

Gebirgsbau und Oberflächenform der Alpen.

Von Dr. Walter Schmidt, Leoben.

In der Arbeit „Zur Phasenfolge im Ostalpenbau“, Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 1922, ist von mir die Anschauung ausgesprochen worden, daß die Scholle der Ötztaler Masse durch eine Jungüberschiebung an ihren Platz gebracht worden sei, den ganzen Ostalpenbau, Pennin und Ostalpin unter sich begrabend. Ich stützte mich dabei auf Vorstellungen, die von Sander in der Arbeit „Zur Geologie der Zentralalpen“, Jahrbuch der Geologischen Staatsanstalt 1921 über diesen Punkt ausgesprochen worden sind.

In einer Diskussion hierüber wurde daraus die Folgerung gezogen, daß ich annehmen müsse, es sei zu dieser Zeit, also etwa im Jungmiozän, schon das Tauernfenster durch Abtragung geöffnet gewesen. Es fehlen nämlich nach Sander die unterostalpinen Pinzgauer Phyllite zwischen Pennin und Ötztaler Masse über dem Scheitel der Tauern; die Leitlinien des Tauernfensters schmiegen sich an der Brennergrenze nicht um das Fenster herum, sondern kriechen unter die Ötztaler Masse hinein.

Ich habe in dieser Frage keinen Einwurf gegen meine Anschauungen gesehen, denn mit diesem Befunde muß sich jede Auflösung des Baues abfinden: eine Synthese nach einfachem Deckenbau wird hier wahrscheinlich annehmen, daß der Pinzgauer Phyllit hier tektonisch entfernt ist, ein Weg, den auch ich begehen könnte.

Und doch hat die Anfrage das Wesentliche meiner Anschauung getroffen, daß das Fehlen des Unterostalpins hier hauptsächlich auf Erosion vor der Zeit der Ötztaler Phase zurückzuführen ist, daß schon zur Zeit der Jungphase der Erosionsabtrag des Alpenbaues so weit war, daß diese Bewegungen schon mit der Erosionsoberfläche zu tun haben.

Es beleuchtet diese Anschauung einen der schärfsten Gegensätze zwischen zwei Wissenschaften, der Tektonik und der Morphologie.

Beide kommen zu Vorstellungen über die Oberflächenformen unseres Gebirges für die Zwischenzeit von der Entstehung bis jetzt. Die eine aber von vorne, die andere von hinten her. Die eine, indem sie, von der durch den Bau gegebenen Urform ausgehend, die Abwandlungen dieser sich im Geiste nachzuschaffen sich bemüht, die andere, indem sie, von den jetzigen Formen ausgehend, ihre Vorläufer daraus ableitet. Die Geologie lehrt insbesondere die riesenhaften Gesteinsmassen kennen, die oberhalb der jetzigen Oberfläche ehemals gelegen haben müssen; und es ist ein begreifliches Bestreben, für diese ungeheueren Abtragsarbeit möglichst viel Zeit zur Verfügung zu haben, den Erosionsvorgang möglichst zu verteilen. Daraus folgt aber auch die Vorstellung, daß für verhältnismäßig frühe Zeit auch die Gebirgsoberfläche noch hoch über der jetzigen angenommen wird.

Die Morphologie wiederum erkennt in der jetzigen Oberfläche Teile, Altformen, die als Reste früherer Oberflächen anzusprechen sind; wir können sie für unsere Zwecke genügend genau als Endformen von Zyklen im Sinne von Davis beschreiben, andere noch frühere Altformen erschließt sie aus auffälligen Beeinflussungen, welche diese auf die Gestaltung der jetzigen Oberfläche, besonders ihres Flußverlaufes, ausüben.

Es lassen sich oft mehrere Zyklen feststellen, die sich sämtlich vor der Eiszeit abgespielt haben müssen. Bei der Unkenntnis der Zeit, die ein einzelner solcher Zyklus zum Ablauf benötigt, ist ebenso wie früher das Bestreben verständlich, für die einzelnen Zyklen möglichst viel Zeit zur Verfügung zu stellen, sie möglichst weit zurückzuverlegen.

Daraus ergibt sich nun ein fortwährender Anlaß zum Gegensatz zwischen beiden Forschungsrichtungen, da die eine für dieselbe Zeit schon weitgehenden Abtrag und für die Entwicklung eines weitgehenden Zyklus notwendige tektonische Ruhe verlangt, wo die andere womöglich noch gewaltige tektonische Bewegungen bei mächtiger Überlagerung fordern will.

Es ist nun bezeichnend, daß ich, der ich in genannter Arbeit bei meiner Bestimmung für das Alter der Ötztaler Überschiebung wesentlich von morphologischen Kennzeichen ausgegangen bin, nämlich vom Verhalten der Scholle zu den Längstallinien zu einem Resultat gekommen bin, das mich in diesem Zwiespalt auf die Seite der Morphologen stellt.

Der Gegensatz zwischen beiden Anschauungen wird besonders klar, wenn man die Darstellung der Geschichte der Entwicklung von Bau und Oberflächenform der Alpen in Heims „Geologie der Schweiz“ mit den Werken der Morphologen vergleicht, von denen ich nur für einige in der Lage bin, genauer auf die Ansichten einzugehen:

H. v. Staff, „Morphologie der Präglaziallandschaft in den westlichen Schweizer Alpen.“ Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 1912.

Lautensach, „Präglaziales Aussehen der Alpen.“ Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin 1913.

Machatschek, „Vererbnungsflächen und junge Krustenbewegungen im alpinen Gebirgssystem.“ Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin 1916.

Penck-Brückner, „Alpen im Eiszeitalter.“

Klehelberg, „Die Haupt-Oberflächensysteme der Ostalpen.“ Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 1922.

F. Leyden, „Die Entwicklung der Alpen zum Hochgebirge.“ Geologische Rundschau, 13, 1922.

Bei Heim lebt das Gebirge. Bis in die jüngste Zeit vor der Eiszeit gehen gewaltige gebirgsbildende Bewegungen vor sich, gleichzeitig erfolgt der Abtrag der so aufgetürmten Massen, die Ausbildung der Bergformen aus dem Deckenstoß. Die Formen und Bahnen, in denen sich der Abtrag jetzt vollzieht, zeigen keine Verbindung mit dem geologischen Bau des Gebirges, in dem er umgeht, sie sind ein Erbe aus einer früheren Zeit. Und zwar ist nach ihm die Uroberfläche des eben entstandenen Deckenstoßes jene Fläche, die den Bahnen des Abtrages die Wege wies, die dann trotz aller Formänderungen des Gebirges sich durchgesetzt haben (Heim „Geologie der Schweiz“, II 65 ff. und II, 882).

Die Unvereinbarkeit der jetzigen Oberfläche mit dem inneren Bau ist auch eine Grunderkenntnis, aus der die Morphologie heraus arbeitet, auch für sie muß sie ein Erbe aus einer früheren herrschenden Fläche sein, doch sieht sie in dieser nicht die tektonische Urfläche, sondern eine durch weitgehenden Abtrag aus dem Urbau geschnittene Oberfläche, auf der die Merkmale des tektonischen Baues schon weitgehend ausgefüllt sind.

Bezüglich der Arbeit H. v. Staffs muß bemerkt werden, daß sie sich strenge an den Davisschen Zyklus hält, woher auch seine Vorliebe für die weitgehende Einebnung, die „*penepain*“, stammt.

Er kommt zu dieser Vorstellung weitestgehender Einebnung aus der Konstanz der Gipfelhöhen her, die er auf diese Weise erklärt, und er verwendet daher andererseits diese Erscheinung wieder, um aus ihr die Existenz der Verebnung und ihrer nachträglichen Verstaltungen in den verschiedenen Gebieten nachzuweisen.

Nachdem aber erkannt ist, daß eine frühere Einebnung nicht die einzige Ursache sein muß, die eine derartige Regelung der Gipfelhöhen erzeugen kann (siehe Penck, „Die Gipfelflur der Alpen.“ Sitzungsbericht der preußischen Akademie der Wissenschaften 1919), so sind die daraus gezogenen Beweisgründe aus der Arbeit zu streichen; es bleiben aber immerhin noch genügend der Erkenntnis wertige Anschauungen darin enthalten.

In der jüngsten Arbeit Klebelsbergs findet sich eine Darstellung der Formengeschichte der Ostalpen. Er findet in den Landschaftsformen Altreste, die er in mehrere Systeme früherer Oberflächen einordnen kann, die jeweils als Endformen eines Zyklus erscheinen. Er führt in diesem Sinne ein altmiozänes und ein altpliozänes Oberflächensystem vor; wir werden uns mit der Altersbestimmung noch zu befassen haben.

Es liegen scheinbar in den Ostalpen die Verhältnisse zur Erhaltung der Altformen viel günstiger, deshalb hat auch die Deckenlehre hier auf die Möglichkeit frühzeitigen weitgehenden Abtrages viel mehr Rücksicht genommen, als es zum Beispiel in der „Geologie der Schweiz“ geschah (Kober „Über Bau und Entstehung der Ostalpen“. Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft, Wien 1912; Kober, „Bau der Erde“). Allerdings ist Kober hier in einer bedeutend leichteren Lage als Heim, da er die Hauptgebirgsbildung der Ostalpen, die Überschiebung der ostalpinen Decken über die penninischen, in die Kreidezeit verlegt, also die Zeit für den Abtrag leicht zur Verfügung hat.

Wenn ich im folgenden versuche, eine Einigung der beiden Forschungsrichtungen herbeizuführen, so geschieht dies deshalb, weil ich die Verpflichtung fühle, mich mit dieser Fragen auseinanderzusetzen. Denn ich bin in der genannten Arbeit sowohl mit den Anschauungen der Tektonik wegen Betonung des frühzeitigen Abtrages des Deckenbaues als auch mit der Morphologie wegen der Betonung des tertiären Alters des Deckenbaues und der Aufstellung von jungen weitgehenden Bewegungen in den Ostalpen in Widerspruch gekommen.

Es ist klar, daß dieser Versuch mehr zur Form von Fragen und Anregungen als zu fertigen Ergebnissen führen wird. Wir wollen unter-

suchen, welche Gründe dafür sprechen, daß frühzeitig schon ein Großteil des Abtrages des Alpenbaues vollendet war. Es wäre erwünscht, daß wir diese Feststellung für die kritische Zeit, um die es sich im Kampfe der Meinungen dreht, nämlich etwa für das ältere Miozän, erzielen könnten. Es handelt sich hierbei nicht um die Lage der Erdoberfläche zum jeweiligen Meeresspiegel, sondern um die Lage der früheren Oberflächen zur jetzigen, um die Mengen Gesteins, die zwischen den einzelnen Oberflächen entfernt wurden.

Es sind zwei Wege, auf denen wir die Lage einer früheren Erdoberfläche zur jetzigen feststellen können.

Der erste Weg ist dort gangbar, wo die frühere Landfläche so tief liegt, daß sie die jetzige sogar schneidet. Dieser Fall ist dadurch sehr willkommen, daß er oft auch Gelegenheit bietet, Sedimente der früheren zu finden und dadurch eine zeitliche Einordnung der Entstehung zu erzielen.

Die andere Beweisführung ist indirekt, indem man nachzuweisen versucht, daß das Flußnetz eines Gebietes in seiner Anlage das Erbe einer früheren Fläche darstellt, die selbst durch den Abtrag schon ganz vernichtet ist. Dabei ist der Nachweis zu erbringen, daß diese beherrschende Fläche nicht die Uroberfläche ist, was nur durch Negativbeweis möglich ist, indem man zu zeigen hat, daß diese beherrschende Fläche Eigenschaften gehabt haben muß, die der tektonischen Uroberfläche nicht zugekommen sein können. Es liegt darin eine Schwäche der Beweisführung. Außerdem ist auch anderweitig dieser Weg nicht so ergiebig wie der erste; einmal ist es nicht möglich zu sagen, wie hoch die so erschlossene Altfläche über der jetzigen Landfläche gelegen war, wir können nur angenäherte Schlüsse aus der Treue, mit der ein Erbe aus der einen auf die andere übertragen wurde, auf die Menge des zwischen beiden abgetragenen Gesteines machen. Denn die Wahrscheinlichkeit eines Abspringens eines Flusses aus einer einmal vorgegebenen Richtung wird um so größer sein, je weiter er sich durch Einschneiden von der Bezugsfläche entfernt hat.

Dann ist auch auf diesem Wege eine Altersbestimmung der so verschlossenen Fläche nur auf Umwegen möglich.

Die Altmiozanfläche des Ostens.

Für das Ostende des Alpenstammes ist uns der erste Weg gangbar. Durch viele Forschungsarbeiten ist hier die Auflagerung des Jungtertiärs auf das Gebirge festgestellt worden. Ich nenne:

Österreich, „Ein alpines Längstal zur Tertiärzeit“, Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt 1899.

Göttinger, „Über Alter und Entstehung der Oberflächenformen in den niederösterreichischen Kalkalpen“. Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft Wien 1913.

Stiny und Gaulhofer, „Die Parschluger Senke“. Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft Wien 1912.

Winkler, „Untersuchungen zur Geologie und Palaontologie des steirischen Tertiärs“. Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt 1913.

Winkler, „Über alttertiäre Sedimentation und Tektonik am Ostrande der Zentralalpen“. Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft Wien 1914.

Hahn, „Grundzüge des Baues der nördlichen Kalkalpen“. Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft Wien 1913.

Petraschek, „Tektonische Untersuchungen am Alpen- und Karpathenrande“
Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt 1920.

Sölch, „Das Grazer Hügelland“. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften
Wien 1921.

Stiny, „Beziehungen zwischen Talnetz und Gebirgsbau in Steiermark“. Sitzungs-
berichte der Akademie der Wissenschaften Wien 1922.

Aigner, „Geomorphologische Studien über die Alpen am Rande der Grazer Bucht“.
Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt 1916.

Hilber, „Die Taltreppe“. Graz.

Sölch, „Epigenetische Erosion und Denudation“. Geologische Rundschau, 9.

Geyer, „Über den geologischen Bau der Warscheneckgruppe im Toten Gebirge“.
Verhandlungen der Geologischen Reichsanstalt 1913.

Krebs, „Länderkunde der österreichischen Alpen“.

Wir finden hier am Ostende des Alpenstammes noch Teile der
altmiozänen Abtragsfläche der Alpen erhalten, und zwar zum Teil mit
den Sedimenten darauf, wodurch ihr Alter feststellbar ist. So sehen
wir am ganzen Ostsaume diese Fläche nach Osten hinabtauchend. Die
Auflagerungen sind zunächst teilweise kohleführende Süßwasserschichten,
teilweise und mit diesen wechselnd grobblockige Konglomerate, anzeigend,
daß aus einer naheliegenden Steilstufe kurze Gerinne ihre Gerölle in
die Senke schoben: Sinnersdorfer und Radlkonglomerat.

Diese Miozänfläche ist auch im Innern der Alpen als Auflagerungs-
fläche des Altmiozäns zu sehen, im Klagenfurter Becken, im Lavanttale,
im Mur-Mürztale und im Ennstale. Die erste Auflagerung führt in der
Regel feinkörnige tonige Sedimente mit Kohlen, anzeigend, daß damals
sanft ausgebildete Flächen die Umgebung beherrschten. Nur die Tertiär-
vorkommen von Wagrain im Ennstale zeigen in den glimmerreichen
kohleführenden Tonen eine bedeutende Einstreu von wohlgerundeten
Quarzgeröllen.

So sicher unter den genannten Vorkommen die altmiozäne Abtrags-
fläche erhalten ist, so ist sie für uns doch aus dem Grunde nicht un-
mittelbar verwendbar, weil sie deutlich erkennen läßt, daß sie nach-
träglich verstellt ist. Wenn sie mit der jetzigen Erdoberfläche zum
Schnitte kommt, so braucht dies nicht deswegen zu geschehen, weil
sie ursprünglich in so geringer Höhe über ihr angelegt war, sondern
vielleicht deswegen, weil sie durch die Verstellungen so tief versenkt
wurde.

Wenn zum Beispiel die Fohnsdorfer Kohle bis 1200 *m* unter die
Talsole reicht in einem Becken umgeben von Bergen bis 2400 *m* Höhe,
wenn die Leobener Tertiärbildungen von 1000 *m* bis unter die Talsole
reichen, ähnliche Angaben für die meisten dieser Tertiärgebiete gemacht
werden können, so sieht man, daß mit Verstellungen bis zu einigen
tausend Metern Sprunghöhe gerechnet werden kann.

Immerhin ist die Erkenntnis aus diesen Gebieten wertvoll, daß die
Fazies der Ablagerungen für eine weitgehende Verebnung des damaligen
Reliefs spricht.

Ausschlaggebender sind aber für uns die Fälle, wo in Gipfelregionen
der derzeitigen Oberfläche Reste der Miozänfläche erhalten sind, wo
also nicht angenommen werden kann, daß sie einer späteren Versenkung
ihre Erhaltung verdanken.

Ich möchte hier auf das nach Osten abfallende Pult der Koralpe hinweisen (siehe Winkler), das sich so schön in die Auflagerungsfläche des Tertiärs im Osten davon einfügt, daß angenommen werden kann, daß die Alttertiärfläche sich auch in der Gipfelregion nicht viel über die jetzige erhob.

Ein anderer derartiger Fall sind die bekannten Augensteinfelder der nördlichen Kalkalpen (siehe Götzinger, Geyer, Hahn).

Ich möchte nicht die jetzt sichtbaren Formen der Kalkhochflächen als die altmiozänen Abtragsflächen selbst hinstellen. Die großen jüngeren Kalkalpenschuttmassen im Mur-Mürztale sprechen noch für spätere Abtragsarbeit. Aber groß kann diese nachträgliche Erniedrigung nicht gewesen sein, sonst wäre die Erhaltung der Reste des losen Schotter aus der früheren Zeit auf diesen Flächen nicht möglich.

Die Ausgangsform der Schotter stelle ich mir als ein Sediment wie das Wagreiner Tertiär vor. Die Ähnlichkeit der dem dortigen Ton eingelagerten Quarzgerölle mit Augensteinen ist, was Stoff, Rundung und Oberflächenbeschaffenheit anbelangt, wirklich auffällig. Ich stelle mir daher die Augensteinvorkommen als bei der Ausschwemmung solcher geröllführender Tone zurückgebliebene Reste vor (Mojsisovics. Erläuterungen zur geologischen Karte, Ischl, Hallstatt 1905).

Daß der Ausbildung dieser Miozänoberfläche ein wesentlicher Abtrag vorausgegangen sein muß, läßt sich besonders aus den Ergebnissen Ampferers herleiten („Beitrag zur Geologie der Ennstaler Alpen“, Jahrbuch der Geologischen Staatsanstalt 1921), wo nachgewiesen wird, daß noch höhere tektonische Einheiten über den Stöcken lagen, von denen nur mehr kleine Reste dem Abtrag entgangen sind.

So lassen sich im Osten unmittelbare Erkenntnisse über die Gestaltung der Alpen zur Altmiozänzeit gewinnen. Eine Abtragsfläche mit sanften Formen hat den tektonischen Bau schon bis nahe an die jetzige Form gekappt.

Gegen Westen lassen diese Erkenntnisse aus. Ich muß annehmen, daß sich die Altmiozänfläche auf größeren Abstand gegen die jetzige und noch über die Gipfelregionen der Hochgebirge erhebt.

Es sind auch aus diesem Gebiet Altformen bekannt. Klebelsberg („Die Hauptoberflächensysteme der Ostalpen“, Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 1922) stellt eine Reihenfolge der dort erkennbaren verschieden alten Oberflächen auf.

So unterscheidet er neben dem Hochgebirge eine altmiozäne und eine altpliozäne Form als wesentliche alte Teile des alpinen Formbestandes.

Wir müssen daher untersuchen, ob die Altmiozänfläche Klebelsbergs die von uns im Osten festgestellte altmiozäne Abtragsfläche sein kann.

Klebelsberg scheidet den Anteil des Hochgebirges gesondert aus, der als Rest einer früheren Zeit von der jeweiligen Oberflächenumformung nicht restlos der anderen Gestaltung eingefügt werden konnte. Es ist diese Ausscheidung des Hochgebirges einerseits eine sehr glückliche, sie betont aufs beste einen der auffälligsten Formgegensätze. Doch muß darauf hingewiesen werden, daß das Hochgebirge jeweils

auch ein Teil der betreffenden Altfläche war, daß in jedem der Zyklen auch es seine entsprechende Umgestaltung erhielt.

Entwerfen wir uns das Bild der Altmiozänfläche, zu dem Klebelsberg, ausgehend von dem Gebirge südlich von Innsbruck, gelangt. Zu dieser Zeit ist vielleicht das erstmal die Scheidung von Hochgebirge und Vorgebirge im Inneren unserer Alpen vollzogen.

Inselartig erheben sich mit wahrscheinlich kuppig gerundeten Höhen die Massen, aus denen nachmals die Grate und Spitzen unseres Hochgebirges geschnitten wurden, und diese Inseln sind umzogen von tieferen Formen mit sanften Wellen, wie sie jetzt in den Vorbergen der Zentralalpen noch vielfach schön erhalten sind, und diese Senken haben deutlich schon den Verlauf, dem auch die heutige Entwässerung folgt.

Zur Feststellung des Alters verfolgt Klebelsberg diese Altform durch Südtirol (Klebelsberg, „Südtiroler geomorphologische Studien“, Zeitschrift des Ferdinandeums, Innsbruck 1922);

Klebelsberg, „Zur Morphologie der Lessinischen Alpen“; Levy, „Ostapine Formenstudien“, 3/1, 1922).

Er kann sie weiter durch das Pustertal verfolgen auf das Ostende der Tauern (N. Creutzburg, „Die Ankogelgruppe“; Levy, „Ostalpine Formenstudien“, 2/1, 1921).

Derselbe Formenschatz zieht dann weiter nach Osten, hier im wesentlichen aufgedeckt durch die Arbeiten Slanars („Geomorphologische Probleme der östlichen Zentralalpen“, Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft Wien, 1916), und neuerdings durch die Arbeit Aigners („Geomorphologische Beobachtungen in den Gurktaler Alpen“, Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften, Wien, 1922.)

Wir finden hier dieselben Formgegensätze wie im Westen wieder. Ein Hochgebirge, in einzelnen Inseln erhalten, hier nur mehr teilweise glazial ausgestaltet, und rings um diese Inseln das ehemalige Vorgebirge, in einzelnen breiten Auslaufrücken sich verflachend. Diesen selben Typus finden wir aber bis in den äußersten Osten, auch hier haben wir mit scharfer Abgrenzung das Hochgebirge, in dem Falle aber ohne glaziale Umformung, Gleinalpe usw., und vor ihnen wieder das Mittelgebirge, die weiten Senken zwischen diesen Inseln mit seinem Gewelle ausfüllend.

Diese Altfläche des Mittelgebirges ist aber jünger als das Altmiozän, sie kappt nicht bloß die altmiozänen Braunkohlenablagerungen, sondern auch die jüngeren Konglomeratmassen, die über diesen abgelagert sind.

Es hat allerdings diese Beweisführung eine Lücke, es steht nicht über jeden Zweifel erhaben, daß diese kappenden Flächen des Ostens nicht einem jüngeren System angehören.

Es sei daher noch auf andere Unstimmigkeiten, die sich aus Klebelsbergs Auffassung ergeben, hingewiesen.

Das Altmiozän hat in den Zentralalpen, wie schon oben betont, starke Störungen im Ausmaße von wahrscheinlich mehreren tausend Metern Sprunghöhe erlitten, nicht so die in Rede stehende Verebnungsfläche, von der er selbst angibt, daß im Bereiche der westlichen Zentralalpen Verstellungen bisher nicht mit Sicherheit angegeben werden können. Im Osten sind schärfere Einblicke gestattet, hier kann man

auch Verstellungen dieser Fläche feststellen, doch halten sie sich in der Verstellhöhe weit unter dem Ausmaße der Miozänverstellungen, so daß die Aufeinanderbeziehung der einzelnen Flächenreste zu einem Körper nach der Höhe mit einer Streuung von nur einigen hundert Metern befriedigend möglich ist. Die Möglichkeit, die Kohlenflötze der verschiedenen Alttertiärvorkommen hier nach der Höhenlage aufeinander beziehen zu können, wäre ein sehnlicher Wunsch des Bergbaues, aber die Erfahrungen über Verwerfungshöhen schließt dies vollkommen aus.

Ferner sei darauf hingewiesen, daß die Altfläche Klebelsbergs im wesentlichen schon die Abflußwege der Jetztzeit weist.

Die Altmiozänfläche dagegen hatte ein grundsätzlich anderes Talnetz, aus ihr wurde ja der Schutt der Zentralalpen nach Norden hinaus über die Kalkhochflächen gestreut. Erst später sehen wir die Umlenkung des Flußnetzes, die dann die großen Kalkschuttkegel im Murtales schuf.

Ich komme daher zu dem Schlusse, daß das altmiozäne Oberflächensystem Klebelsbergs wesentlich jünger ist, als er annimmt, und verweise in der Sache auf den ganz ähnlichen Meinungsgegensatz, in dem er sich Brückner und Koßmat gegenüber befindet, die beide auch Hochflächen in den Julischen Alpen in das pontische System einbeziehen, während Klebelsberg sie als altmiozän ansehen will.

Gleicherweise stellt auch Leyden die Altfläche Klebelsbergs nicht der Dürrensteinphase, der Augensteinphase an die Seite, sondern der Eckenbergphase.

Auch ich bin geneigt, diese Altformen Klebelsbergs als etwa pontisch anzusehen.

Nichtsdestoweniger bin ich überzeugt, daß diesem System auch in den westlichen Ostalpen ein etwa im Altmiozän abgeschlossener Zyklus weitgehender Abtragung vorangegangen ist.

Altatrag im westlichen Teile der Alpen.

Nur am Ostende des Alpenstammes konnten wir die altmiozäne Abtragsfläche unmittelbar nachweisen; für den übrigen Teil läßt uns diese Beweisführung im Stiche, wir müssen den anderen Weg, den wir oben schilderten, gehen, aus dem Flußnetz Schlüsse auf die frühere Beschaffenheit der Oberfläche zu ziehen.

Eine Grunderkenntnis, in allen Darstellungen dieses Teiles der Alpen herrschend, ist die, daß in weiten Gebieten das Flußnetz unabhängig ist von dem Bau des Gebirges, in dem es gerade arbeitet; die Anlage des Flußnetzes ist ein „Erbe“ aus früherer Zeit, und wir müssen untersuchen, ob die Verteilung des Abflusses, wie er jetzt erfolgt, schon zu der Zeit erfolgte, wo der Deckenbau aufgerichtet wurde, oder ob eine spätere Abtragsfläche und deren Verstellung dies besorgte.

Das Flußnetz des mittleren Teiles der Alpen zeigt eine auffällige Regelung, das Beherrschende sind die Längstalzüge. Es ist dies ein höchst auffallendes Bündel von Kerben; eine Gruppe im Norden, schräg gegen Nordosten das Alpenstreich schneidend, Rhone-Rheinlinie, Innlinie, Salzach-Ennslinie, Mur-Mürzlinie. Im Süden eine durchlaufende Linie, die Veltlin-Draulinie (siehe später).

Nur die Rhone-Rheinlinie hat eine Lage, die vermuten ließe, daß sie durch den Deckenbau vorgezeichnet sei, sie verläuft ziemlich in der Lage der penninischen Hauptstirne. Die anderen laufen alle, ganz unbekümmert um den Deckenbau, aus einer tektonischen Einheit in die andere, sind also jünger als dieser. Ich glaube daher auch, daß die Rhone-Rheinlinie, die sonst sehr schön in das Bündel hineinpaßt, jünger ist und nur die gerade günstige tektonische Lage benützt hat.

Im Osten treten diese Linien nun mit Alttertiär in Verbindung: im Salzach-Ennstal, Mur-Mürztal und im Drautal. Hier ist die Entstehung dieser Kerben als altmiozän bestimmt. Daß ich dieses Alter auch für die übrigen dieser Linien annehme, ist in der Geschlossenheit der Gruppe begründet.

Man könnte die Gebundenheit des Ablaufes an diese Linien als Erbe bezeichnen, als Erbe aus der Zeit, in der zum ersten Male die Verwerfung Kerben in die damalige Landoberfläche schnitt, denen der Abfluß folgen mußte. Man könnte ferner folgern, die damaligen Formen seien so wenig ausgesprochen gewesen, daß ihnen gegenüber die Sprungkanten so bedeutend waren, daß diese allgemeine Umlenkung des Flußnetzes die Folge war. Es wäre damit eigentlich der Nachweis weitgehenden Abtrages der Alpen zu dieser Zeit erbracht.

Doch will ich diesen Weg nicht begehen.

Denn die Gebundenheit der Täler an diese Linien scheint mir nicht allein ein Erbe der damaligen Kerben in der Oberfläche, sondern auch durch andere, noch jetzt wirkende Ursachen bedingt zu sein.

Untersuchungen an Zersplitterungen der Mur-Mürzlinie („Zur Oberflächengestaltung der Umgebung Leobens“, Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften, Wien 1920) haben mich die außerordentliche Verdrückung der Gesteine im Zuge dieser Linien kennen gelehrt. In diesem Sinne wäre die Gebundenheit der Flüsse an sie als Subsequenz aufzufassen. Andererseits zeigt es sich, daß an diesen Linien vielfach auch jüngere Bewegungen auftraten, wodurch ihr Einfluß sich stets aufs neue geltend machte.

Wollen wir also diese Art Regelung nicht als Beweisgrund gelten lassen, so ist es rätlich, zunächst Gegenden aufzusuchen, wo der Einfluß dieser Linien fehlt.

Mit der Umbiegung der Alpen im Westen endet die Herrschaft der Tiefenlinien, endet die einheitliche Beanspruchung, die diese Formen hervorrief.

Das Talnetz im Westen bietet ein Bild völliger Ungebundenheit. Es hat seine Darstellung gefunden in den mir leider nicht zugänglichen Arbeiten Lugeons.

(„La loi des vallées transversales des Alpes occidentales“; „La histoire de la Isère“, Bull. de la soc. vaudoise sc. nat. 33, 1897.

„Recherches sur l'origine des vallées des alpes occidentales“, Ann. d. geogr. 10, 1901.)

Der Abfluß dieses Gebietes ist geteilt zwischen Po und Rhone. Die Wasserscheide verläuft äußerst wechsellvoll im Zickzack, unbekümmert um den geologischen Bau des Gebirges, einen langen Kampf beider Seiten mit verhältnismäßig gleichen Kräften anzeigend.

Die auffälligste Unabhängigkeit zeigt aber der Lauf der Flüsse gegen Westen, Isère, Arc, Romanche. Aus dem Gebiete des penninischen Deckenbaues kommend, schneidet jeder rücksichtslos durch das vorliegende herzynische Massiv der Belledonnekette durch, als ob diese gar keine andere Bedeutung hätte als die hinterliegenden Gebiete.

In Erkenntnis dieser Unvereinbarkeit des Talnetzes mit der jetzigen geologischen Umgebung sieht Lugeon diese Anordnung als ein Erbe an, und zwar teilt er die Ansicht Heims, daß die richtunggebende Fläche die Uroberfläche des Deckenbaues war, vielleicht durch eine Flyschmasse oben noch ausgeglichen.

Dieser Erklärungsweise steht die von Staff gegenüber, der aus der Unabhängigkeit des Talnetzes auf eine Zeit schloß, wo weitgehende Abtragung den Urbau schon so verwischt hatte, daß eine neuerliche, wenn auch nicht bedeutende Aufwölbung ein Talnetz, frei von jeder tektonischen Vorzeichnung, schaffen konnte, das sich dann als antezedentes Netz späteren Verstellungen gegenüber erhielt.

Wollen wir zwischen beiden Anschauungen wählen, so ist es gut, sich einmal eine Vorstellung zu machen, wie die Uroberfläche des Deckenbaues den Wasserabfluß gegen Westen beeinflußt haben dürfte.

Dieses Gebiet ist im Bau vor den anderen Gebieten der Westalpen ausgezeichnet. Im Osten davon, in den Schweizer Alpen, sehen wir, wie der Trog des Penninbaues, im Norden begrenzt durch die herzynischen Massive, übergelaufen ist, wie sich über den Trogrand nach Norden noch helvetische, penninische und unterostalpine Decken ins Vorland ergossen haben, und gleich südlich davon finden wir ein gleiches Überströmen im Tore der Embrunais zwischen Pelvoux und Mercantour.

Aber zwischen Mt. Joli und der Embrunais fehlt jedes Anzeichen dafür, daß die Massenfällung des Troges übergelaufen ist; zu mächtig war hier der herzynische Rand des Troges, eben der Rand, der in dem Talnetz so gar nicht in Erscheinung tritt.

Ich kann mir nicht anders vorstellen, als daß sich dieser ehemals so mächtige Wall zum mindesten als Staustufe in der Oberfläche hätte abbilden müssen, falls schon Deckenmassen, die keinesfalls bedeutend gewesen sein konnten, ihn überschritten hätten, wahrscheinlicher aber ist es mir, daß hinter ihm die penninischen Decken in Stirnen brandeten. Auf jeden Fall ergibt sich die Forderung, daß innerhalb dieser Massive eine Rinne der Uroberfläche jene begleitete. Dies läßt erwarten, daß an dieser Stelle, an der Innenseite der Belledonnekette, ein Sammler den ganzen Abfluß dieses Gebietes zusammenfaßte und nach Norden oder Süden ausführte, falls wirklich noch das Erbe aus der Urzeit hier herrscht; hiebei ist zu bedenken, daß ein solcher Sammler durch Vereinigung einer großen Wassermenge so günstig gestellt ist, daß er im Laufe eines stetigen Abwandlungsvorganges nur schwer aus dem Bilde zu tilgen ist.

Hievon ist aber nichts zu sehen.

Aus diesem Grunde bin ich der Anschauung, daß in der Geschichte dieses Gebietes eine Unstetigkeit vorkomme, daß weitgehender Abtrag hier das Erbe aus der Urzeit so weit verwischt habe, daß eine nach-

trägliche, nicht besonders starke Aufwölbung genügt, um den ganzen Ablauf neu einzustellen.

Es ist eine eigenartige Erscheinung, daß das, was der tektonisch so mächtige Trogrand nicht bewirkt, ein Sammeln des Abflusses herbeizuführen, die Jungphase der Gebirgsbildung leicht erzwang. Nicht hinter der Mauer der Belledonne, sondern vor ihr im Graisivaudan werden alle diese Flüsse in einem Sammler vereinigt, und Ursache davon ist die erste subalpine Kette.

Es ist auch naheliegend, in den Tälern des Lac d'Annecy und des Cherean die abgekappten Rumpfe der Isère und des Arc zu sehen.

Dies ermöglicht uns auch, das Alter der Anlage des Flußnetzes abzugrenzen. Da die Anlage der voralpinen Ketten sarmatisch ist, die Ablenkung in den Sammler vielleicht später fällt, so wäre das jüngste Alter des Talnetzes vielleicht sarmatisch. Wir kämen damit für die Ausgleichung der Gebirgsoberfläche in die vorsarmatische Zeit, ohne dabei aber die hintere Grenze zu kennen.

Gehen wir von hier nach dem Osten, so wird die Entscheidung schwieriger. Die scharfen Linien, die die Längstälzüge dem Flußnetze aufzwingen, erschweren das Urteil, wie weit noch Erbe der Urform vorhanden sein kann.

Einen schweren Einwurf gegen die Abstammung aus der Urzeit des Alpenbaues sehe ich darin, daß eine der gewaltigsten Jungbewegungen, die die Geologie der Schweiz sogar in das obere Pliozän verlegt, nämlich die insubrische Falte, so gar keinen Einfluß auf die Gestaltung des Flußnetzes nimmt. In einer riesenhaften Welle soll zum Schlusse der ganzen Alpenentstehung der Deckenbau vor der noch einmal andrängenden Dinaridenscholle aufgewölbt worden sein. Und diese Großform bildet sich, abgesehen von den Walliser Hochbergen, wo die Wasserscheide einigermaßen gut die ehemalige Lage dieses Walles einnimmt, in der Flußanordnung so gut wie gar nicht ab. Nach Heim wiegt der Einfluß des älteren Erbes vor, die Welle wäre also antezedent von den Flüssen während der Aufwölbung durchsägt worden. Bei einer Auffaltung von den Ausmaßen wie hier macht mir diese Vorstellung Schwierigkeiten. Ich will gar nicht mit dem Einwurf kommen, daß nach den Erfahrungen im Osten sich so junge und so gewaltige Verstellungen wie hier sogar in den Gipfelhöhen noch bemerkbar machen müßten, da ich im folgenden Einspruch gegen die Altersbestimmung der insubrischen Phase erheben muß.

Auch hier wieder der Verdacht, daß diese ganze Welle durch Abtrag aus dem Bilde der Alpen schon vollkommen ausgetilgt war, als die Anordnung des jetzigen Flußnetzes einsetzte.

Eine andere Stelle auffälliger Nichtübereinstimmung ist das Tessin. Auch hier wieder eine ausgezeichnete Stelle im Alpenbau. Es hebt sich hier der Trog des Penninbaues in die Höhe, so daß hier die tiefsten Decken zutage treten. Darüber müssen wir uns noch die mächtigen höheren Pennindecken von der Leonedecke bis zur Dent Blanchedecke und noch die unterostalpinen gebreitet denken, um uns das Bild des vollendeten Deckenbaues vorstellen zu können. Eine gewaltige Querfalte, in neuester Zeit von Argand vermutet, von Preiswerk nachgewiesen,

verdoppelt noch einige Decken, so daß die Menge Gesteines, die dem Abtrag verfallen sein muß, in die 30 km angegeben wird.

Und dieses Gebiet riesenhafter Aufwölbung des Baues ist nun zugleich das, in welchem von Süden her der Tessin und seine Nebenflüsse in die Alpen einbrechen, die Wasserscheide weit nach Norden verlegen, und zwar weit über den Punkt der größten tektonischen Aufwölbung hinaus, während östlich und westlich davon die Wasserscheide beiläufig die Lage hat, die wir von ihr erwarten können. Auch wenn wir annehmen, daß der Tessin durch seine tiefe Erosionsbasis vor den Flüssen der Nordseite begünstigt ist, ist er es doch nicht so vor seinen Nachbarflüssen der Südseite, daß dadurch erklärbar wäre, warum gerade an der Stelle, die durch die Urfläche am wenigsten dazu einladend erscheint, ein so weitgehender Einbruch eines Flußgebietes erfolgt ist.

Ich muß daher auch diese Eigenart der Ablaufverteilung auf eine nachträgliche Verstellung oder Schrägstellung zurückführen. Diese Senkung kann nur einen so geringen Betrag gehabt haben, daß sie das tektonische Bild der Hochlage des Baues nicht zerstörte, mußte aber anderseits genügend groß gewesen sein, um die damalige Oberflächenform in der Weise umzuformen, daß sie restlos nach Süden zinspflichtig wurde.

Das heißt, zu dieser Zeit dürfte sich die Aufbeulung des Deckenbaues nicht mehr wesentlich in der Oberflächengestalt ausgedrückt haben, die Deckenlast über diesem Gebiete mußte schon weitgehend abgetragen gewesen sein. Also auch hier wieder die Forderung, daß nicht die Oberfläche maßgebend ist für die Anordnung des Talnetzes, sondern eine spätere, durch Abtrag entstandene, mit ihren nachträglichen Verstellungen.

Dies sind zwei der ausgesprochensten Fälle, die die Freiheit der Wasserablaufwege von den Vorzeichnungen der Großtektonik belegen, ähnliche weitere liefert die Betrachtung einer jeden Übersichtskarte.

Nun gibt es aber in den Alpen einzelne Inseln, welche sich von dem übrigen Bereiche unterscheiden; hier finden wir eine deutliche Übereinstimmung der Anlage der Talwege mit den Formen, die wir als Uroberfläche des letzten tektonischen Vorganges voraussetzen können.

Eines dieser Gebiete ist der Bereich der Schweizer Voralpen zusammen mit dem der helvetischen und romanischen Decken (vergleiche Heims, „Geologie der Schweiz“, II, 69).

Betrachten wir, wie die Uroberfläche dieses Gebietes nach Erstellung des letzten Vorganges der Gebirgsbildung ausgesehen haben muß: Von den Höhen des Aaremassivs erstreckte sich das Pult der Deckenoberfläche nach Norden; mit einer im Streichen durchlaufenden Muldenform geht es über in die auf die Mollasse aufgefahrene Stirne, die wieder einem im Streichen recht zusammenhängenden Wall gebildet haben dürfte.

Betrachten wir das Talnetz dieses Gebietes, so sehen wir es in gutem Zusammenhange mit dieser Ausgangsform.

Eine Reihe freier Folgeflüsse läuft noch jetzt, vererbt von der Pultfläche, nach Norden abwärts. Der Muldenzug hat ein Sammeln dieser

Ablaufsrinnen innerhalb der Stirnwelle in ganz deutlichem Maße bewirkt, sehr ausgesprochen im Aaregebiet, wo Aare, Lütchine, Kander und Simme gesammelt werden, ausgesprochen auch an der Reuß, wo sich in der Randmulde Engelberger Aa, Aa und Muota zu ihr schlagen. An einzelnen schwachen Stellen des Stirnwalles bricht dann der Ablauf nach Norden ins Mollasseland durch.

Noch kräftiger als Sammler wirkt aber das Faltengebirge des Jura, welches Linth, Reuß, Aare, ehemals auch Rhone und Drance einheitlich zum Rheine zwang (vergleiche Lugeon, „La loi de formation des vallées transversales des Alpes“, Bull. de la soc. vaudoise sc. nat. 33, 1897).

Dieses Flußsystem hat noch recht die ursprünglichen Züge und gering sind die Abänderungen, die sich nachträglich daran einstellten. So hat allerdings nach Abtragung des höchsten Teiles der Deckenmassen der dort als Band zutage tretende Flysch der Unterlage zu einer Folge von subsequenten Tälern mit Jöchern dazwischen Anlaß gegeben. Doch hat dies infolge der Gleichwertigkeit der verschiedenen Folgeflüsse, die da in Kampf treten könnten, nicht zur Ausbildung subsequenter Sammler geführt.

Nur im Osten sind Linth, Sernf, Seez Flüsse, die in ihrer Anlage deutlich den Einfluß des weichen Gesteines verraten.

Daß in diesem Gebiete, welches im Flußverlauf so deutlich den Einfluß einer schrägstehenden Bezugsebene darstellt, sich die Gipfflur doch schon vollkommen eingestellt hat, trotzdem die Bezugsebene sie spitz schneidet, wie dies Heims „Geologie der Schweiz“, II, 66, darlegt, ist einer der stärksten Beweise dafür, daß das Auftreten einer Gipfflur nicht unbedingt eine vorhanden gewesene Verebnungsfläche voraussetzt.

Es ist nun leicht zu erkennen, was die Ursache ist, daß in diesem Gebiete so weitgehend der Zusammenhang zwischen Bau- und Flußnetz erhalten ist: hier hat sich eine der jüngsten tektonischen Großbewegungen abgespielt; der Vorschub der helvetischen Decken auf die Mollasse ist nachsarmatisch, das gleiche Alter hat auch die Auffaltung des Jura.

Ein anderes Gebiet befriedigender Übereinstimmung sehe ich in den Ostalpen.

Ich habe in der eingangs erwähnten Arbeit „Zur Phasenfolge im Ostalpenbau“ das Bild einer Jungphase geschildert, die, das Wirken der insubrischen Phase fortsetzend und übertreibend, den Bauunterschied zwischen West- und Ostalpen erzeugte.

Es ist das die Vorstellung, daß zur Zeit der Jungphase, der Ötztaler Phase, die Ötztaler Masse als Einzelscholle von ziemlich demselben Umriß, wie sie ihn heute besitzt, von Süden gefördert wurde, den ostalpinen Bau unter sich begrabend; daß entsprechend diesem Vorschub hier der Dinaridenvorstoß viel weitergehend war als der insubrische Vorstoß in der Schweiz, auch in bedeutend jüngere Zeit andauerte, daß diese ungewöhnlich weite Vortragung der Dinaridengrenze an der Judikarielinie als an einer Blattverschiebung un stetig einsetzt, südlich Sterzing ihren größten Betrag erreicht und gegen Osten allmählich

abklingt, so daß von Villach nach Osten die Dinaridengrenze wieder ihre normale Lage erreicht.

Es war mir damals entgangen, daß die Vorstellung von Judikarielinie und Etschbucht als Ergebnis eines Vorstosses der Dinariden schon in Heritsch' „Bauformel der Ostalpen“, N. Jb. 1915, 162, enthalten ist, weshalb ich das Versäumnis der Anführung hier nachhole.

Die Anschauung, daß diese Bewegungen sehr jung sind, entstand aus der Erkenntnis, daß diese Schollen die Längstäler unterbrechen, über sie hinaus vorgefahren sind, so die Ötztaler Scholle über die Innlinie, die Dolomitenscholle über die Veltlin-Draulinie, der Vorschub muß also jünger sein als die Anlage der Linien.

Sehen wir nun, wie sich diese Gebiete in der Talbildung aussprechen.

So wie tektonisch dieser Bereich den Vorstoß des Südens bedeutet, langt hier auch das Flußgebiet des Südens mächtigst nach Norden vor.

Die ganze Etschbucht und Dolomitenscholle gehört ihm einheitlich an, und darüber hinaus in das Gebiet des Vorstosses der Ötztaler Scholle greift noch die Etsch nach Norden.

Letztere Scholle selbst aber verhält sich ablehnend gegen die Etsch, diese kann nur mit zwei Zweigen, Etsch und Eisack, ihrem Rande folgen und kurze Randbäche aus ihr aufnehmen.

Die Ötztaler Alpen selbst aber zeigen lange, gleichlaufende Tal-furchen nach Norden zum Inn, Kaunertal, Pitztal, Ötztal, Stubai, gleich als ob sie eine gegen Norden sich senkende Tafel gewesen wären, auf deren Hauptabdachung sich freie Folgeflüsse entwickelt hätten, während ihr abweisender Südrand nur begleitende Gerinne gestattet hätte.

Steht so die Anlage des Flußnetzes in befriedigendem Zusammenhang mit der von uns angesprochenen geologischen Bedeutung der Scholle, so wäre es von Wichtigkeit, zu wissen, ob sich letztere auch in den Geländeformen ausspricht. Klebelsberg läßt seine Altform auch auf die Ötztaler Gruppe übergreifen. Wir haben die Zeit dieser Altform bedeutend später angesetzt als Klebelsberg, ich habe dafür etwa ein altpliozänes Alter vorgeschlagen. Demnach fiel der Ausschub der Ötztaler Masse in die Zeit zwischen Altmiozän und Altpliozän.

Die Frage ist, ob sich feststellen läßt, daß diese Altform in der Ötztaler Masse sich anders ausspricht als in anderen Alpentteilen, ob noch in dieser Zeit die Sonderstellung dieses Gebietes die Entwicklung der Oberflächenform beeinflusste. Es läßt sich dies nur durch Feldarbeit feststellen, ich will hier nur auf zwei Punkte hinweisen:

Das Hochgebirge der Ötztaler scheint viel geschlossener zu sein als das der übrigen Alpentteile des Ostens, ferner kann man auf der ganzen Reise durch die alpinen Nordlängstäler nirgends zentralalpines Hochgebirge sehen als hier an der Ötztaler Scholle.

In meiner Arbeit ist ferner dargestellt, daß im Osten von diesem Querschnitte der Ausschub der Ötztaler Scholle ersetzt ist durch eine Antikline, die, vor der andrängenden Dinaridenscholle herbewegt, den sekundären Südrahmen des Tauernfensters bildet, ein Vorgang, der der älteren insubrischen Welle der Westalpen ganz gleichgeartet ist.

Wir müssen uns die durch diesen Vorgang neugeschaffene Urfläche als eine durch sekundäre Mulden unterteilte Wellenform vorstellen. Und wir sehen wieder, daß dieses Gebiet den entsprechenden Plan des Talnetzes zeigt, die langen Linien des Gail-, des Drau-Weißenseetales, dazu gleichlaufend den Zug Mühlbachertal—Raintal—Defereggental und vor der Stirne der Antikline, vielleicht subsequent beeinflusst, Ahrntal, Virgental, unteres Mölltal.

Ich habe damit diese Talstücke ausdrücklich aus dem Verbande der alten Längstalzüge, für die wir altmiozäne Entstehung annehmen, ausgeschieden. Ich fühle mich dazu berechtigt, diese Trennung durchzuführen, weil sie eben zum Gebirgsbau in enger Beziehung stehen, während die Längstäler davon weitgehend abweichen, weil ferner ihre Richtung auffällig im Gegensatz zu der von dem südlichen Längstalzuge gut eingehaltenen Ost-Westrichtung abweicht, während das untere Drautal von Villach abwärts nicht bloß der Richtung, sondern auch der Lage nach mit der Veltlinlinie übereinstimmt. Es sei auch darauf hingewiesen, daß das Verbreitungsgebiet des Kärntner Tertiärs, Kohlen von Liescha, Sattnitzkonglomerat sich auffällig auf letzteren Teil beschränkt; nur das Sattnitzkonglomerat des Bleiberger Tales macht davon eine Ausnahme, weist aber schon durch seine Höhenlage darauf hin, daß es vielleicht der verdrückten Fortsetzung dieser älteren Linie angehört.

Es ist wohl im Sinne der Auffassung Sanders über das Tauernwestende und Heritsch' (l. c.), daß bei diesem Anschube des südlichen Tauernrahmens auch eine Umbildung des penninischen Teiles der Tauern selbst erfolgte. Ich möchte diesem Vorgange die Anlage des Talzuges Pfitsch-Zemmgrund zuschreiben, ferner der Aufwölbung, die die Tauern dadurch nochmals erlitten, die schön konsequente Anlage der Tauernflüsse zur Salzach.

Fortschreitende Erkenntnis wird es vielleicht ermöglichen, auch noch andere Talzüge den Ausklängen dieser Jungphase zuzuordnen. Ich denke dabei zum Beispiel an die Liesing-Paltenlinie, die die Richtung der Längstäler spitz schneidet; sie ist jünger als die Mur-Mürzlinie, dies ergibt sich daraus, daß im Murtal westlich von St. Michael, südlich der Liesing-Paltenlinie Schotter obermiozänen Alters liegen, die durch Dachsteinkalke, Adnetter Kalke, Gosaubreccien die Herkunft aus den Kalkalpen verraten. Wäre die Liesing-Paltenlinie zu jener Zeit schon als Tiefenlinie vorhanden gewesen, so wäre diese Schottereinfuhr aus den Kalkalpen nicht denkbar. Anzuregen wäre auch, ob nicht die Klobensteinphase Leydens „Die Entwicklung der Alpen zum Hochgebirge“, Geologische Rundschau 1922, mit ihren längslaufenden Tiefenlinien dieser Phase zuzuordnen ist.

So finden sich in den Alpen einzelne Bereiche, in denen eine gute Stimmigkeit zwischen geologischem Bau und der Anlage des Talnetzes herrscht. Und dies sind ausdrücklich solche Stellen, wo die Tektonik Jungbau vermuten läßt. Ringsum aber liegen Gebiete bar eines Zusammenhanges zwischen Anlage der Gerinne und dem geologischen Bau.

Es läßt sich dies ja nicht für die Beantwortung unserer Frage verwenden, ob unsere Alpen schon zur Zeit des Altmiozäns einem weitgehenden Abtrage verfallen waren, bietet aber eine willkommene Ver-

knüpfung zwischen Tektonik und Geologie, indem es sagt: Die Vorgänge, die jünger sind als diese Jungphase, sprechen sich noch in der Oberflächenform aus, was älter ist, ist im Gelände verwischt. Und die Zeit, von der an wir erwarten können, noch Abbilder des Baues in der Gestalt zu sehen, ergibt sich als Obermiozän bis Altplozän.

In diesem Sinne möchte ich meine Bedenken gegen die Aufstellung der Phasenfolge der Alpengeschichte aussprechen, die Heim in der „Geologie der Schweiz“, II, 882, entwirft.

Auffallend ist an ihr die späte Einstellung der insubrischen Phase in das oberste Plozän bis unterstes Diluvium. Es ist mir nicht möglich, die Gründe dieser Einordnung zu würdigen, da mir die Ausgangsarbeit, Argands „Plissements précurseurs et Plissements tardifs des chaînes des montagnes“ Actes soc. helv., Neuchâtel 1920, nicht zur Verfügung stehen.

Ich kann aber entnehmen, daß diese Vorstellungen der Verknüpfung von Faziesänderungen der Plozänablagerungen in der Poebene mit tektonischen Vorgängen in den Alpen entstammen, eine Verbindung, die unbedingt zu wertvollen Erkenntnissen führen kann. Es ist aber dieser insubrischen Phase seit jeher die Aufwölbung des Wurzelgebietes in den Westalpen zugeschrieben worden, eine Auffassung, die auch bei Heim beibehalten ist.

Nun kommen wir dadurch in die Lage, daß das Ergebnis einer jüngsten mächtigen Umformung des Alpenbaues, die insubrische Welle, vollkommen aus dem Einfluß auf das Talnetz gestrichen sein soll, während Bewegungen, die an der Grenze zwischen Miozän und Plozän liegen, eben in den genannten Gebieten der Voralpen und der Öztaler Phase diesen Einfluß sehr schön zeigen.

Dies legt doch nahe, an dieser Einstellung der insubrischen Phase Zweifel zu hegen; ich habe daher im vorgehenden die Darstellung so vorgenommen, als ob die insubrische Phase selbst alt bis vormiozän wäre. Dazu gelange ich besonders durch das Verhalten der südlichsten Längsallinie zur insubrischen Welle. Die Veltlinlinie schneidet nämlich die Welle spitz von der Südseite im Veltlin bis fast auf ihre Nordseite im Westen. Es wäre die Erhaltung dieser Linie undenkbar, wenn die Aufwölbung erst nachher eingetreten wäre. Nun habe ich das Alter dieser Linien als altmiozän hingestellt, gerade die Veltlin-Draulinie ist im Osten ja mit Miozän in Verbindung. Ich muß deshalb die insubrische Phase noch vor diese Zeit verlegen.

Es könnte versucht werden, die Rolle, die die insubrische Phase in besagter Aufstellung spielt, der Öztaler Phase zuzuweisen, dieser das jugendliche Alter zuzuschreiben. Doch haben wir oben erwähnt, daß Klebelsberg seine Altoberfläche über die Öztaler Scholle hinweggehen läßt, wir kämen damit wieder in den Kampf zwischen Morphologie und Geologie, da wir nach dieser Phase, also seit dem jüngsten Plozän, noch für die Erstellung der Alt- und Jungoberfläche Klebelsbergs Zeit beschaffen müßten. Dies ist um so unmöglicher, als zum mindesten die Jungfläche im Osten die spätpontischen Belvedereschotter ins Vorland sendet.

Ich stelle daher die Frage auf, ob diesem Gewirre von Widersprüchen, die aus der Aufstellung Heims folgen, die Beweisgründe so gewachsen sind, daß die Aufrechterhaltung des spätpliozänen Alters der insubrischen Faltung berechtigt ist. Es soll damit nicht gesagt sein, daß damals Bodenruhe geherrscht haben muß, wir kennen genügsam Verstellungen in den Alpen, die in diese Zeit fallen dürften. Nur für so gewaltige Gebirgsbildungen haben wir in dieser Zeit keinen Platz mehr.

Zusammenfassung.

Als Ergebnis unserer Untersuchung haben wir in Übereinstimmung mit den Anschauungen der meisten Morphologen: In der Form des Alpengebirges spiegelt sich nicht mehr die Urform des Deckenbaues.

Es bestehen genügend Anhaltspunkte dafür, daß diese Verwischung der Urform schon zu einem recht frühen Zeitpunkte eingetreten ist, daß die Züge, welche derzeit die Oberflächenform beherrschen, die vererbten Formen dieser nachträglich noch verstellten verwischenden Abtragsfläche sind.

Eine solche Abtragsfläche haben wir im Osten in der Altmiozänfläche festgestellt.

Für den Westen haben wir die Zeit dieses so weitgehenden Abtrags für vorsarmatisch bestimmt, ohne eine untere Grenze angeben zu können. Es ist übrigens durchaus nicht verlangt, daß dieser Abtrag sein Ziel überall zur gleichen Zeit erreicht hat. Während aber der Altbau der Alpen nicht mehr in der Oberflächenform erscheint, sehen wir, daß Großtektonik, die etwa jünger ist als sarmatisch, sich noch deutlich im Gelände ausspricht.

Diese Ableitungen entbehren noch einer Ergänzung von einer anderen Seite, nämlich von der Untersuchung der zugehörigen Schotterbildungen aus. Dieser Weg ist für mich derzeit nicht begehbar. Es sei nur darauf hingewiesen, daß die miozäne Mollasse der Schweiz die größte Einfuhr krystallinen Gerölles zeigt.

Folgerungen:

Mit diesen Ergebnissen hätten sich Morphologie und Geologie abzufinden.

Für die Morphologie liegt die größte Vorstellungsschwierigkeit in der riesigen Menge des abgetragenen Gesteines, mit dem die Erosion in der verhältnismäßig kurzen Zeit vom oberen Oligozän bis Untermiozän, vielleicht noch bis Sarmatikum, fertig geworden sein mußte.

Die erste Frage, die die Morphologie an die Tektonik stellen wird, wird sein; Ist es wirklich notwendig, diese riesenhaften Überlagerungen anzunehmen, können sie nicht durch einen Anschauungsirrtum vorgetäuscht worden? Besonders gilt dies für den schwierigsten Fall in den Alpen, das Tessin mit seinen 30 km Abtrag.

Doch ist hier zu entgegnen, daß gerade in diesem Gebiete die Geologie wenig Zugeständnisse machen kann.

Durch seine tektonische Sonderstellung als axiale Aufwölbung gewährt das Gebiet derart gute Aufschlüsse, auch ist der Aufnahmestand,

insbesondere die Gleichstellung der nach Westen und Osten von diesem Scheitel hinabtauchenden Decken so weit gediehen, daß kaum Zweifel herrschen können, daß diese früher wirklich einmal den Scheitel der Wölbung auch überkleidet haben.

Zweifel sind nur an den der Rechnung zugrunde gelegten Mächtigkeiten möglich, es wäre wohl denkbar, hier eine primäre Ausdünnung der Decken über dem Scheitel zuzugestehen. Ob dies aber in einem Ausmaße möglich ist, daß die Morphologie sich zufrieden erklärt, möchte ich bezweifeln. Ich glaube, daß sie erklärt wird, hier vor einem Rätsel zu stehen, dem sie mit ihren auf dem Aktualitätsgesetz stehenden Anschauungen nicht beikommen kann.

(Ich möchte hier aber doch noch die Frage aufwerfen, ob nicht doch das Rätsel ein tektonisches sein kann, ob nicht hier in der Maggiaquerfalte das mechanische Bild der Weyrer Bögen weitergehend wiederholt ist als bloß in der nach Westen überliegenden Falte, daß nämlich geradeso wie die Weyrer Bögen die Ötscherdecke am Vordringen hinderten, während diese im Osten und Westen davon weit vorstößt, dies auch hier die Verfaltung an den höheren Decken, Monte Rosa, Dent Blanche, bewirkt, daß also diese Decken gar nicht über den Scheitel gebreitet wären. Es würde dies natürlich unsere frühere Stellungnahme zur Gestaltung des Tessins gegenstandslos machen.)

Von Bedeutung ist aber die Fragestellung besonders für ostalpine Verhältnisse: Mit welchen Abtragsmengen muß die Morphologie rechnen?

Die Deckenlehre ist in den Westalpen entstanden und hat auch ihre ganzen Veranschauligungsmittel den Verhältnissen in den Westalpen entsprechend ausgestaltet. Bei der Ausdehnung auf die Ostalpen wurden auch diese Darstellungsweisen hieher übertragen.

Uns handelt es sich hier um die Bewertung der als Bild durch den Abtrag seither entfernter Gebirgsteile hingestellten Luftlinien. Bei der Betrachtung Schweizer Profile sind wir geneigt, diesen Linien Wirklichkeitswert zuzubilligen, anzunehmen, daß das, was durch sie umrissen ist, auch wirklich einmal in ähnlicher Form als Gesteinskörper vorhanden war.

Der Entwurf solcher Luftlinien von Decken erfolgt einerseits aus der Beobachtung der betreffenden Stelle im Streichen, wo sie vielleicht der Untersuchung durch axiales Hinabtauchen zugänglich ist, andererseits aus der Vorstellung von dem Vorgange des Deckenschubes. Und hier fordert die herrschende Kontraktionslehre einen druckübertragenden Zusammenhang zwischen Wurzel und Stirn der Decke.

Nun gibt der Gebirgsbau der Westalpen für die Ueberprüfung des ersten Punktes so reichlich Gelegenheit, daß ich weitgehend den Erkenntniswert der Luftlinien dort anerkennen will.

In den Ostalpen ist aber diese Ueberprüfung durch den Bau nicht ermöglicht. Die abgetragene Überlagerung ist lediglich ein Bild der mechanischen Vorstellungen des Urhebers.

Die Kritik der vorzustellenden Abtragsarbeit läuft also auf die Kritik der Deckenmechanik, in unserem Falle auf die Kritik der Kontraktionslehre, hinaus.

Meine Stellung zu dieser Frage, ausgehend von mechanischen Überlegungen, ist in der Arbeit „Über Gebirgsbildungshypothesen“ im Jahrbuch der Geologischen Staatsanstalt 1922 niedergelegt. Es soll diesmal von seiten der geologischen Erfahrung betrachtet werden.

Eine der eigentümlichsten Erscheinungen der Ostalpen, betrachtet von der Deckenlehre aus, ist die oberostalpine Decke.

Sie besteht nämlich aus einer reichen Sedimentserie, die weitgehend nach Norden zur nördlichen Kalkzone zusammengeschopt ist, und zwar auf eine Weise, daß wir nicht annehmen können, daß sie sich früher wesentlich weiter nach Süden erstreckt hat. Ihr Kern aber besteht nur im Westen, in der Silvretta, aus Altkristallin, nach Osten zu hat sie als Grundgebirge nur die Grauwackenserie, die in Fetzen noch auf dem Rücken der Zentralalpen erhalten ist.

Gerade die oberste der Decken zeigt also im höchsten Ausmaße eine Erscheinung, die als „Vorgleiten des Hangenden“ eine Grunderkenntnis der Deckenlehre geworden ist, die bei helvetischen und penninische Decken gut bekannt ist.

Für die tieferen Decken steht zur Erklärung dieser Erscheinung ein einfacher Weg zur Verfügung: Die hangenden Teile der einen Decke sind durch die darübergehende höhere mit vorgeschürft worden. Wendet man diese Erklärungsweise auch hier an, so verweist einen das unbedingt auf eine noch höhere Decke, die das Vorschoppen der Kalkzone besorgt hat.

Hält man also bei der Kontraktionslehre, so ist die unabweisbare Folgerung der Traineau éraseur, der hier helfend eingreifen muß.

Dieses Hilfsmittels aber wollen wir gern entraten.

Bleiben wir bei der Kontraktionslehre, so haben wir ferner als Verbindung zwischen mächtigem Kopfe und der Wurzel nur jene Massen von Grauwacke, die wir als Decke über die Zentralalpen gespannt vorstellen können, von Gesteinen, die zur Fortleitung eines Druckes noch ungeeigneter erscheinen als irgendein anderes Krystallin-gestein eines Deckenkernes.

Mehr als irgendein anderes Beispiel hat mich dies von der Unhaltbarkeit der geltenden mechanischen Vorstellungen der Deckenlehre überzeugt.

Ich habe in genannter Arbeit die Forderung nach der Vorstellung des beanspruchungslosen Gleitens der Decken aufgestellt, wie dies am besten durch Fließen der Gesteinsmassen mit Gefälle etwa im Schwerefeld vorstellbar wäre, ohne daß aber letztere Weise die einzige dynamische Erklärung darstellte. Es entspricht dies den Gleitdecken, die Kober, „Bau der Erde“, für einen Teil der alpinen Decken annimmt.

Ich sehe in dieser Vorstellung die einzige Möglichkeit, das Bild der Vorgänge, und zwar allgemein für alle Decken, zu fassen, und sie erweist sich auch in unserem Falle als vollkommen hinreichend, das Verhalten der ostalpinen Decke zu erklären.

Die Annahme eines beanspruchungslosen Gleitens ergibt aber ganz andere Folgerungen für die wiederherzustellenden, jetzt dem Abtrag verfallenen Deckenteile.

Die Kontraktionslehre benötigt zur Übertragung des Druckes von der Wurzel her einen lückenlosen Zusammenhang der Deckenteile, und obwohl sie sich nicht über die Unmöglichkeit einer derartigen Aufgabe klar geworden ist, sucht sie den zu ergänzenden Teilen einen Querschnitt zu geben, der die Größe der Zumutung an die Gesteinsfestigkeit doch nicht so auffällig macht. Daraus ergibt sich in nicht überprüfbar Gebieten die Größe des Gesteinsabtrages.

Ganz anders bei der Annahme eines beanspruchungslosen Gleitens. An jedem Teilchen greift die bewegende Kraft an, die notwendig ist, die in derselben Senkrechten an der Unterlage auftretende Reibung zu überwinden. Beanspruchungen in der Richtung der Bewegung sind also durchaus nicht erforderlich. *)

Nur wo örtlich Reibung und angreifende Kräfte sich nicht ins Gleichgewicht setzen können, entstehen Beanspruchungen in der Bewegungsrichtung, die aber klein sind im Vergleich zu den Beanspruchungen der anderen Annahme. Sie können Druck- oder Zugbeanspruchungen sein. Natürlich werden sie aber von einem aus dem Gesteinsgewicht stammenden hydrostatischen Beanspruchungszustand derart überlagert, daß reine Zugbeanspruchungen wohl kaum in Erscheinung treten werden. Die sofortige Folge solcher Längsspannungen ist aber ein Anschwellen oder Ausdünnen der Decke so lang, bis der beanspruchungslose Zustand wiederhergestellt ist.

Es ist also ein körperlicher Zusammenhang zwischen Wurzel und Stirne gar nicht erforderlich, ich kann mir ganz gut vorstellen, daß eine Decke sich von der Wurzel ganz abschnürt, wenn von ihr nicht genug Stoff nachgeliefert wird, und daß in doch aus eigenem weiterwandert, daß sie also primäre Fenster, Löcher, erhält usw.

Von dieser Anschauung aus haben die Luftlinien der Decken dort, wo sie nicht durch Beobachtung belegt sind, eine ganz andere Bedeutung, sie sind nicht mehr Linien, die einen ehemals bestandenen Körper umgrenzen, sondern Linien eines „virtuellen Zusammenhanges“, der durch Ausdünnung bis zu einer „Bewegungsbahn“ zusammenschrumpfen kann.

Von dieser Anschauung aus erhält besonders für die Ostalpen die Aufgabe der Erosion, die Beseitigung der überlagernden Deckenmassen, ein anderes Gesicht, ich meine, daß die über dem Alpenscheitel entfernten unter- und oberostalpinen Decken durchaus keine so große Mächtigkeit gehabt haben, daß die Aufgabe der Erosion als überschwer bezeichnet werden muß, zumal da ich der Anschauung bin, daß die Muralpen nie über das Tauernfenster gespannt waren. In diesem Sinne habe ich auch eine primäre Ausdünnung der penninischen Decken über der Tessiner Aufwölbung als möglich hingestellt.

Als andere Folgerung aus unseren Ergebnissen haben wir zunächst die Antwort auf die eingangs gestellte Frage: Es kann ganz gut damit gerechnet werden, daß zur Zeit des Ausschubes der Ötztaler Masse die ostalpinen Decken vom Tauernscheitel schon durch Abtrag

*) Vergleiche die Übereinstimmung folgender Gedanken mit denen in der während der Drucklegung erschienenen Arbeit Ampferers, Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen, Jahrbuch der Geol. Bundesanstalt 1923, 108 ff.

entfernt waren, daß das Tauernfenster zu dieser Zeit schon geöffnet war. Es läge also hier in dem Abstoßen der Leitlinien des Tauernfensters an der Brennergrenze der Ötztaler Masse ein ganz ähnlicher Fall vor wie in dem Verhalten der oberschlesischen Steinkohlenmulde zum Karpathenrande, zwei gebirgsbildende Vorgänge getrennt durch eine Abtragszeit, nur daß bei uns letztere nicht gar so groß war.

Allgemeiner heißt dies: Eine jede Jungphase muß schon mit Erosionsoberflächen rechnen. Einmal mit einer solchen als Bewegungsbahn. Auch die primären Decken bewegen sich von der Stelle, wo ihre Scherfläche an die Erdoberfläche gelangt, auf dieser weiter, allein dies ist in den meisten Fällen ein schlichter Meeresgrund, und bei der Größe der Überlagerung kann man stets damit rechnen, daß sie die Bahnen in einer Weise umformen, die nur den Einfluß der größten Bodenformen mehr sichtbar werden lassen.

Jungschübe dagegen müssen mit der viel größeren Mannigfaltigkeit von Festlandsflächen sich abfinden. So haben Blumer, Arnold, Heim und andere den Einfluß der Oberflächengestalt der Mollasse auf den jüngsten Vorstoß der helvetischen Decken nachgewiesen (vergleiche Heim, „Geologie der Schweiz“, I, 185).

Jungbewegung muß ferner mit Erosionsoberflächen in dem bewegten Körper selbst rechnen, die auf die weitere Gestaltung seiner Form selbst Einfluß nehmen können (vergleiche die Gedanken, die Ampferer in der Arbeit „Über die Bedeutung von Kerben für den Verlauf tektonischer Gestaltungen“, Verhandlungen der Geologischen Reichsanstalt 1919, gibt.)

In dieser Hinsicht unterscheiden sich wieder die Möglichkeiten, die die verschiedenen Anschauungen über Gebirgsbildung bieten.

Ich pflichte Ampferer vollkommen bei, daß eine reichere Erosionsgestaltung in einen Gesteinskörper derartige Kerben schneidet, daß man sich, solange man auf dem Standpunkt der Kontraktionslehre steht, die Entstehung einer Schollenüberschiebung aus dieser Masse nicht mehr vorstellen kann, da sie zur Fortleitung eines Druckes dadurch entweder schon ganz ungeeignet wäre oder ein ganz verworrenes Bewegungsbild dabei erzeugen müßte.

Nicht so dagegen, wenn man annimmt, daß diese tektonischen Bewegungen ohne wesentliche Beanspruchung des Gesteines vor sich gegangen sind. Dann brauchen Erosionsanschnitte nicht die tektonische Gestaltbarkeit eines Gesteinskörpers zu beeinflussen, ja ich kann mir vorstellen, daß Jungüberschiebungsschollen nicht bloß ihr Gestein, sondern auch ihre Oberflächenausstattung aus ihrer Heimat in erkennbarer Weise mitübernommen haben.

Es sei hier auf einen Fall hingewiesen, in dem unsere Annahme einer weitgehenden Abtragung der Alpen schon in früher Zeit eine ausschlaggebende Entscheidung gegen die Kontraktionslehre erzwingen kann. Die helvetischen Decken sind in einer Jungphase samt den drüberliegenden unterostalpinen noch auf die vorliegende Molasse aufgefahren. Besonders für diese Jüngstbewegung, aber auch für den eigentlichen helvetischen Paroxysmus, der in die pontische Zeit verlegt wird, muß mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß das Alpeninnere

schon so weit abgetragen war, daß eine Verbindung dieser Decken mit ihrer Wurzel schon gar nicht mehr vorhanden war, und doch sind sie auf die Reise gegangen. Nach der Vorstellung vom Gleiten der Decken ist dies ganz gut möglich, nicht aber nach der Kontraktionslehre.

Es ist im vorgehenden gegen die so späte Einordnung der insubrischen Phase bei Heim, „Geologie der Schweiz“, II, 882, Stellung genommen und ein etwa altmiozänes Alter derselben befürwortet worden. Ich stelle hier die Frage auf, ob nicht bei der Forderung nach so geringem Alter auch die Vorstellungen der Kontraktionslehre mitbeteiligt waren. Denn nach dieser kann man sich allerdings nicht vorstellen, daß aus einem Wurzelgebiet, das in der insubrischen Phase so verunstaltet worden ist, noch der Anstoß zu einem so mächtigen Deckenschube hervorgehen kann. Danach wäre allerdings das Bestreben verständlich, die insubrische Faltung an den Schluß der ganzen Gebirgsgeschichte zu stellen. Macht man sich aber von dieser Vorstellung frei, und ist eine Wurzel zur Deckenbewegung gar nicht mehr erforderlich, so entfällt natürlich auch diese Bindung in der Gebirgsgeschichte.