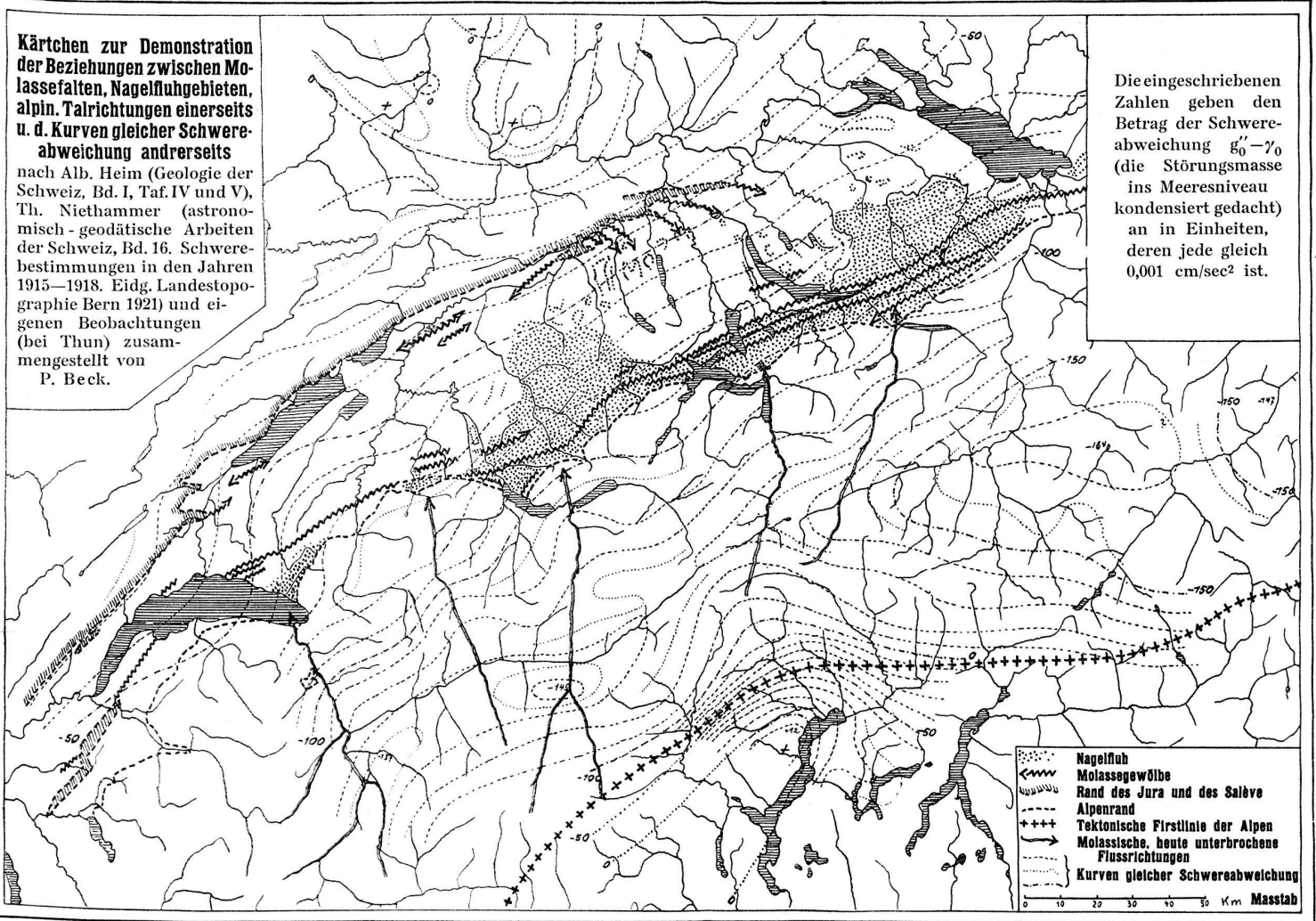
* * *

Langjährige tektonische und morphologische Arbeiten zwischen der mittelländischen Molasse und dem Aarmassiv erzeugten in mir das Bedürfnis, ausser den als ungenügend empfundenen allgemein bekannten geologischen Beziehungen neue zu suchen. Der Rahmen der vorliegenden vorläufigen Mitteilung ist zu eng, um die zahllosen unwichtigern, weitem Gründe und übereinstimmenden Konsequenzen auch nur anzudeuten. Doch waren sie mitbestimmend, dass ich diese Publi-

Kärtchen zur Demonstration der Beziehungen zwischen Molassefalten, Nagelfluhgebieten, alpin. Talrichtungen einerseits u. d. Kurven gleicher Schwereabweichung andererseits

nach Alb. Heim (Geologie der Schweiz, Bd. I, Taf. IV und V), Th. Niethammer (astronomisch-geodätische Arbeiten der Schweiz, Bd. 16. Schwerebestimmungen in den Jahren 1915—1918. Eidg. Landestopographie Bern 1921) und eigenen Beobachtungen (bei Thun) zusammengestellt von P. Beck.

Die eingeschriebenen Zahlen geben den Betrag der Schwereabweichung $g_0'' - \gamma_0$ (die Störungsmasse ins Meeresniveau kondensiert gedacht) an in Einheiten, deren jede gleich 0,001 cm/sec² ist.



- Nagelfluh
- Molassefalten
- Rand des Jura und des Salève
- Alpenrand
- Tektonische Firstlinie der Alpen
- Molassische, heute unterbrochene Flussrichtungen
- Kurven gleicher Schwereabweichung

kation wagte. Die obigen Ausführungen betreffen teilweise Fragen, die bis jetzt wenig diskutiert wurden und doch nach irgend einer Richtung abgeklärt werden sollten. Die zusammenfassende geologische Durcharbeitung des Alpenrandgebietes am Thunersee verlangt dringend nach neuen Arbeitshypothesen. Leider bin ich ausserstande, sie in ihrem ganzen Umfange selbst nachzuprüfen. Mögen sie daher auch in andern Teilen der Schweiz berücksichtigt werden, damit sich ihre Brauchbarkeit bald entscheide.

Manuskript eingegangen am 14. September 1921.

Nachschrift. Die soeben durch E. BAUMBERGER in Basel ausgeführte Bestimmung einiger Fossilien aus dem Bresseren-graben (Eriz), einer Fundstelle, die ich letzten Sommer entdeckte und gemeinsam mit A. JEANNET in Neuenburg ausbeutete, beweist die grosse Mächtigkeit der Stampienschichten am Thunersee. Sie beträgt zwischen den Fundorten Losenegg und Bresseren-graben ca 2000 m, mit den beidseitig dazugehörigen Bildungen ca 2700 m. Gegen den See hin schwillt der Komplex durch vermehrte Nagelfluheinlagerung auf ca. 3700 m an, alles *Mittel- und Oberstampien*, höchstens noch etwas unteres Aquitan dabei (E. BAUMBERGER). Diese für den Alpenrand wohl zum ersten Mal sicher nachgewiesene Mächtigkeit einer limnoterrestren Molassestufe bildet einen wichtigen Beweis für die grosse Rolle, welche die Molassebildung im Allgemeinen und die Nagelfluhzentren im Besondern in der Nähe des Alpenrandes spielen. Die oben dargelegte ursächliche Verknüpfung dieser Bildungen mit den Anomalien der Schwerekarte erhält dadurch nachträglich eine wichtige Bestätigung. Wenn aber eine einzige Molassestufe alpenwärts solche Mächtigkeiten erreicht, so kann fast das ganze Schweredefekt (siehe pag. 105) der vielleicht 8 — 10 000 m dicken Molassebildung zugeschrieben werden.

Thun, 7. Juni 1922.
