Werk

Titel: I. Aufsätze und Mitteilungen

Ort: Berlin

Jahr: 1924

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?345572157_0015|log60

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

I. Aufsätze und Mitteilungen.

Grundfragen alpiner Formenkunde.

Von **Friedrich Leyden.**

(Mit 1 Textfigur.)

Zu gewissen Zeiten scheint es, als ob bestimmte Gegenstände der Forschung, welche bisher nur verhältnismäßig wenig Beachtung fanden, geradezu Mode geworden sind. Die Schneeflocke, welche erst unbemerkt von irgendeiner Höhe ihren Ausgang nahm, ist zur Lawine angeschwollen und zieht immer weitere Kreise. So ist es auch mit der alpinen Formenkunde bestellt. Jahrzehntelang haben auf der einen Seite die Geologen ausschließlich dem inneren Bau des Hochgebirges ihre Aufmerksamkeit geschenkt, andererseits die geographisch geschulten Morphologen ausschließlich über Sinn und Bedeutung der jüngsten Formengruppen, besonders jener, welche dem Eiszeitalter zugeschrieben wurden, im Meinungswechsel gestanden. Besonders in den Ostalpen sind beide Wissensgebiete streng getrennt marschiert und haben sich lange verständnislos und fast feindselig gegenübergestanden. In allerjüngster Zeit ist dies grundsätzlich anders geworden. Die Geologen gelangten zur Erkenntnis, daß der großartige alpine Gebirgsbau nicht das Werk einheitlichen Geschehens, sondern wechselnd intensiver Aufeinanderfolgen mehrfacher und durchaus nicht immer gleichgerichteter tektonischer Vorgänge sei, und empfanden die Notwendigkeit, deren Ausläufer über die letzte Zeit des größten Paroxysmus im Jungtertiär hinaus bis in die jüngste geologische Vergangenheit zu verfolgen. Die Morphologen andererseits begannen einzusehen, daß alle Erörterung über die Bedeutung oder Unbedeutung eiszeitlicher formengestaltender Vorgänge solange nicht zum Ziele führen konnte, als man über die voreiszeitliche Entwicklung, also über das vom Eiszeitalter übernommene Erbe noch ganz im unklaren war. So begegneten sich beide Gruppen von Forschern zu gemeinsamer Tätigkeit auf einem Grenzgebiete, und die dabei gegenseitig gewonnene Anregung hat außerordentlich befruchtend auf die Entwicklung unserer Kenntnisse auf diesem überaus schwierigen Gebiete gewirkt.

Daß es dabei zunächst nicht ohne gewisse Reibungen abgehen konnte, ist eigentlich selbstverständlich. Die Morphologen konnten manchen Geologen gegenüber den berechtigten Vorwurf erheben, daß sie ohne genügende Kenntnis formenkundlicher Gesetze aus veralteten

Anschauungen heraus zu weitgehende Schlußfolgerungen zogen. Die Geologen andererseits haben ebenso mit Recht bei manchen rein morphologischen Untersuchungen eine genügende Berücksichtigung der geologischen Voraussetzungen vermißt und den ohne ausreichende Beweisführung vorgetragenen Anschauungen eine zu apodiktische Bestimmtheit vorgeworfen. Es erscheint daher angebracht, die hier in Betracht kommenden Fragen einer gewissen grundsätzlichen Erörterung zu unterziehen, wobei jedoch alle rein theoretischen Abstraktionen vermieden werden sollen.

Angeregt wurde ich zu diesen Ausführungen, welche ich gewissermaßen als „Bekenntnisse" aufgefaßt wissen möchte, durch gewisse Zweifel, welche von AMPFERER (3) gegen meine in dieser Zeitschrift (38) vorgetragenen Ansichten geäußert sind. Andererseits sind mir durch meine gegenwärtige Tätigkeit umfangreichere alpine Untersuchungen in der früher ausgeübten Art bis auf weiteres verwehrt, und es ist vielleicht nicht unnütz, die allgemeinen Gesichtspunkte einmal zusammenzufassen, welche sich mir im Laufe eines Jahrzehntes ausgedehnter Geländearbeit allmählich ergeben haben.

Bei dieser Gelegenheit sei ein allgemeines Wort gesagt, welches eigentlich den Rahmen einer streng wissenschaftlichen Zeitschrift überschreitet. Mir scheint, als ob die alpine Formenkunde — wie die Formenkunde überhaupt — vielfach allzu sehr als Selbstzweck betrieben wird und daher die allgemein menschlichen Werte erheblich zu kurz kommen. Unsere großen Geologen — SUESS, ALB. HEIM, AMPFERER usw. — haben bei aller Begeisterung für ihre wissenschaftlichen Aufgaben doch nie den rein ästhetischen Sinn für Schönheit des Hochgebirges verloren, sie sind begeisterte Alpinisten und darüber hinaus vielfach wahre Künstler geblieben. Bei den meisten neueren Morphologen vermißt man leider diese höhere Warte für einen weiter gespannten Gesichtskreis. Nicht als ob damit auch den wissenschaftlichen Formenstudien eine Rückkehr zu dem Stile etwa RATZELS oder PESCHELS empfohlen werden soll; aber so ganz sollte man die Mahnungen BANSES nicht mit einem Achselzucken abtun und bei aller Wissenschaftlichkeit daneben nie verlernen, Farbe und Form, Linie und Aufbau des Hochgebirges als Quellen reinsten Genusses und als unzerstörbare ethische Werte zu würdigen[1]).

1. Struktur und Skulptur.

Im Gegensatz zu den Westalpen, wo die ungeheure tektonische Beanspruchung des Gesteines eine so weitgehende Plastizität desselben zur Folge hatte, daß von vielen westalpinen Geologen dort überhaupt jede Bruchtektonik geleugnet wird, spielen in den Ostalpen Schollenbewegungen jeder Art eine große Rolle, wobei es im vorliegenden Zusammenhange auf die Ursachen dieses verschiedenen Verhaltens von Ost- und Westalpen nicht ankommt.

Die Bedeutung einzelner tektonischer Leitlinien hat von jeher die meisten ostalpinen Geologen dazu verführt, Ursache und Wirkung zu verwechseln: aus der Tatsache, daß unverkennbar zahlreiche Täler

[1]) Vgl. hierzu die freilich in der Form offenbar absichtlich herabsetzende Kritik von R. CAPOT-REY an H. SCHMITTHENNERS neuer Arbeit über die lothringische Stufenlandschaft in La Géogr. XL/4, 1923, S. 461 (463 Mitte).

und Tiefenlinien in den Ostalpen tektonischen Linien folgen, glaubten sie umgekehrt auch schließen zu dürfen, daß überall, wo solche Tiefenlinien sich finden, auch auf besondere tektonische Störungslinien geschlossen werden könne.

Diese Ansicht findet sich noch in manchen der neuesten Arbeiten besonders der Münchener Schule. Auf der sorgsamen Kartierung der Berge um den Risserkogel durch Osswald sind zahlreiche „vermutete" Störungslinien eingetragen, deren Berechtigung vielfach nicht anders zu erklären ist, als daß eben dort ein breites und tiefes Tal verläuft (43). Eder hat aus ganz untergeordneten Bruchbewegungen am Rande der Heuberggruppe auf eine tektonische Entstehung des Unterinntales schließen wollen (13) und damit die nicht besser begründete Anschauung von Schlosser wieder aufgegriffen (52)[1]).

Die jüngste Zeit hat lehrreiche Beispiele dafür geliefert, wie außerordentlich vorsichtig man auch in der Tektonik der Ostalpen mit diesem „post hoc, ergo propter hoc" sein muß. Aus der Gestaltung des Gebirges um den Walchensee hatte Knauer, in Anlehnung an ältere Ansichten von Gümbel und Rothpletz, die Ansicht gewonnen, daß die im Schichtbau so klar hervortretende Blattverschiebung am Kesselberg erst in ganz junger Zeit erfolgt sei, als das Gebirge bereits tief durchtalt war (27). Die eigenartige Verschiebung der großen und von niedrigen „Mittelgebirgen" eingefaßten Längstalzüge zwischen Mittenwald und Garmisch einerseits, zwischen Walchensee und unterem Isarquertal andererseits schien diese Ansicht um so mehr zu stützen, als ja auch der eigentliche Rand des Gebirges östlich des Kesselberges um einen anscheinend ganz entsprechenden Betrag weiter nordwärts ins Vorland hinein vorspringt. Die neue Auslotung des Walchensees (15) zeigte ebenfalls eine augenfällige Abhängigkeit des Seegrundes in seiner überaus unruhigen Formengestaltung von Linien, welche der Blattverschiebung am Kesselberg entsprechen. Die neuesten Untersuchungen von Boden (6, 7, 8) haben aber all diese Ansichten über den Haufen geworfen. Die Kesselberglinie streicht nicht etwa am Kalkalpenrande aus, sondern setzt sich quer durch die Benediktenwandgruppe und das vorgelagerte Flyschgebirge bis in die Gegend von Tölz fort, stratigraphisch immer außerordentlich eindrucksvoll, in der Oberflächengestaltung des Gebirges jedoch überhaupt nicht mehr zu erkennen. Die Flyschgrenze bis hinüber zur Leitzach zeigt noch mehrere derartige starke Horizontalverschiebungen, die aber im Formenbilde des Gebirges ebensowenig in Erscheinung treten. Der Gebirgsrand nördlich von Kochel entspricht keiner Blattverschiebung, da sich die Leitlinien des Flysches ungestört über die weite Senke des alten Kochelsees hinweg fortsetzen; damit ist also auch der Gegenbeweis geliefert.

Selbstverständlich wird niemand, der die ostalpinen Verhältnisse nur einigermaßen kennt, einerseits das Vorhandensein junger Störungslinien, andererseits die offenbar ursächliche Abhängigkeit mancher Tiefenlinien und Talzüge von tektonischen Schwächelinien leugnen wollen. Es muß aber für diese Beziehungen und Abhängigkeiten immer ein möglichst schlüssiger Beweis verlangt werden. Die lange

[1]) Wenn ein bekannter älterer Geologe in seinem Kolloquium (nicht etwa in München) noch heute das Vorkommen von „Klaffentälern" verficht und die Alpentäler lediglich als offene Klaffen an der Oberfläche der in Vorwärtsbewegung befindlichen Decken und Schubmassen ansieht, so dürfte er in dieser extremen Form heute freilich ziemlich allein stehen.

tektonische Geschichte gerade der Ostalpen mit ihren wiederholten tektonischen Paroxysmen seit der Kreide bietet Raum und Zeit genug, um an sich alle vorhandenen tektonischen Störungen darin unterzubringen. Es ist ferner allgemein anerkannt, daß im mittleren Tertiär große Teile wenigstens der Ostalpen weitgehend abgetragen waren und eine recht ausgeglichene Formengestaltung besaßen. Die Beziehungen der später erst tiefer eingeschnittenen Täler zu tektonischen Leitlinien können in vielen Fällen mit der Annahme des wählerischen Tiefenschurfes längs den im Bau vorhandenen Schwäche- und Zerrüttungszonen erklärt werden. Nicht selten sind aber auch die Fälle, wo die Formenentwicklung auf posthume tektonische Bewegungen hindeutet, welche den im stratigraphischen Aufbau, also der Struktur des Gebirges erkennbaren Linien geradezu zuwiderlaufen.

Wieder bietet das Unterinntal ein lehrreiches Beispiel. Aus den neuen Aufnahmen von HASEMANN, OSSWALD, BODEN, EDER und FINKELSTEIN ergibt sich deutlich eine Art Querfaltung des Gebirges, dessen tiefster Walmlinie das heutige Inntal unterhalb von Kufstein folgt; mittelbar äußert sich dies in den merkwürdigen Diagonalsprüngen, welche als Verwerfungen links vom Inntal nach NW, rechts von jenem nach NO verlaufen. Aber die Formengruppen ziehen über diese ältere Querfaltung und die Diagonalsprünge ganz unbekümmert hinweg. Dagegen führt die Beachtung der eigenartigen Stufenmündungen, mit denen die kleineren Täler aus den Gebirgsgruppen beiderseits des Unterinntales ins Vorland hinauslaufen, zu der Annahme einer im gleichen Gebiet erfolgten jüngeren Querfaltung, bei welcher nun gerade die Sattellinie dem Unterinntale entspricht (36).

Je tiefer man in die Einzelheiten des Gebirgsbaues eingedrungen ist, um so verwickelter haben sich dieselben erwiesen. Und es ist klar, daß sich diese Erscheinung wiederholen wird, je mehr man auch die wirklich posthumen Bewegungen mit Hilfe des Formenschatzes zu erkennen lernt.

Dabei ergibt sich aber auch umgekehrt die Forderung für die Morphologen, ihre tektonischen Mutmaßungen möglichst sicher und sorgfältig zu begründen. Eine Zeitlang, als unter der geistigen Vorherrschaft von DAVIS ein für alle oder wenigstens die meisten Fälle vorgesehenes Normalschema ein bequemes Hilfsmittel geradezu für eine großzügige morphologische Kartierung zu bieten schien, da lautete allzuoft die Regel: was man nicht mehr erklären kann, das sieht man als tektonisch an. Auch in dieser Hinsicht sind die letzten Nachwehen bis heute nicht überwunden.

So muß es mindestens als höchst unsicher gelten, wenn RINALDINI in ihrer fleißigen Arbeit über die Kitzbüheler Alpen (51) lediglich aus dem Verlaufe der Gipfelhöhen und der Anordnung des Gewässernetzes auf einen doppelten Querfaltenwurf innerhalb ihres Arbeitsgebietes schließen zu können glaubt, ohne den Anschluß an die gut entwickelten älteren Talterrassen der Nachbargebiete ernstlich zu versuchen. Auch KREBS hat noch neuerdings (29) davon gesprochen, daß die nördlichen Kalkalpentäler ursprünglich „konsequent" angelegt gewesen seien und damit vorläufig unbewiesene Voraussetzungen vorweggenommen, wie dies für Savoyen auch KILIAN getan hat.

Mir selber hat Machatschek mit Recht vorgeworfen, daß ich aus der Anordnung der Gipfelflur in den Ostalpen (33) vorschnell und ohne hinreichende Berücksichtigung des Aufbaues und der petrographischen Voraussetzungen auf einen längs und quer gerichteten posthumen Großfaltenwurf des Gebirges geschlossen habe.

Es ist freilich außerordentlich schwierig und kennzeichnet die Jugend unserer das vorliegende Gebiet betreffenden Erkenntnisse, daß gleichmäßige Berücksichtigung geologischer und morphologischer Bedingtheiten, wie sie allein zu einem richtigen Verständnis für das gegenseitige Verhältnis zwischen Struktur und Skulptur des Gebirges führen kann, kaum erfolgt. Machatschek hat hier ein mustergültiges Beispiel gegeben (41), aber auch Winkler (63, 64) u. a. haben neuerdings gezeigt, wie auf diesem Wege schöne Fortschritte zu erzielen sein werden.

2. Die Gipfelflur.

Die alpine Gipfelflur, früher schon lange erkannt und als Tatsache hingenommen, hat in jüngster Zeit eine vielseitige Erörterung erfahren. Aber wenn auch die Ansicht v. Staffs (58), der sie aus einer pliozänen Fastebene herleiten wollte, heute wohl kaum noch irgendwelche Anhänger zählt (11), so stehen sich doch zwei Ansichten schroff gegenüber: die einen sehen in der Gipfelflur nur eine geologische Eintagserscheinung, bedingt durch Taldichte und Tiefennagung und abhängig von der wechselnden Widerständigkeit des Aufbaues; die anderen betrachten sie als — wenn auch wohl teilweise stark umgewandelte und erniedrigte — Erbin eines alten, weitgehend ausgeglichenen Reliefs, also eine der Staffschen Vorstellung sehr nahestehende Form. Gerade in den Ostalpen mit den ausgedehnten Resten einer alten Flach- oder Hügellandschaft sind die letzteren Ansichten naheliegend, während in den Westalpen schon rein zeitlich keine Möglichkeit zur Entstehung einer derartigen Ausgleichsbildung vorhanden war. Andererseits ist aus den Westalpen zuerst auf die eigenartige Erscheinung zweier übereinanderliegender Gipfelfluren in der Nachbarschaft des Rhonetales hingewiesen worden (18). Erklärung und Beobachtung gehen hier aber noch weitgehend durcheinander, und eine Klärung ist noch nicht abzusehen.

Für ein eng begrenztes Gebiet hat Machatschek mit Recht auf die rein petrographische Bedingtheit der verschiedenen Gipfelhöhen und ihrer Anordnung hingewiesen (41). Aber schon im Bereich des Unterinntales erkennt man, daß es mit einer so einfachen Erklärung nicht sein Bewenden haben kann: hier sind die mittelgebirgsartig geringen Gipfelhöhen, welche weite Teile der Kitzbüheler Alpen beherrschen, auch im härtesten Wettersteinkalk des Pendlingzuges festzustellen, und von den grünen Gipfeln der Schlierseer Kalkvoralpen eröffnen sich unbeschränkte Fernsichten bis zu den Hochkämmen der Zentralalpen, hinweg über verschiedenste tektonische, stratigraphische und petrographische Elemente.

Andererseits versagt die von PENCK (45) gegebene Erklärung durch die fortschreitende gleichmäßige Erniedrigung des Schneidengebirges überall dort, wo an den Talflanken Reste älterer Gehänge und Talböden erhalten geblieben sind, was ja für einen sehr großen Teil aller Alpentäler zutrifft. Auch die Ansicht eines durch die Gipfelflur wiedergespiegelten Großfaltenwurfes bedarf weitgehender Einschränkung: wenn die niedrigeren Erhebungen in der Nachbarschaft der großen Längstäler nur durch Einbiegung einer ursprünglich einheitlichen Gipfelflur erklärt werden sollen, so müssen die dabei in Frage kommenden beträchtlichen Höhenunterschiede sich auch in der Struktur wieder nachweisen lassen: liegt doch z. B. im Rhonegebiet die untere Gipfelflur fast 1 $^1/_2$ km tiefer als die obere; aber solche Höhenunterschiede auch in den Profilen der schweizerischen Geologen wiederzuerkennen, dürfte kaum möglich sein. PENCK geht sogar noch weiter und sucht einen Zusammenhang zwischen Gipfelform und jenem Großfaltenwurf in der Gipfelflur: in den Walmlinien sollen die Rundkuppen, auf und an den Sätteln die Spitzen und Schneiden liegen. Daß auch diese Ansicht nicht allgemein zutrifft, lehrt der Hinweis auf zentralalpine Kuppengipfel wie die Ötztaler Weisseespitze oder die Hohe Munde in den Mieminger Bergen, während auch ganz niedrige Erhebungen wie der Leonhardstein bei Tegernsee ausgesprochene Spitzenform aufweisen.

Es wäre sehr nützlich, wenn einmal eine Karte der alpinen Gipfelformen genauen Aufschluß über die Verbreitung der runden und der scharfen Formen gewähren könnte. Aber auch so schon wird man BRÜCKNER (9) ohne weiteres recht geben dürfen, der die Ansicht, die eigentlichen Hochgebirgsformen seien die ältesten Züge im Antlitz der Alpen, als mindestens gänzlich unbewiesen erweist. Denn die höchsten Teile des Gebirges — gleichviel, weshalb sie gerade die höchsten Teile geworden sind — waren naturgemäß am ehesten und am längsten den Einwirkungen der quartären Vergletscherung ausgesetzt. Diese hat aber, wie noch auszuführen sein wird, auch abgesehen von ihrer Abhängigkeit von der Formung des voreiszeitlichen Geländes, eine Reihe von höchst bezeichnenden Bildungen hervorgebracht, zu denen besonders auch der durch Randkluft und Frostverwitterung bedingte First- und Horncharakter der hochalpinen Gebirgsteile zu rechnen ist.

Die fortschreitende Erkenntnis hat zu der Einsicht geführt, daß bei genügender Beschleunigung des Hebungsvorganges eines Gebirges gegenüber den entgegengesetzt wirkenden Kräften der Abtragung kaum eine obere Grenze für die absolute Gipfelhöhe angegeben werden kann. Hochasien, insbesondere die Randgebiete Indiens, sind die großartigsten Beispiele dafür, wie eine verhältnismäßig wenig gegliederte Kuppenlandschaft durch gewaltige Hebungen trotz ungeheuerster Leistungen der Tiefennagung Gipfelhöhen erreichen kann, welche das doppelte der alpinen betragen. Ich kann LEHMANN (31) nur durchaus beipflichten, wenn er von anderen Erwägungen aus zu dem gleichen Ergebnis gelangt: daß es nämlich ein sogenanntes „oberes Denudationsniveau", wie PENCK es vor einem Menschenalter zur Erklärung der alpinen Gipfelflur annehmen zu müssen glaubte, nicht gibt und nicht geben kann.

Es können also eine Reihe von Ergebnissen festgestellt werden, welche mehr oder weniger negativ sind. Die Gipfelflur der Alpen ist nicht aus einer Fastebene entstanden, sie ist nicht durch ein oberes Denudationsniveau zu erklären, sie entspricht auch nicht der gleichmäßigen Erniedrigung eines Schneidengebirges, sie ist nicht rein petrographisch bedingt, ihre Ungleichheiten können in vielen Fällen nicht durch nachträgliche Verbiegungen einer ursprünglich einheitlichen und gleichmäßigen Bildung im Sinne eines Großfaltenwurfes erklärt werden. Es ist aber auch zu beachten, daß man sich hüten muß, die sehr ungenauen Eindrücke einer Gipfelschau zu irgendwelchen Ergebnissen auszuwerten: die Einflüsse der Perspektive, welche mit wachsender Entfernung alle senkrechten Abstände mehr und mehr vermindern, erwecken hier oft falsche Vorstellungen. Graphische Darstellungen einer Gipfelflur, sei es einer beschränkten Gruppe oder eines weiteren Gebirgsraumes, bilden die sicherste Unterlage; aber auch hier liegen erst wenige Versuche vor (33, 38, 41, 61), welche die große Schwierigkeit der für jede schematische Darstellung notwendigen subjektiven Willkür noch nicht im erforderlichen Maße eingedämmt haben.

Daß die Gipfelflur nicht einer nachweisbaren alten Landoberfläche entspricht, zeigen die Kalkstöcke der nordöstlichen Alpen, welche sie ja nur in ihren Höchsterhebungen berührt. Aber die einheitliche Gipfelhöhe ist gerade dort eine Folge des in ausgedehnten Resten erhaltenen, schwach gewellten tertiären Reliefs, und Abweichungen sind die Folge jüngerer Tektonik. In jenen Fällen also, wo nicht ausgesprochene petrographische Bedingtheiten vorliegen, wird man doch wohl einheitliche Gipfelfluren mit alten, erloschenen Landoberflächen in Verbindung bringen dürfen, nicht etwa als deren „Talbodenreste", sondern als Tangenten der höchsten Erhebungen bei unbekannter, aber kaum sehr beträchtlicher Reliefenergie. In diesem Sinne hat sich auch, vorsichtiger als v. Klebelsberg (26), für die Suganer Alpen Schwinner geäußert (54). Inwiefern die großen Ungleichheiten in der Höhe der alpinen Gipfelflur auf posthume Bewegungen zurückgehen und welches Alter solchen Bewegungen zukommt, bleibt noch aufzuklären. Ob dabei der eigenartigen Tatsache, daß im Rhonegebiet der Abstand zwischen der unteren und der oberen Gipfelflur ungefähr derselbe ist wie zwischen der unteren Gipfelflur und den heutigen Talsohlen, besondere Bedeutung zukommt, wage ich nicht zu entscheiden. Die Tatsache solcher doppelter Gipfelfluren möchte ich dagegen viel eher als die merkwürdige Breite pliozäner Talbodenreste im Sinne Ampferers aus dem Zusammenwachsen und Verschmelzen benachbarter, meist wohl tektonisch vorgezeichneter Paralleltäler und dem Verschwinden von „Trenningen" (Sölch) verstehen.

3. Die Taltreppe.

Daß die Eintiefung der Alpentäler in einzelnen Abschnitten erfolgt ist, dürfte als allgemein anerkannte Tatsache betrachtet werden können (28, 53). Über die Zahl und Art dieser Abschnitte sind die Meinungen noch weitgehend geteilt. Aber es ist zu beachten, daß HERITSCH, der meine in dieser Zeitschrift vorgeschlagene Gliederung zunächst als sehr weitgehend angesehen hatte (19), neuerdings noch darüber hinauszugehen scheint (20); und BRÜCKNERs Zweifel (9) sind inzwischen durch MACHATSCHEKs mit meiner Auffassung weitgehend übereinstimmende Untersuchungen (41) wohl überzeugend widerlegt worden. Daß dabei über die verschiedenen Altersbeziehungen noch einige Unstimmigkeiten herrschen, darf nicht wundernehmen.

Grundsätzlich muß aber betont werden, daß eine nur einigermaßen weitgehende morphologische Einheitlichkeit für das gesamte Alpengebiet von vornherein als undenkbar erscheinen muß. Nicht nur das Gebirge wird sich bei den posthumen Bewegungen in seinen einzelnen Teilen entsprechend seiner inneren Struktur verschieden verhalten haben, sondern auch das Vorland spielt hier eine wichtige Rolle. Es kann also nicht wundernehmen, daß die Gliederungsversuche je nach dem Arbeitsgebiet in den nördlichen Kalkalpen, am Ostrand des Gebirges, in den Südalpen oder gar im Westen zu ganz verschiedenen Ergebnissen gelangt sind. Das ist durchaus kein Widerspruch in sich; anderseits greifen einzelne Formengruppen bald hier, bald dort in Nachbargebiete über und lassen so die Gewinnung gewisser „Leithorizonte" zu, welche für die Gesamtzusammenhänge und die zeitlichen Aufeinanderfolgen die erforderlichen Unterlagen gewähren.

Auf die Namengebung kann es nicht ankommen, wohl aber auf die tatsächlich unterscheidbaren Abschnitte. Deren Erkennung wird um so leichter, je ausgedehnter neben Terrassenresten und Abtragungsformen auch entsprechende Ablagerungen vorhanden sind. Auf solche Weise ist ja auch die Altersbestimmung für die mitteltertiäre ostalpine Kuppenlandschaft gewonnen worden. Aber auch hier sind z. B. im eingehend untersuchten pannonischen Randgebiete die Auffassungen noch weitgehend ungeklärt und noch viele Widersprüche ungelöst, und auch für die Südalpen dürften die gegenseitigen Entsprechungen nicht so einfach auseinanderzuhalten sein, wie dies nach SCHWINNERs Darstellung erscheinen könnte (54).

In den Gebieten, wo keine vorquartären Flußablagerungen erhalten sind — und dies sind die größten Teile der Alpen —, ist eine Sicherheit für die zeitliche Gliederung der posttektonischen Entwicklung nur in der Weise annähernd zu erreichen, daß man wie MACHATSCHEK in jedem einzelnen Talgebiet alle erkennbaren Gehängegliederungen, Terrassen oder Gehängereste oder Eckfluren, plan-

mäßig verfolgt und dann untereinander vergleicht. Es ist an sich natürlich nicht möglich, eine Felsleiste in bestimmter Höhe in einem Tale mit einer Felsleiste in gleicher Höhe in einem anderen Talgebiete ohne weiteres gleichzusetzen. Es kommt hier viel weniger auf die absoluten Höhenwerte als auf die relativen Abstände der einzelnen Terrassenreste usw. unter sich sowie zur heutigen Talsohle an. Gewisse große Hauptzüge lassen sich gewiß auf weitere Erstreckung erkennen; aber sobald man ins einzelne gehen will, muß man an jenem wichtigen Gesichtspunkt festhalten.

Auf diese Weise nur war es möglich, daß Machatscheks und meine Beobachtungen, obwohl wir zuvor über den Gegenstand nie im Meinungsaustausch gestanden hatten, schon bei einer ersten Besprechung im gemeinsamen Grenzgelände so gut wie restlos zusammenstimmten. Meine „Eckenberg-Phase", welche Machatschek in seinem Gebiete nicht erkennen zu können glaubte, ist inzwischen in einem Randgebiet desselben durch Pia wiedergefunden worden (50); übrigens dürften ihr auch die Höhen um den Hochsäul (1759 m) im Durchlaß zwischen Loferer und Leoganger Steinbergen angehören.

Die in den Salzburger Kalkalpen sehr gut entwickelte „Reichenhaller Phase" verschwindet gegen Westen und ist auch in Heritschs Darstellung für den Ostrand des Gebirges (20) unberücksichtigt: ein Beispiel dafür, daß sich die einzelnen Gebirgsteile zu verschiedenen Zeiten verschieden verhielten und man daher unmöglich erwarten kann, in jedem Talgebiet nun auch alle etwa anderwärts festgestellten Abschnitte wiederzufinden.

Läßt sich also hoffen, daß in absehbarer Zeit wenigstens über die Hauptphasen der posttektonischen Entwicklung des Gebirges und der allmählichen Eintiefung der Täler eine gewisse Klarheit gewonnen werden kann, so liegen die Verhältnisse schon viel ungünstiger, wenn man nun auch für die verschiedenen Abschnitte das zugehörige Gewässernetz wiederherstellen und spätere Talverlegungen, Anzapfungen u. ä. im einzelnen verfolgen will. Wie sehr man indessen auch hier bei einigermaßen einheitlichem Bau des betreffenden Gebirgsteiles zu recht brauchbaren Ergebnissen gelangen kann, hat abermals Machatschek gezeigt. Freilich, außerhalb der Kalkstöcke mit ihren immer verhältnismäßig engen Talfluchten werden die Schwierigkeiten auch ungleich größer. Es kommt zu allen schlechten oder lückenhaften Erhaltungszuständen älterer Abtragungsformen noch stets die Möglichkeit nachträglicher tektonischer Verstellungen oder Verbiegungen; auch aus diesem Grunde kann aus der absoluten Höhenlage einer Formengruppe allein noch keinerlei weitere Schlußfolgerung gezogen werden. Und selbst bei anscheinend offensichtlichen Zusammenhängen sind oft die allgemeinen Unsicherheiten so groß, daß bei sorgfältigster Überlegung Täuschungen und Fehlschlüsse möglich bleiben.

Die glaziale Umgestaltung des Formenschatzes trägt zu weiterer Verwischung bei und bedingt infolge der so überaus ungleichmäßigen Abtragung durch das Eis, daß viele Elemente heute zu tief liegen und sich entweder gar nicht oder nur mit größter Unsicherheit einordnen lassen. Wenn man

lange im Gelände arbeitet, so entwickelt sich mit der Zeit ein gewisses instinktmäßiges Empfinden dafür, was man für möglich hält; aber es braucht nur auf die temperamentvollen Ausführungen von ALB. HEIM in der „Geologie der Schweiz" hinsichtlich dessen, was er an Schurfkraft den Gletschern „zumuten" zu können meint, und auf die gerade entgegengesetzten Auffassungen der Hyperglazialisten wie HESS, LUCERNA, LENCEWICZ usw. (21, 22, 32, 39, 40) hingewiesen zu werden, um das Bedenkliche solcher subjektiven Arbeit klarzulegen. Bei meinen Versuchen, die präglazialen Talsysteme zwischen Lech und Saalach aufzuhellen, ist mir diese Unsicherheit oft in peinlichster Weise zum Bewußtsein gekommen; wie leicht hier Irrtümer möglich sind, scheint auch aus der Neuauslotung des Walchensees (15) hervorzugehen, welche sich mit meiner Mutmaßung eines präglazialen Isarlaufes über den Paß von Wallgau und durch die Jachenau nur schwer vereinigen läßt. Aber wenn man auch oft bei solchen Erstlingsversuchen schier verzagen will: cui bono?, so sind doch solche erste Unterlagen vielleicht für spätere Untersuchungen mit vervollkommneter methodischer Grundlage nicht ohne Nutzen.

Die in dieser Zeitschrift gegebenen Skizzen, welche wohl den Hauptanstoß zu den erwähnten Zweifeln von AMPFERER geliefert haben, enthalten jedoch nur wenige Einzelheiten und sind hauptsächlich auf die wichtigsten Talzüge beschränkt. Hier sind die Unsicherheiten schon viel weniger groß. So sind, um nur ein Beispiel anzuführen, in der Nachbarschaft des Fernpasses wie an den Ehrwalder Thörlen und in der Umgebung des Plansees weitgedehnte Flächen in 1500—1600 m Höhe erhalten, welche in dieser Breite nur einem alten Haupttale angehören können und über den Königstand am Kramer ins untere Loisachquertal sowie von diesem hoch über der engen Schlucht der heutigen Eschenlaine zur flachen Kuppe des gegen 1400 m hohen Griesberges und zu dem erloschenen Talausgang des Kesselberges hinüberleiten. Weitschichtiges Material, im Laufe jahrelanger Begehungen zusammengetragen, läßt schließlich gewisse große Hauptlinien erkennen, während Zweifel hinsichtlich ungezählter Einzelheiten von einer Veröffentlichung einstweilen abhalten — wie es ja auch z. B. SÖLCH für seine steirischen Untersuchungen nicht wesentlich anders ergangen ist (56). Ich gestehe gern, daß ich mich MACHATSCHEKS reifer Planmäßigkeit noch nicht ebenbürtig fühle, und habe darum jene mir halbwegs gesichert erscheinenden Hauptlinien erst einmal herausgegriffen, um zu zeigen, wie nach meiner Überzeugung der Werdegang des von mir untersuchten Gebirgsteiles zu denken ist.

Wenn AMPFERER daran Anstoß zu nehmen scheint, daß ich jene Auffassungen allzu positiv vorgetragen habe, so mag das in der Form berechtigt sein. Aber die alpine Formenkunde ist noch jung, und bekanntlich tritt nichts so positiv auf wie die Jugend. Die Geologie, insbesondere die Lehre vom Deckenbau der Alpen — ob es sich dabei nun um Tauchdecken oder Schubdecken handelt — zeigt zahlreiche Gegenstücke hierzu. Die damit verbundene Gefahr ist wohl nicht so groß, wie es auf den ersten Blick scheinen könnte: für den Fernerstehenden sind ja doch nur die Hauptgesichtspunkte wesentlich, und diese dürfen nach allem als leidlich begründet angesehen werden; und der eingeweihte Spezialkenner weiß ohnehin, was er von allem zu halten hat, da er sich selber oft genug in entsprechender Lage befunden hat. Die Hauptsache ist, daß man immer ehrlich bleibt und sich nie scheut, sich auch selber einmal gründlich zu widerlegen und überzeugende Gegenbeweise anderer rückhaltlos anzuerkennen. Gerade das ist es ja auch, was uns Jüngeren an den berufenen Führern wie PENCK, HEIM, AMPFERER usw. so besonders nachahmenswert erscheint.

Es würde zu weit führen, AMPFERERS wie immer höchst geistvollen Überlegungen in alle Einzelheiten zu folgen; daß ich in manchem nicht mit ihm übereinstimme, wurde schon hinsichtlich des Zusammenwachsens von Parallel-

tälern hervorgehoben. Es ist Sache der Veranlagung und Erziehung, ob man derartige Gegenstände rein theoretisch deduktiv oder mehr praktisch induktiv behandeln will. Beides zu können ist AMPFERERS Vorzug; ersteres mir gründlich abgewöhnt zu haben, ist das Ergebnis der zwar mitunter recht herben, aber in mancher Hinsicht auch heilsamen Zucht durch v. DRYGALSKI. Freilich besteht nun die Gefahr, bei zusammenfassenden Betrachtungen wie der vorliegenden mehr als gebührlich die negativen Gesichtspunkte hervortreten zu lassen, indem die bisher geäußerten theoretischen Anschauungen an der Hand von Tatsachenmaterial geprüft und kritisch behandelt werden. Aber indem sich gerade dadurch doch auch wieder neue Gesichtspunkte zeigen und der Schatz des bekannten Tatsachenmaterials erweitert wird, wird vielleicht doch auch ein Baustein zu weiterem, positivem Fortschritt beigetragen. Docendo discimus — wenn je, dann gilt dies Wort von den jungen Zweigen unserer Wissenschaft und in besonders hohem Maße von der alpinen Formenkunde.

Was oben von den Ostalpen gesagt wurde, gilt in noch viel höherem Maße von den Westalpen. Auch hier ist besonders aus den eigenartigen Taltorsi der großen Pässe die Auffassung von zahlreichen Veränderungen im Gewässernetz erwachsen, wovon aber nur die Erscheinung einigermaßen als gesichert gelten kann, daß die Flüsse der Südabdachung infolge ihres steileren Gefälles sich allmählich auf Kosten jener der Nordabdachung rückwärts ausgedehnt haben. Die eigenartigen, flachen Firnfelder inmitten wildester Hochgipfel, wie sie u. a. besonders eindringlich die Nachbarschaft des Matterhorns zeigt, verdienten einmal eine planmäßige und zusammenfassende Darstellung, welche vielleicht dann auch zu einem Verständnis für die merkwürdige doppelte Gipfelflur in jenem Gebiet führen könnte (s. o.). Mit den bisherigen Unterlagen, selbst wenn sie an sich so viel innere Wahrscheinlichkeit besitzen wie die schon vor Jahrzehnten niedergelegten Ausführungen von ALB. HEIM, lassen sich noch keinerlei wie immer geartete weitere Schlußfolgerungen ziehen.

Die Art und Weise formenkundlicher Beobachtungen wird sich jeder nach seinen persönlichen Eignungen einzurichten haben. Es stehen sich heute im wesentlichen zwei grundsätzliche Ansichten in dieser Hinsicht gegenüber: die einen (z. B. v. KLEBELSBERG) suchen vorläufig einmal das ohne weiteres „Greifbare" vorwegzunehmen und geben mehr oder weniger großzügige und zusammenfassende Übersichten, auf die Gefahr hin, zu grob zu verallgemeinern und Verschiedenartiges gleichzusetzen, und unter Benutzung von Kartenunterlagen möglichst weiträumig über ausgedehntere Gebiete hin. Die anderen dagegen (MACHATSCHEK, SÖLCH usw.) beschränken sich auf einen engeren Arbeitsraum, den sie nun aber sorgsam nach allen Einzelheiten durchforschen, wobei möglichst jede mitgeteilte Tatsache auf eigener Beobachtung beruht und alle Schlußfolgerungen auf größtmögliche Tatsachengrundlage sich stützen. Beide Wege können zum Fortschritt führen, beide haben ihre Vor- und Nachteile: der erstgenannte kann leicht zu falschen allgemeineren Schlüssen Veranlassung geben und zieht vor allem die Unmöglichkeit nach sich, den feinen Bewegungen der posthumen Tektonik nachzuspüren und sie überhaupt zu erkennen. Der zweite Weg dagegen, im allgemeinen wohl mehr zu empfehlen, kann dazu verleiten, Erscheinungen von größerer Allgemeingültigkeit aus örtlichen Verhältnissen zu erklären

und über der gediegenen Kleinarbeit die großen Gesichtspunkte aus dem Auge zu verlieren (z. B. in gewisser Hinsicht DISTEL, CREUTZBURG, WALDBAUR u. ä.). Beides wird nebeneinander herzugehen haben und kann sich dann in glücklichster Weise ergänzen.

Viel umstritten in der Formenkunde überhaupt ist die Zulässigkeit der Verwendung von Kartenunterlagen für die Ausdehnung gewonnener Schlußfolgerungen über das selber besuchte Arbeitsgebiet hinaus. Bei der Ungleichwertigkeit der alpinen Karten versteht es sich von selbst, daß für mehr ins einzelne gehende Erscheinungsformen nur das beste Material verwendet werden darf. Erstrebenswert bleibt natürlich immer, daß alles Dargestellte auch selbst gesehen ist, da auch die beste Karte zu irrigen Anschauungen führen kann und vor allem nicht den Unterschied zwischen Aufbau- und Abtragungsformen erkennen läßt. Da es sich aber hier doch wohl meist um Sonderfälle handelt, wird man gegen eine vorsichtige und kritische Heranziehung guter Karten zur Nachprüfung und Ergänzung eigener Beobachtungen nichts einwenden können.

Wenn selbst auf einem so vortrefflichen Kartenwerke wie dem Siegfriedatlas der Schweiz gelegentlich so falsche Isohypsenführungen vorkommen, wie ich selber sie beim Abstiege vom Surenenpaß ins Reußtal bei Erstfeld feststellen mußte, so verringert das doch auf der anderen Seite nicht das hohe Interesse, welches den von HESS durchs Rhonetal gelegten Querschnittreihen zukommt: die aus ihnen klar zu erkennende Gesetzmäßigkeit in der Gliederung der Gehänge verliert ihre grundsätzliche formenkundliche Bedeutung nicht dadurch, daß HESS seine hyperglazialistischen Schlüsse daraus gezogen hat. Wie weit allein aus einer guten Karte formenkundliche Schlußfolgerungen abgeleitet werden dürfen und wie weit solche mit Notwendigkeit unsicher oder irrig bleiben, lehrt der Fall der Ankogelgruppe, wo PENCKS aus der hervorragenden Alpenvereinskarte AEGERTERS gewonnene Ansichten durch CREUTZBURG in mancherlei Weise bestätigt oder berichtigt worden sind (10).

Die Erkennung der Formen im Gelände setzt zunächst eingehende Kenntnis der Struktur des betreffenden Gebietes und der ungleichartigen petrographischen Widerständigkeiten unbedingt voraus. In den Westalpen wird durch die schwebende oder schwach geneigte Lagerung der Schichten in den liegenden Deckfalten die Unterscheidung zwischen Abtragungsformen und Schichtflächen mitunter erheblich erschwert (z. B. Churfirstenflanke des Walenseetales!), was wohl auch der hauptsächlichste Grund dafür ist, daß über Zahl und Bedeutung der Längsterrassen in den Schweizer Alpentälern bis heute noch die größten Meinungsverschiedenheiten bestehen. In den Ostalpen herrscht dagegen, abgesehen von den Kalkstöcken und ihrer überwiegend flachgelagerten Schollenstruktur, überwiegend steiler Faltenbau, und hier ist die Unabhängigkeit der echten Taltreppe von der Struktur unschwer festzustellen. Damit soll aber natürlich nicht gesagt sein, daß nun hier formenkundliche Untersuchungen besonders leicht auszuführen seien: denn gerade hier bedingen der außerordentlich verwickelte geologische Aufbau und die unaufhörlich wechselnde

Gesteinsbeschaffenheit in weiten Teilen besondere Schwierigkeiten, und erst nach langer Übung und wiederholten Begehungen desselben Gebietes kann man auch hier zu einiger Sicherheit gelangen. Liegt zwischen solchen wiederholten Begehungen eine längere Zeitspanne, so ist man oft erstaunt über das, was man früher übersehen hatte, und sieht viele Einzelheiten nunmehr in ganz anderem Zusammenhange — wie ja auch innerhalb desselben Gebietes zwei verschiedene Beobachter kaum je in allen Beziehungen zu gleichartigen Anschauungen und Schlußfolgerungen gelangen.

4. Glazialisostasie und Eiszeitfragen.

Zu der Erkenntnis, daß nach Vollendung der alpinen Struktur posthume Bewegungen in die Entwicklung der Skulptur hemmend oder fördernd, jedenfalls oft entscheidend eingegriffen haben, tritt neuerdings die Ansicht von Penck (46, 47, 48, 49), wonach auch aus der eiszeitlichen Eisbelastung des Gebirges in ähnlicher Weise wie für die nordischen Vereisungsgebiete Krustenbewegungen in den Alpen sich ergaben, welche im Sinne eines isostatischen Wiederausgleichs nach dem Schwinden der Vergletscherungen zu einer Art von stehenden Wellen, zu glazialisostatischen „Krustenschwingungen" geführt haben. Gab schon die posthume Tektonik mit ihrer Möglichkeit nachträglicher Verstellungen einzelner Gebirgsteile der älteren Ansicht von der ruhigen posttektonischen Entwicklung der Abtragungsvorgänge in dem als en bloc gehoben gedachten Gebirge den Todesstoß, so werden durch Pencks neue Ansichten weitere, schwerwiegende Komplikationen in dem Werdegang des Antlitzes der Alpen vorausgesetzt. Man kann sich sogar fragen, ob denn überhaupt noch irgendwelche Schlußfolgerungen hinsichtlich der Entwicklung der alpinen Taltreppe und besonders auch hinsichtlich des ohnehin schon schwer erkennbaren Werdeganges des Gewässernetzes gezogen werden dürfen, wenn tatsächlich das Gebirge unter verschiedener Eisbelastung verschieden stark verbogen und nach Schwinden des Eises entsprechend dem Nachhinken der Ausgleichsbewegungen in einer kaum feststellbaren Weise wieder zurückgebogen wurde. Diese Frage ist für die ganze alpine Formenkunde von einschneidendster Bedeutung und läßt sich bei der Neuartigkeit der ganzen Fragestellung in ihren Auswirkungen noch keineswegs übersehen.

Immerhin seien einige kritische Bemerkungen erlaubt. Pencks neue Ansichten gründen sich hauptsächlich auf Beobachtungen im Isar—Inngebiet der Ostalpen, und er glaubte sie dann auch auf größere Erstreckung bis weit in die Schweiz hinein verfolgen zu können. Wesentlich wichtiger als die stratigraphische Feststellung einer in weiten Teilen der Alpen vorkommenden „interglazialen Formation" entsprechend Ampferers Auffassung der Inntalterrasse (5) ist jene andere, daß die Spiegel interglazialer und postglazialer alpiner Talseen eine nachträgliche Verbiegung bezw. Schrägstellung aufzu-

weisen haben. Die Erscheinung ist überall dieselbe: alte Uferbildungen früherer Höchstwasserstände liegen gebirgseinwärts höher als auf der entgegengesetzten Seite. Wenn dies aber für das Gebirge am Tegernsee und am ehemaligen Tölzer See zutrifft, so doch in keiner Weise am Rosenheimer und Chiemsee (60), und andererseits ist eine ganz entsprechende Schrägstellung alter Uferlinien noch weit draußen im Alpenvorland am Ammer- und Würmsee wahrzunehmen. Östlich und westlich des Inns bestehen also verschiedene Verhältnisse.

Unsicherer liegen die Dinge für interglaziale Seen und deren Uferbildungen. PENCKS Ansichten stützen sich hier vor allem auf den großen Isartalsee, für den er eine einheitliche Erstreckung von Mittenwald bis nach Tölz hin annehmen will. Obschon manche Einzelheiten hierüber wohl erst noch aus dem „Geographischen Führer durch Mittenwald und Umgebung" in einiger Zeit durch PENCK zu gewärtigen sein werden, kann doch schon jetzt festgestellt werden, daß die Annahme einer unmittelbaren Zusammengehörigkeit der interglazialen Seebildungen bei Tölz und in der Nachbarschaft von Mittenwald vollkommen willkürlich ist. v. WOLF hat dargetan (65), daß jüngere Seeablagerungen des Isarlängstales in die postglazialen Terrassen im Unterlaufe des Walchentales eingeschaltet sind, und das Vorhandensein eines postglazialen Sees im Talstück unterhalb der Enge von Fall, wie ich es aus dem (jetzt zerstörten) Aufschluß eines Schotterdeltas am Bacherleger abgeleitet hatte, ist seither durch GAMS (16) einwandfrei durch postglaziale Seeablagerungen bestätigt worden. Damit entfällt aber die Möglichkeit, schlechthin alle Seeablagerungen im ganzen Isartal, auch wenn sie nicht von jüngeren Moränen überlagert werden, einem einheitlichen interglazialen Talsee zuzuordnen. Zwischen dem Wilfertsgraben zwischen Vorderriß und Fall und der nächsten Umgebung von Tölz findet sich keinerlei Seeablagerung, welche durch Moränenüberlagerung einwandfrei als interglazial erwiesen wird; alle Seebildungen auf dieser Zwischenstrecke können den postglazialen Seen angehören. Damit entfällt natürlich auch die Möglichkeit, aus der Verschiedenheit der Seespiegelhöhe bei Mittenwald und Tölz auf eine große Schrägstellung dieses Gebirgsteiles zu schließen; merkwürdigerweise ist PENCK auf den Seekreidefund HEMMERS im Isarlängstale, welcher der Mittenwalder Spiegelhöhe auffallend nahekommt, gar nicht weiter eingegangen (35). Bedarf es hier also noch sorgfältiger Nachprüfung aller Einzelheiten, so scheint mir aus der verschiedenen Höhenlage des Deltas am Bacherleger im Süden des Tölzer Quertalstückes und der von GAMS aus der Umgebung von Tölz beschriebenen jungen Seeablagerungen doch hervorzugehen, daß wenigstens der postglaziale Tölzer See eine Schrägstellung wie der östlich benachbarte Tegernsee erfahren hat.

Die eigenartige Verbiegung des interglazialen Seespiegels im Inntale zeigt mit ihrer nordsüdgerichteten Achse ein ganz anderes Bild und paßt entsprechend den Ergebnissen der Bohrung von Rum bei Hall viel eher zu einer tektonischen Quermulde im Sinne AMPFERERS als zu glazialisostatischen Ausgleichsbewegungen (2).

Will man sich von der Bedeutung der Eisbelastung für die einzelnen Teile des Gebirges eine klarere Vorstellung machen, so ist ein allgemeiner Vergleich der Eismächtigkeiten in den verschiedenen Alpentälern nützlich. Leider fehlt es für die weitaus größten Alpengebiete noch an zuverlässigen Unterlagen über den Verlauf der Eisstromhöhe; seit PENCK-BRÜCKNERS grundlegendem Werke (44) sind nur für einzelne Gebiete planmäßige Untersuchungen in dieser Rich-

zwischen Arlberg und Salzach ist eine schematische Darstellung auf der hier gegebenen Kartenskizze in der Weise versucht, daß nach den Arbeiten von Müller (42), v. Klebelsberg (23), v. Wolf (65), Levy (37), Rinaldini (51), Distel (12) und Creutzburg (10) der relative Abstand zwischen der ermittelten größten Eisstromhöhe und der heutigen Talsohle verwertet wurde; da aber letztere fast durchweg in postglazialen Aufschüttungen von meist unbekannter Mächtigkeit verläuft, so sind die angegebenen Werte nur Mindestbeträge und in Wirklichkeit noch um einen mehr oder weniger hohen Prozentsatz zu vergrößern.

Letzterer schwankt naturgemäß außerordentlich; wie groß er werden kann, dafür liefert wieder die Bohrung von Rum im Inntale einen gewissen Anhaltspunkt, da er hier volle 13 % der über der heutigen Talsohle feststellbaren, an sich schon $1^1/_2$ km erheblich übersteigenden Eismächtigkeit ausmacht. Die mindestens 200 m postglazialer Talverschüttung bei Rum lassen es wahrscheinlich erscheinen, daß derartig große Beträge überall in den breiten Haupttälern dort zu erwarten sind, wo sich auch anderweitige Anzeichen starker Talzuschüttung einstellen. So gelangt man dazu, die absolut größten Eismächtigkeiten im ganzen Alpengebiet einerseits im oberen Veltlin, andererseits im Gebiet zwischen Meran und Bozen anzunehmen, wo nach den bisherigen Feststellungen die Eishöhe volle 1850 bezw. 1800 m über der heutigen Talsohle lag. Den 1600—1650 m (sichtbare) Eismächtigkeit im Innlängstale sind ähnliche Werte im Tessintale (1650 m bei Roveredo, 1600 m bei Biasca) und auf auffallend kurze Erstreckung auch im Rhonetal (1600 m bei Martinach) zur Seite zu stellen. Eismächtigkeiten von mindestens $1^1/_2$ km sind ferner festgestellt im Rheintal bei Chur, im weiteren Etschgebiet bei Bruneck, Mals und Trient, am Nordende des Comersees; solche von 1400 m im Drautal bei Lienz und im Ogliotal bei Breno, von 1300—1350 m noch im obersten Bergell, was überall in Anbetracht der aufgeschütteten Talsohlen noch auf tatsächliche Eismächtigkeiten von mindestens $1^1/_2$ km schließen läßt (17, 62).

Vergleicht man nun die eben aufgeführten Talgebiete untereinander, so erkennt man sofort ihre bunte Mannigfaltigkeit. Wohl gibt es Reste eines interglazialen Etschtalsees bei Bozen, nicht aber bei Meran; und für eine interglaziale Seebildung im obersten Veltlin fehlen alle Anhaltspunkte. Stark verschüttete Täler stehen neben solchen, wo die Tiefennagung auch während des Eiszeitalters kräftig gewirkt und zu einer rückwärtigen Ausdehnung des Einzugsgebietes geführt hat (z. B. Ogliotal, Bergell). Nirgends läßt sich in diesen Gebieten ein durchgehendes, gemeinsames Merkmal erkennen, welches der allen gemeinsamen Eisbelastung von $1^1/_2$—2 km entsprechen könnte.

Zunächst liegt es daher nahe, die nordalpinen Erscheinungen mit ähnlichen zu vergleichen, welche am Südalpenrand beobachtet worden sind. Hier hat Penck (44) eine Aufbiegung der randlichen pliozänen Talböden im Etschgebiet wahrscheinlich gemacht; diese Aufbiegung hat aber das präglaziale Tal nicht mehr betroffen. Die erwähnten Schrägstellungen im Nordalpengebiet westlich des Inns können um so eher auf entsprechende, rein tektonische Ursachen zurückgehen, als Nordhagen (16) mit Recht die ungewöhnliche Steilheit des die Münchener schiefe Ebene bildenden Niederterrassenfeldes auf eine gleichgeartete nachträgliche Schrägstellung desselben zurückgeführt hat.

Ein Blick auf die umstehende Kartenskizze zeigt jedoch, daß auch allgemeinere Zusammenhänge mit der quartären Eisbelastung nicht ganz von der Hand zu weisen sind. Bis etwa zur östlichen Länge des Tegernsees reichen in den nördlichen Kalkalpen in der breiten Flucht des Inntales und

seiner zentralalpinen Quelltäler (besonders des Zillertales) die Eismächtigkeiten von $1^1/_2$—2 km, während weiter im Osten selbst in den zentralalpinen Gebieten die Eismächtigkeit unter $1^1/_2$ km bleibt. Die Gesamtbelastung war also im Westen erheblich größer als im Osten — wenn auch hier ausgedehntere Teile der schmalen Talzüge noch über 1 km hoch von Eis erfüllt waren wie im Westen —, und so erscheint es denkbar, daß das Gebirge in seiner Gesamtheit samt Teilen des angrenzenden Vorlandes nach dem Schwinden der Vereisung gleichsam wieder aufgequollen ist. In dieser ganz allgemeinen Fassung dürfte der Vorstellung von glazialisostatischen Vorgängen eine gewisse Bedeutung zukommen. Nicht aber geht es an, für die einzelnen Talgebiete nach Auswirkungen der verschiedenartigen Druckbelastung zu suchen und gar wie PENCK daran zu denken, die inneralpine Seenbildung mit den am stärksten belasteten Talstrecken in ursächlichen Zusammenhang zu bringen. Das Problem der Alpenseen ist durch diese neue Fragestellung meines Erachtens unnötig verwickelt geworden, da eben gerade die eigenartige Tatsache, daß in Tälern mit gleicher Eisbelastung durchaus nicht immer auch gleichmäßig Seenbildung oder Fehlen von Seen herrscht, die weitgehende Unabhängigkeit der letzteren von den hier zur Erörterung stehenden Vorgängen deutlich genug veranschaulicht.

In ähnlicher Weise läßt sich, besonders für das auf der Kartenskizze dargestellte engere Gebiet, die Unabhängigkeit der interglazialen Talverschüttungen von der Entwicklung der Eismächtigkeit in den einzelnen Tälern dartun. Die Inntaler Verschüttung reicht über den Bereich großer Eismächtigkeit weit hinaus durchs Längstal von Walchsee nach Kössen. Starke Verschüttung herrscht in der weiteren Umgebung von Mittenwald im Isartal, nicht aber in dem unter gleicher Belastung stehenden benachbarten Becken von Garmisch, dagegen wieder in dem von viel geringerer Eismächtigkeit erfüllten Becken von Reutte. Die ausgedehnten interglazialen Nagelfluhbildungen im Gebiet von Reichenhall und Berchtesgaden oder im Salzkammergut zeigen in ihrer Verbreitung nicht die geringsten Beziehungen zu der Eismächtigkeit in den fraglichen Talstrecken. Diese Beispiele ließen sich beliebig vermehren, wobei hier nur noch der Hinweis auf das Etsch—Eisack- und das Draugebiet erfolgen soll. Aus dem von mächtigen Eisströmen erfüllten Gebiet der Rhone, des Tessin, des oberen Bergell sind überhaupt keine interglazialen Talverschüttungen bekannt geworden.

Wenn man die großartige Ausdehnung der interglazialen Verschüttungen ins Auge faßt und doch sich vergegenwärtigt, daß sie nicht, wie es bei einer etwa klimatisch bedingten Erscheinung der Fall sein müßte, eine in allen Alpentälern gleichmäßig auftretende Erscheinung darstellen, so wird man zwangsläufig zu der Auffassung von AMPFERER geführt, daß es sich hier um Auswirkungen tektonischen Geschehens handelt, dessen Einzelheiten uns bisher freilich noch recht mangelhaft bekannt geworden sind.

In diesen Verschüttungen stecken noch zahlreiche besondere Probleme. Eines mag hier angeführt sein. Im Lechtal bei Reutte ist die Aufschüttung so hoch, daß ihre höchsten Teile höher liegen als zahlreiche niedrige Pässe und Talwasserscheiden der Umgebung; aber hier und über diese hinaus ist nichts mehr von solcher Verschüttung zu finden. PENCK hat am Abfall des Karwendels über Mittenwald die interglazialen Aufschüttungen bis 200 m über Tal verfolgt, aber auf der gegenüberliegenden Talseite erstrecken sich breitgedehnte Hügel in erheblich geringerer Höhe bis hinüber ins Becken von Garmisch, ohne daß auf dieser linken Talseite in entsprechender Höhe irgend ein Rest einer Aufschüttung zu finden wäre; auch in tieferer Lage bleiben hier die interglazialen Ablagerungen auf das eigentliche Isartal beschränkt. Es ist nicht einzusehen, wieso die in solche Höhe angestiegene Schotterflut sich auf das engere Talbereich beschränkte und nicht in die benachbarten,

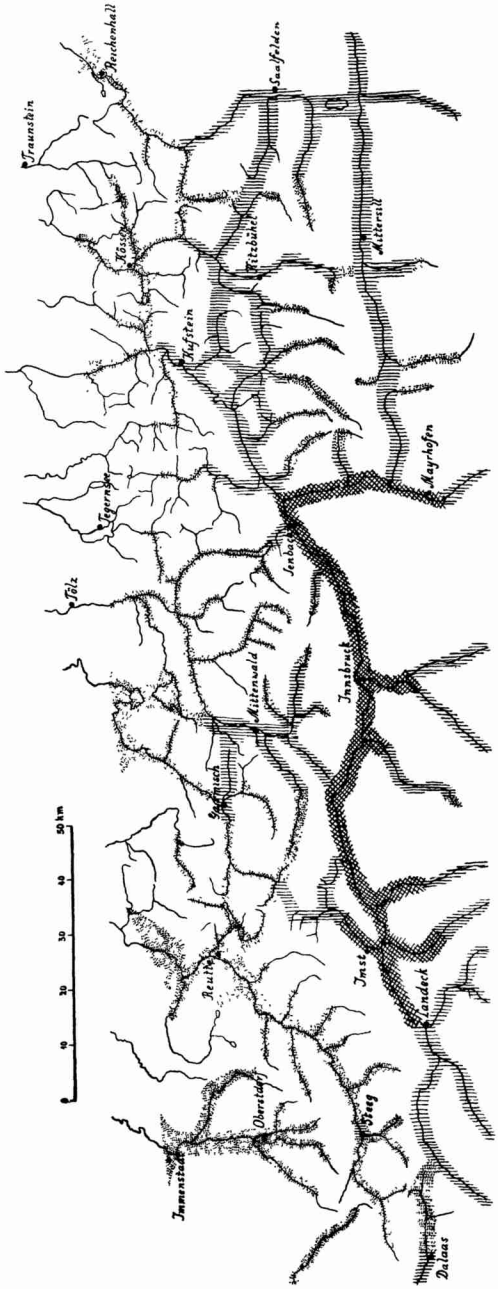

Fig. 1. Die Verteilung der diluvialen Eismächtigkeit in den Tälern der nördlichen Kalkalpen zwischen Arlberg und Salzach. (Zentralalpine Randgebiete schematisch. Berücksichtigt ist nur der Hochstand der letzten (Würm-) Vereisung.) Es bedeuten: gekreuzte Schraffen eine (sichtbare) Eismächtigkeit von über 1500 m, senkrechte Schraffen eine solche von 1000—1500 m, Punktierung eine solche von 500—1000 m, weiße Flächen eine Eismächtigkeit von weniger als 500 m.

tiefer gelegenen Gebiete breit überbordete. AMPFERER hatte diese Schwierigkeit für die Nachbarschaft von Reutte erkannt (1) und damit zu erklären versucht, daß er eine tatsächlich ursprünglich auch über die Pässe und Talwasserscheiden der Nachbarschaft übergreifende Verschüttung und deren nachträgliche restlose erosive Beseitigung außerhalb des Haupttales annahm. Diese Überlegung erscheint bedenklich, denn die allgemeine Verschüttung bleibt eben unerwiesen und ihre nachträgliche restlose Ausfegung außerhalb des Haupttales eine ganz in der Luft hängende Annahme. Ich habe umgekehrt für die Gegend um Reutte die Annahme geäußert, daß jene Pässe und Talwasserscheiden zur Zeit der großen Talverschüttung noch höher waren als heute und daher deren weitere Ausbreitung verhinderten (35). Aber auch diese Auffassung bleibt gegenüber den Verhältnissen um Mittenwald nur ein Armutszeugnis für die Unfähigkeit, diesen höchst eigenartigen Bildungen das richtige Verständnis entgegenzubringen.

Schließlich ist noch auf die rein formenkundliche Seite der von PENCK geäußerten glazialisostatischen Ansichten hinzuweisen. Wenn durch Eisbelastung ein Gebiet eingedrückt wird, so fällt es der Zuschüttung anheim, und in rückläufigen Gefällstrecken bilden sich Seen. Insofern stimmen die Tatsachen mit der Theorie überein. Wenn aber das eingedrückte Gebiet wieder emporsteigt, so erfolgt Neubelebung der Erosion, und diese hat nicht nur eine Zerschneidung der vorher abgelagerten Verschüttungen zur Folge, sondern greift bekanntlich allmählich immer weiter nach rückwärts aus. So deutlich nun in den Alpentälern, trotz aller glazialen Überarbeitung, die Vorgänge jüngerer Anzapfungen und ähnlicher Wirkungen neubelebter Flußnagung zu erkennen sind, so sehr vermißt man derartige Anzeichen in der Nachbarschaft der angeblich isostatisch aufgestiegenen Gebiete. Weder hat als Folge des Eisdruckes zunächst ein Gebietsverlust zu ihren Ungunsten noch infolge ihres Wiederaufstieges ein Erwerb zu ihren Gunsten stattgefunden. Auch dies ist ein Grund, um die Glazialisostasie in der ins Einzelne gehenden Form, wie sie PENCK vertritt, mit größter Vorsicht aufzunehmen und ihr zunächst nur eine etwaige allgemeinere Bedeutung in dem oben dargelegten Sinn zuzuerkennen.

Entgegen der Ansicht von SÖLCH (55) meine ich also, daß einstweilen noch kein Anlaß vorliegt, die gesamte alpine Formenkunde auf Grund der neuen Ansichten PENCKs einer Durchsicht zu unterziehen und alles, was bisher an Anschauungen über die Entwicklung der Taltreppe in den Alpen gewonnen war, als unzulänglich und vielleicht ungültig zu betrachten.

Dagegen ergibt sich die Notwendigkeit, mehr noch als bisher schon den Anschauungen von großer Schurfkraft des Eises allein mißtrauisch gegenüberzustehen. Fast durchweg zeigt sich, daß die quartäre Talvertiefung als Werk des Wassers und des Eises aufzufassen ist, wobei letzterem im wesentlichen eine aus- und umgestaltende Rolle, u. a. bei der Entstehung der Hängetäler, zukommen dürfte. Wo unvergletschert gebliebene und ehedem vereiste Alpenteile aneinandergrenzen, läßt sich immer wieder erkennen, daß die Taltreppe hier wie dort gleichartig entwickelt und höchstens in einzelnen Zügen der Formengestaltung etwas zugerundet, gewissermaßen geglättet und abgefeilt ist. Wichtiger erscheint demgegenüber eher die Rolle der peri- und subglazialen Schmelzwässer, deren Tätigkeit

zur Erklärung der inmitten der Talfluchten vereinzelt aufragenden Inselberge herangezogen werden muß und welche ständig daran arbeiten, bestehende oder entstehende Stufen wieder zu zerschneiden und einen allgemeinen Ausgleich der Talsohlen herbeizuführen.

Wenn ich aus den Formen des Garmischer Reintales schließen zu können meinte, daß der gewaltige Talschluß rein glazial zu erklären sei, da am Talausgang die Übertiefung ausklingt, und daraus eine Schurfleistung des Eises allein von mehreren 100 m ableiten wollte (34), so übersah ich dabei zweierlei: erstens die Möglichkeit einer posthumen Bewegung, welche zu einer Hebung des inneren Wettersteingebirges und damit zu einer Belebung der Erosion nur in den inneren Talgebieten führen konnte, und zweitens die Eigenart des Massenkalkgebirges, wo die Stufenmündungen hoch an den Hängen in die Luft hinauslaufender Seitentälchen infolge zunehmender Verkarstung schon in viel früheren Abschnitten der Talgeschichte entstanden sein können. Tatsächlich habe ich mich seither überzeugt, daß wirklich eindeutige Beweise für rein glaziale, beträchtlichere Schurfleistungen nirgends vorliegen. Aus ähnlichem Grunde wohnt z. B. auch den Ausführungen von Creutzburg über die rein glaziale Anlage der großen Talstufen im Ankogelgebiet nicht dieselbe Beweiskraft inne wie den Darlegungen von Lehmann, welcher im Adamellogebiet viel eingehender zwischen glazialen und fluviatilen Bedingtheiten zu unterscheiden wußte (30)[1].

Wenn so für die Talgeschichte die Rolle des Eiszeitalters immer untergeordneter zu werden scheint, so gibt es doch einen Punkt, wo diese neuerdings sich entwickelnde Gegenwirkung gegen manche hyperglazialistische Übertreibung offenbar zu weit geht: die Kare werden jetzt auch von vielen Seiten als zwar glazial ausgestaltete, jedoch ursächlich an viel ältere Hohlformen gebundene Erscheinungen aufgefaßt. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß solche ursächliche Beziehungen häufig genug vorhanden sind, wobei u. a. nur auf die Untersuchungen von Fels über die Kare des Karwendelgebirges (14) hingewiesen zu werden braucht. Aber solche Kare entsprechen meistens in irgendeiner Hinsicht nicht dem eigentlichen Normaltypus und lassen schon deshalb einen Rückschluß auf besondere Voraussetzungen für ihre Entstehung zu. Wie in den Ammergauer Bergen (57) oder in den Kitzbüheler Alpen (51), also im Kalk- und im Schiefergebirge, so kann man auch in außeralpinen Gebieten, z. B. in der Umgebung des Feldbergs im Schwarzwald, deutlich zwischen echten Karen und karähnlich umgestalteten Tälchen unterscheiden. Letztere zeigen immer deutliche Beziehungen zu alten Verflachungen und anderen Resten früherer talgeschichtlicher Entwicklungen. Erstere dagegen sind von solchen mehr oder weniger unabhängig, sie zeigen dagegen vielfach enge Abhängigkeit von gewissen eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Schneegrenzlagen. Die außeralpinen Mittelgebirge liefern zahlreiche Beispiele solcher reiner Schneegrenzkare, bei welchen

[1]) Ja sogar die oft herangezogene Erscheinung der stärkeren Übertiefung in stärker vergletscherten Talzügen ist doppeldeutig: die größere Eismächtigkeit könnte auch lediglich umgekehrt die Folge davon sein, daß solche Täler zuvor fluviatil stärker eingetieft waren.

von irgendeinem Zusammenhang mit einem älteren Relief keine Rede sein kann (z. B. Vogesen, Riesengebirge, aber auch Albanien)[1]). Zwischen beiden Arten gibt es naturgemäß zahlreiche Übergänge, und eine scharfe Grenze läßt sich nicht immer ziehen. In den Schlierseer Bergen glaubte ich vornehmlich Schneegrenzkare zu beobachten, bis berechtigte Kritik und geschärfte Beobachtung die große Bedeutung ererbter Talkare erkennen lehrte, denen ich dann in den Chiemgauer Bergen aufmerksamer nachging (36, 37). Aber es ist durchaus abwegig, etwa aus den offensichtlichen Beziehungen zwischen den zentralalpinen „Großkaren" und alten Talböden ganz allgemein auf die Notwendigkeit solcher ursächlicher Zusammenhänge schließen zu wollen. Es wird notwendig sein, aus möglichst vielen Gebieten der Alpen genaue Kartabellen zu erhalten, aus welchen Form und Höhenlage eingehend zu ersehen ist; aus dem Vergleich solcher umfangreicher Reihen mit den Stockwerken der benachbarten Taltreppe einerseits, mit verschiedenen Schneegrenzlagen andererseits kann sich dann erst allmählich ein klareres Bild ergeben.

Sicherlich ein ausschließliches Werk des Eiszeitalters sind die durch Randkluft und Frostverwitterung erzeugten hochalpinen Grate und Schneiden sowie die allseitig zugeschärften Spitzen und Hörner. Dieser Umstand ist von größter Bedeutung für die alpine Formenkunde überhaupt, weil aus ihm hervorgeht, daß die mit der genannten Eigenart der hochalpinen Formen ursächlich in Verbindung stehende starke und rasche Abtragung des Gebirges vor dem Eiszeitalter zweifellos nicht im gleichen Ausmaß erfolgt ist. Hier ist auch der grundlegend wichtigen Rolle der Pflanzendecke zu gedenken: sobald die Waldgrenze über die heutigen Gipfelhöhen hinausrückt, sind alle Teile des Gebirges vor den abtragenden Kräften in weitgehendem Maße geschützt; es ist anzunehmen, daß dies noch im Pliozän der Fall war, im Zusammenhang einerseits mit einem gegenüber dem heutigen noch milderen Klima und andererseits mit der geringeren Allgemeinerhebung der noch nicht bis zur heutigen Höhe emporgestiegenen Alpen. Eine wirklich brauchbare Würdigung jener vom Frost bearbeiteten höchsten Teile des Gebirges fehlt noch durchaus, ebenso wie eine wissenschaftliche Behandlung der verschiedenartigen Hochgipfelformen, welche in ihrer unendlichen Mannigfaltigkeit dem Hochgebirgswanderer als immer neue und selbständige Individualitäten erscheinen.

Tritt so in den höchsten Teilen des Gebirges das Jüngste in engste Beziehung zum Ältesten, so darf doch auch hier keine Verwechslung erfolgen etwa in dem Sinne, daß die Hochgebirgsformen die ältesten Teile des Gebirges darstellen (v. KLEBELSBERG, vgl. o.). Immer wieder gilt es, neben den großen Zügen des Gesamtbildes

[1]) Nach freundlicher mündlicher Mitteilung von Herrn H. LOUIS.

sich in die Einzelheiten mit liebevoller Sorgfalt zu versenken, um wirklich Ursache und Wirkung, Ausgangsform und Weiterentwicklung richtig erkennen zu können. Aus der schier unendlichen Fülle der Gesichte, aus den bei fortschreitender Erkenntnis immer größer erscheinenden Schwierigkeiten ein klares Bild herauszuschälen, ist eine für Geologen und Morphologen gleichermaßen verlockende Aufgabe; die hier gewonnenen Erkenntnisse bedeuten für die gesamte Wissenschaft wertvolle Bereicherung und erfüllen denjenigen, welcher sie erlangen konnte, mit doppelter Liebe zu seinem in unveränderlicher Herrlichkeit verharrenden Arbeitsfeld und Forschungsgegenstand.

Literatur.

(Vollständigkeit ist nicht angestrebt, kann aber aus den angeführten Arbeiten ohne Schwierigkeiten erreicht werden.)

1. O. Ampferer, Glazialgeologische Beobachtungen in der Umgebung von Reutte. Verh. k. k. Reichsanst. 1907, S. 345.
2. — —, Über die Bohrung von Rum bei Hall in Tirol und quartäre Verbiegungen der Alpentäler. Jahrb. Geol. Staatsanst. Wien LXXI, 1921, S. 71.
3. — —, Über morphologische Arbeitsmethoden. Ebenda LXXII, 1922, S. 204.
4. — —, Über das Verhältnis von Aufbau und Abtrag in den Ostalpen. Ebenda LXXIII, 1923, S. 121.
5. J. Bayer, Die derzeitigen Ansichten über das Inntalquartär. Mitt. Geol. Ges. Wien XV, 1922, S. 331.
6. K. Boden, Tektonische Fragen im oberbayerischen Voralpengebiet. Centralbl. f. Min. usw., 1922, S. 372, 398.
7. — —, Der Flysch im Gebiete des Schliersees. Geogn. Jahresh. XXXV, (1922) 1923, S. 205.
8. — —, Tektonische Karte des Voralpengebietes zwischen der Leitzach und dem Murnauer Moos 1 : 100000. Ebenda XXXVI, (1923) 1924.
9. E. Brückner, Alte Züge im Landschaftsbild der Ostalpen. Ztschr. Ges. f. Erdkunde Berlin, 1923, S. 95.
10. N. Creutzburg, Die Formen der Eiszeit im Ankogelgebiet. Ostalpine Formenstud. II/1, 1921.
11. W. M. Davis, The cycle of erosion and the summit level of the Alps. Journ. of Geology XXXI, 1923/1, S. 1.
12. L. Distel, Die Formen alpiner Hochtäler, insbesondere im Hohe Tauerngebiet, und ihre Beziehungen zur Eiszeit. Mitt. Geogr. Ges. München VII, 1912, S. 1.
13. W. Eder, Das Heuberg-Gebiet und sein Vorland. N. Jahrb. f. Min. usw., Beil.-Bd. LII, 1923, S. 1.
14. E. Fels, Die Kare der Vorderen Karwendelkette. XVIII. Jahresber. d. Sekt. Hochland d. D. Ö. A.-V., 1920, S. 1.
15. — —, Neuauslotung des Walchensees. Ztschr. Ges. f. Erdk. Berlin, 1923, S. 145.
16. H. Gams und R. Nordhagen, Postglaziale Klimaänderungen und Erdkrustenbewegungen in Mitteleuropa. Mitt. Geogr. Ges. München XVI, 1923, S. 13.
17. Alb. Heim, Geologie der Schweiz, I, 1918, S. 209 ff.
18. — —, Über die Gipfelflur der Alpen. Geologische Nachlese Nr. 27. Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich LXVII, 1922, S. 45.

19. F. Heritsch, Grundlinien alpiner Tektonik. 1923, S. 196ff.
20. — —, Morphologie des Alpen-Ostrandes in der Grazer Bucht. Peterm. Mitt. LXIX, 1923, S. 113.
21. H. Hess, Alte Talböden im Rhonegebiet. Ztschr. f. Gletscherk. II, 1908, S. 321.
22. — —, Die präglaziale Alpenoberfläche. Peterm. Mitt. LIX, 1913/1, S. 281.
23. R. von Klebelsberg, Glazialgeologische Notizen vom bayerischen Alpenrande. I. II. Ztschr. f. Gletscherk. VII, 1913, S. 225; III. IV. ebenda VIII, 1914, S. 226; V. ebenda VIII, 1914, S. 331; VI. ebenda XIII, 1923, S. 7.
24. — —, Zur Morphologie der Lessinischen Alpen. Ostalpine Formenstud. III/1, 1921.
25. — —, Die Höhen zwischen Eisak- und Sarntal. (Südtiroler Geomorphologische Studien II.) Veröffentlichungen d. Museum Ferdinandeum Innsbruck, Heft 1, 1922.
26. — —, Die Hauptoberflächensysteme der Ostalpen. Verh. Geol. Bundesanst. Wien, 1922, S. 45.
27. J. Knauer, Die geologischen Verhältnisse und Aufschlüsse des Walchenseekraftwerkes. Geogn. Jahresh. XXXVII, (1923) 1924, S. 35.
28. L. Kober, Der Bau der Erde. 1921, S. 125ff.
29. N. Krebs, Landeskunde von Deutschland. I: Süddeutschland, 1923, S. 132ff.
30. O. Lehmann, Die Bodenformen der Adamellogruppe und ihre Stellung in der alpinen Morphologie. I: Die allgemeine Bedeutung der U-Täler. Abh. Geogr. Ges. Wien XI/1, 1920.
31. — —, Beiträge zur gesetzmäßigen Erfassung des Formenablaufs bei ständig bewegter Erdrinde und fließendem Wasser. Mitt. Geogr. Ges. Wien LXV, 1922, S. 55 (78).
32. St. Lencewicz, Morfologja doliny Réchy w Alpach Pennińskich. (Morphologie du val de Réchy dans les Alpes Pennines.) Travaux de la Soc. des Sciences de Varsovie, III. Classe des sc. math. et naturelles, Nr. 29, 1918. (Polnisch und französisch.)
33. F. Levy, Die Gipfelflur der westlichen Ostalpen. Peterm. Mitt. LXVII, 1921, S. 94.
34. — —, Der Formenschatz des Eiszeitalters. Geogr. Ztschr. XXVIII, 1922, S. 75.
35. — —, Diluviale Talgeschichte des Werdenfelser Landes und seiner Nachbargebiete. Ostalpine Formenstud. I/1, 1920.
36. — —, Quartäre Formenentwicklung der Schlierseer Berge und ihrer Nachbarschaft. Ebenda I/2, 1922.
37. — —, Quartärstudien in den Chiemgauer Bergen. Ebenda I/3, 1922.
38. F. Leyden, Die Entwicklung der Alpen zum Hochgebirge. Geol. Rundschau XIII, 1922, S. 18.
39. R. Lucerna, Die Trogfrage. Ztschr. f. Gletscherk. V, 1911, S. 356.
40. — —, Morphologie der Montblancgruppe. Peterm. Mitt. Erg.-Heft Nr. 181, 1914.
41. F. Machatschek, Morphologische Untersuchungen in den Salzburger Kalkalpen. Ostalpine Formenstud. I/4, 1922.
42. J. Müller, Die diluviale Vergletscherung und Übertiefung im Lech- und Illergebiet. Jahrb. Preuß. Geol. Landesanst. XXXVIII, 1918, S. 1.
43. K. Osswald, Geologische Karte des Risserkogelgebietes 1 : 25000. 1923.
44. A. Penck und E. Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter. 1902—1909.
45. A. Penck, Die Gipfelflur der Alpen. Sitz.-Ber. Preuß. Akad. d. Wiss., phys.-math. Kl., XVII, 1919, S. 256.
46. — —, Die Terrassen des Isartales in den Alpen. Ebenda XIX, 1920 (1922), S. 182.

47. A. PENCK, Ablagerungen und Schichtstörungen der letzten Interglazialzeit in den nördlichen Alpen. Ebenda XX, 1921 (1922), S. 214.
48. — —, Glaziale Krustenbewegungen. Ebenda XXIV, 1922, S. 305.
49. — —, Die letzten Krustenbewegungen in den Alpen. Geol. Fören. Förhandl. XLIV, Stockholm 1922, S. 607.
50. J. VON PIA, Geologische Skizze der Südwestecke des Steinernen Meeres bei Saalfelden usw. Sitz.-Ber. Akad. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. 132, Heft 1—3, 1923, S. 35 (75).
51. B. VON RINALDINI, Die Kitzbüheler Alpen. Ostalpine Formenstud. II/3, 1923.
52. M. SCHLOSSER, Geologische Notizen aus dem Inntale. N. Jahrb. f. Min. usw., 1895/I, S. 75.
53. W. SCHMIDT (Leoben), Gebirgsbau und Oberflächenform der Alpen. Jahrb. Geol. Bundesanst. Wien LXXIII, 1923, S. 255.
54. R. SCHWINNER, Die Oberflächengestaltung des östlichen Suganer Gebietes (SO-Tirol). Ostalpine Formenstud. III/2, 1923.
55. J. SÖLCH, Neue Ausblicke und Arbeiten der Glazialforschung in den deutschen Alpen. Ztschr. Ges. f. Erdk. Berlin, 1923, S. 212.
56. — —, Das Semmering-Problem. FR. HEIDERICH-Festschrift „Zur Geographie des Wiener Beckens", 1923, S. 15 (26, Anm. 26).
57. W. STADELMANN, Über Kare und karähnliche Formen in den Ammergauer Bergen. Ostalpine Formenstud. I/5, 1923, S. 127.
58. H. VON STAFF, Zur Morphogenie der Präglaziallandschaft in den Westschweizer Alpen. Ztschr. Deutsch. Geol. Ges. LXIV, 1912, Abb. S. 1.
59. J. STINY, Die ostalpinen Eiszeit-Schotterfluren. Centralbl. f. Min. usw., 1923, S. 202, 234.
60. K. TROLL, siehe unter GAMS und NORDHAGEN (16).
61. S. VAN VALKENBURG, Beiträge zur Frage der präglazialen Oberflächengestalt der Schweizer-Alpen. Diss. Zürich 1918. (Tafel bei S. 60).
62. H. WALDBAUR, Hängetäler im Oberengadin und Bergell. Ostalpine Formenstud. II/2, 1922.
63. A. WINKLER, Geomorphologische Studien im mittleren Isonzo- und im unteren Idricatale. Jahrb. Geol. Bundesanst. Wien LXXII, 1922, S. 19.
64. — —, Gedanken über die tektonische und geomorphologische Entwicklungsgeschichte der Ostalpen im Jungtertiär. Geol. Rundschau XIV/3, 1923 (1924), S. 315.
65. H. VON WOLF, Beiträge zur Kenntnis der eiszeitlichen Vergletscherung des Achenseegebiets in Tirol. Mitt. Geogr. Ges. München XV, 1922, S. 147.

Über Schichten-Zusammensinken in Patagonien infolge von Unterwaschung.

Ein Beitrag zur Frage der abflußlosen Becken.

Von **Walther Schiller** (La Plata).

(Mit 4 Textfiguren.)

In Trockengegenden, wo harte, wasserdurchlässige Bänke von weichen, ebenfalls durchlässigen, also leicht zerfallenden Schichten unterteuft werden, da entstehen infolge von Unterspülung, durch zeitweilige Regengüsse hervorgerufen, oft ganz seltsame Stö-

rungen der Erdrinde. Sie könnten teils mit tektonischen verwechselt werden, teils aber verursachen sie ein derartig wüstes Durcheinander, wie es selbst eine starke Faltung oder Überschiebung nicht fertig bringt.

Solch ein Gebiet ist Patagonien. Hier finden wir diese Erscheinung stellenweise so ausgeprägt, wie vielleicht an wenigen Stellen der Erde. Sie ist aber in ihrem vollen Umfange noch wenig bekannt geworden und ich möchte deshalb auf die Großartigkeit des Vorganges aufmerksam machen. Betont sei, daß es sich hier nur um solche Störungen handeln soll, infolge derer die Gesteine aus höherer Lage mehr oder weniger senkrecht auf ihre heutige Unterlage herabgesunken, also an Ort und Stelle geblieben sind. Man kann dieses In-sich-Zusammenstürzen mit dem eines brennenden Hauses vergleichen, an dem es zwar schneller, aber nicht heftiger sichtbar wird.

Patagoniens Boden hat eine eigenartige petrographische Beschaffenheit. Er setzt sich auf gewaltigen Flächen zusammen aus bröckeligen sandigen Tonen und weichen vulkanischen Tuffen, die alle fast vollkommen wasserdurchlässig sind und sich in mancher Beziehung wie Schwimmsand verhalten; darin oder darüber liegen harte Bänke von Konglomeraten, Sandsteinen, Quarziten und klüftigen Basalten. (Alle Gesteine sind selten älter als Ober-Kreide.) Das trägt sicher dazu bei, daß alle diese Gebiete trocken sind und den bekannten Steppen-Pflanzenwuchs tragen (Strauchsteppe oder „Monte"-Formation). Daraus erklären sich auch die Lagerungsverhältnisse, die im folgenden besprochen werden sollen.

Zunächst ein einfaches einwandfreies Beispiel (vgl. Fig. 1). Zwischen Challaco[1]) und „Kilómetro 1297"[2]), beides Bahnhöfe der argentinischen Südbahn von Neuquen nach Zapala, in der Gobernación [Territorio] del Neuquen, liegt etwa 12 km WSW von Challaco zwischen zwei niedrigen Bergkuppen ein Paß, „Portezuelo del Carrizo" genannt, über den der Fahrweg Challaco—Cerro Lotena führt. Unmittelbar südwestlich am Fuße der Einsattelung kreuzt der Weg einen kleinen Trockenriß, der von NW aus einer Schlucht herunterkommt. Geht man darin aufwärts, so trifft man wenige hundert Meter vom Wege auf vereinzelte Haufwerke rötlicher, klingend harter Blöcke[3]), die durch Größe und Lagerung an die Findlinge und Hünengräber Norddeutschlands erinnern. Es sind die Reste einer Quarzporphyr-Decke[4]),

[1]) 81 km westlich des Bahnhofes Neuquen (Confluencia).

[2]) Auch als „Kilómetro 1349" bezeichnet = Plaza Huincul, 102 km westlich von Neuquen.

[3]) Einzelne liegen schon weiter unterhalb bis über den Weg hinaus.

[4]) Es ist dies übrigens das einzige bisher bekannte Quarzporphyr-Vorkommen in den Dinosaurier-Schichten des Neuquen-Territoriums. Beschrieben ist es noch nirgends, auch noch nicht mikroskopisch untersucht.

die hier an Ort und Stelle einstmals in hangende Schichten der oberkretazischen terrestrischen Dinosaurier-Formation eingeschaltet war, von denen aber an diesem Flecke keine Spur mehr vorhanden ist. Davon überzeugt man sich bald, wenn man in dem orographisch rechten (Haupt-)Arme gegen WNW hinaufgeht. Mehrere hundert Meter weiter trifft man nämlich, statt des immer dichter werdenden Blockwerkes, endlich die zusammenhängende ursprüngliche Decke, in etwa $^1/_2$ m Stärke den Kreideschichten eingeschaltet, beiläufig 1 m unter der Hochfläche an der Böschung des Tälchens aufgeschlossen. Die seltenen Regengüsse sind zu schwach, um schwerere Massen widerstandsfähiger Gesteine wegzuführen, und

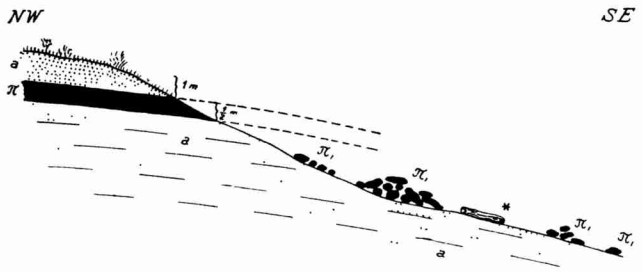

Fig. 1. Profil der „Dinosaurier-Formation" (Ob. Kreide), im „Porphyr-Tale", etwa 14 km WSW von Bahnhof Challaco (Neuquen).
π = Quarzporphyr-Bank;
π, = in Blöcke aufgelöst und herabgesunken;
* = Verkieselte Baumstämme höherer (jetzt verschwundener) Schichten;
a = Sandsteine und sandige bröckelige Tone.
} „Dinosaurier-Formation".

so bleiben die Blöcke da, wo sie vor Jahrtausenden gelegen haben, nur daß sie allmählich immer tiefer sinken, wenn ihre Unterlage, durch Witterungseinflüsse zerstört, verschwindet.

Ganz das gleiche ist dort im selben Bache — aber natürlich auch in andern Gebieten — der Fall mit verkieselten Baumstämmen der schon erwähnten Dinosaurier-Formation. Da sie in jener Gegend Meterdicke und 20 m Länge erreichen, so ist klar, daß eine Bewegung von der Stelle meist nur von oben nach unten erfolgen kann. Daher ist es möglich, daß sich die Stammstücke tief in das weiche Liegende einwühlen und natürlich Täuschungen bei

Ich fand es im Februar 1920. Einen gleichfalls nicht genauer geprüften Quarzporphyr-Tuff entdeckte ich kurz vorher an dem „Cerro α" KEIDELS, rund 8 km nördlich des Bahnhofes Challaco (vgl. JUAN KEIDEL, „Informe geológico sobre el yacimiento petrolífero de Challacó [Territorio del Neuquén]". Buenos Aires, Talleres de la casa Jacobo Peuser, 1913. S. 1—36 u. 20 Abbildungen auf 10 Tafeln).

der Horizontbestimmung verursachen können. In wie großem Maßstabe das geschehen kann, werden wir bald sehen.

Nicht nur kleinere und größere Blöcke, sondern auch ganze Decken härterer Gesteine können an Ort und Stelle niedersinken. Dafür kenne ich ein ausgeprägtes Beispiel beim neuen Orte Villa General Roca (unweit des Bahnhofes Rio Negro, 40 km östlich der Stadt Neuquen). In oder neben dem Trockenbette, das von Norden her durch Roca hinzieht, geht man von den letzten Häusern 6 km aufwärts, bis zur ersten schärferen Krümmung nach NW. Auf dem Ostufer steht ein weißer Fels lößähnlicher Tuffe[1]), der terrestrischen sog. Chichinales-Schichten, die unter- bis mitteltertiären Alters sind. Sie bilden die Unterlage einer hellen bis braunroten, im allgemeinen grau bis braun verwitternden Konglomeratbank, hart und zum Teil quarzitisch, von 30—90 cm Mächtigkeit, mit Chalcedon-Opal-Baumstämmen; diese Bank gehört noch zur selben Formation wie das Liegende. Sie ist infolge allmählicher

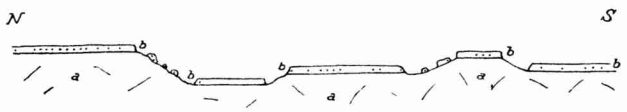

Fig. 2. Schematisch. Natürliches Profil durch die „Chichinales-Schichten" (U.-M.-Tertiär) 6 km im Norden von V. G. Roca (Rio Negro).
b = Meist bräunlich verwittertes quarzitisches Konglomerat mit verkieselten Baumstämmen; } „Chichinales-Schichten"
a = Zusammengesunkene helle weiche Tuffe.

Wegspülung der unterteufenden Tuffe ungleichmäßig niedergesunken, oft in 50 × 50 bis 100 × 100 qm großen Flächen. Da jede einzelne dort meist ihre wagerechte Lagerung bewahrt hat, könnte man beinahe an verschieden alte Einschaltungen innerhalb der Tuffe oder an Verwerfungen denken. In Wirklichkeit ist es aber so, wie es das Schema der Fig. 2 zeigt.

Eine besonders merkwürdige Erscheinungsweise des In-sich-Zusammenbrechens der Schichten verdient hier hervorgehoben zu werden, nämlich das gangähnliche Auftreten von Schichten. Die in Fig. 3 dargestellten Verhältnisse kenne ich nur von einer Stelle. Gerade wie beim eingangs geschilderten Falle handelt es sich um Dinosaurier-Schichten der oberen Kreide und um die Gegend bei Challaco. $7^1/_2$ km im NNW des Bahnhofes trifft man, dem Karrenwege folgend, auf

[1]) Der erste (von Süden gerechnet) weiße Tuffanschnitt des Ostufers am Bachbette selbst (vgl. WALTHER SCHILLER, „Los Sedimentos marinos . . . ." Universidad Nacional de La Plata. Revista d. Museo d. La Plata. Tomo XXVI [Tercera Serie], Tomo II. Buenos Aires, 1922. Taf. I. — Derselbe, „Die meerischen Grenzschichten . . . ." Geol. Rdsch. XIII, 3, Berlin 1922, S. 195 [Fig. 1]).

den Steilrand eines Höhenzuges der Dinosaurier-Formation, an dessen Fuße die Hauptgebäude der „Grube Challaco“ = jetzt „Standard-Oil-Gesellschaft“ (bezw. „Eberly & Stebinger“) liegen. Der Bergrücken selbst sieht aus wie eine Festung, die durch ein Erdbeben zerstört

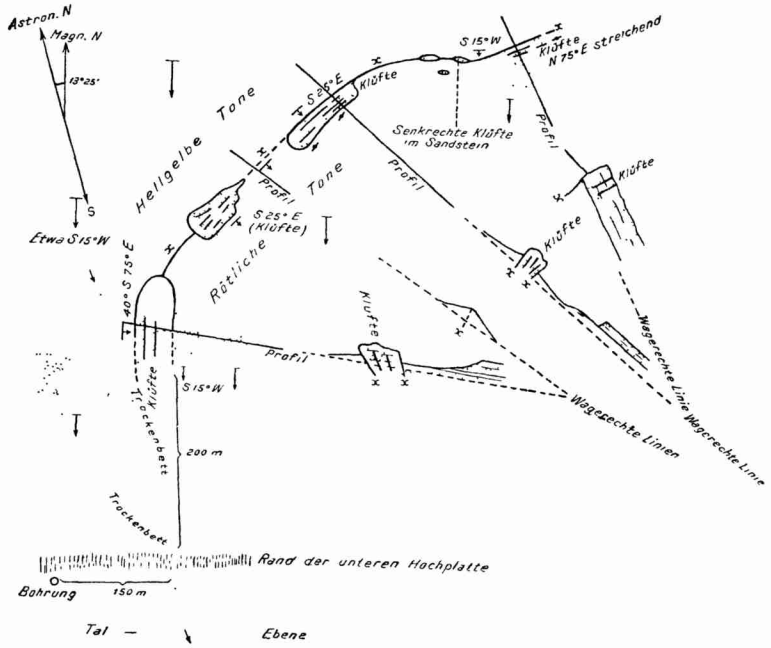

Fig. 3. Verworfene und eingesunkene Schichten der „Dinosaurier-Formation“ (Ob. Kreide) etwa 9 km im NW von Bahnhof Challaco (Neuquen). Die Bohrung (links unten in der Kartenskizze) liegt etwa 1,4 km westlich der Hauptgebäude der „Grube Challaco“ = jetzt „Standard Oil-Gesellschaft“, die $7\,^1/_2$ km NNW vom Bahnhof Challaco stehen. Sandsteine: mit Punkten dargestellt; Tone: weiß gelassen. Die flachen Fallzeichen beziehen sich auf diese Dinosaurier-Schichten, die steilen auf Klüfte und Verwerfungen (x). Der Sandstein mit $\perp$ Klüften (rechts oben in der Kartenskizze) zwischen den zwei nördlichsten Profillinien enthält — offenbar durch Seitendruck — $\parallel$ gestellte Gerölle, so daß man an $\perp$ Schichtung denken könnte. Die Schichtenneigung ist bei allen vier Durchschnitten schwach SSW, auf den Beschauer zu.

worden ist. Das kommt in erster Reihe daher, daß er von zahlreichen Sprüngen und Verwerfungen[1]) durchzogen ist, die, von den Witterungseinflüssen unterstützt, die Zerstückelung bewirkt haben. Von den Grubengebäuden wendet man sich westwärts etwa $1\,^1/_2$ km, immer am Fuße der Stufe entlang. Im fünften Trockenrisse, von

[1]) Auf ihnen quillt das Erdöl aus etwa 600 m Tiefe empor, nämlich aus tektonisch diskordant unterlagernden Meeresablagerungen des Neokom-Malm.

den Häusern aus gezählt, aufwärts gehend (im [östlichen] Hauptarme) gegen Norden, trifft man nach vielleicht 200 m Entfernung vom Rande der unteren Hochfläche auf das Feld der Fig. 3. Natürlich ist hier eine der eben erwähnten Verwerfungen die erste Ursache solch seltsamer Lagerungsweise. Aber wenn nicht die Weichheit und Durchlässigkeit der Unterlage wäre, nimmer hätte wohl ein solches Eintauchen der Bänke erfolgen können. Wie dieses verzwickte Durcheinander im einzelnen zustande gekommen ist, darüber bin ich mir selbst nicht klar. So beschränke ich mich darauf, nur das in der Fig. 3 wiederzugeben, was ich wirklich gesehen habe.

Ein richtig gangartiges Vorkommen von Schichten in andern, von denen sie ursprünglich konkordant unterlagert waren, und das sich ohne Dislokationen gebildet hat, kann man bei den beiden verlassenen Kalköfen 7—8 km im Norden von V. G. Roca, auf dem westlichen Ufer des oben (S. 218) erwähnten Trockenbettes, beobachten.

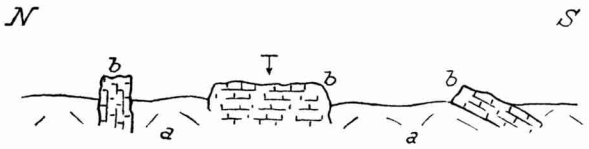

Fig. 4. Schematisch. Profil beim klassischen Fundorte der „Roca-Stufe“ (Kreide—Tertiär) 7—8 km im Norden von V. G. Roca (Rio Negro).
b = Harte meist zellige Kalke des Hangenden, z. T. kopfstehend. (Das mittlere Stück, lotrecht fallend, im Streichen angeschnitten.)
a = Mehr oder weniger weiche mergelig-kalkige Schichten des Liegenden.
} „Roca-Stufe“.

Im kleinen ist es ja nichts Ungewöhnliches, aber daß sich meterstarke wagerechte Lagen senkrecht in ihr Liegendes einbohren, sieht man nicht alle Tage. So schießen hier rauhwackenähnliche zellige Kalkbänke der obersten marinen Roca-Stufe, die auf der Grenze von Kreide und Tertiär steht, kopfüber in ihre weiche Unterlage (derselben Formation) hinein, in allen möglichen Streich- und Fallrichtungen, wie es die Fig. 4 zeigt.

Daß unter solchen petrographischen Verhältnissen gelegentlich gewaltige Bergstürze niedergehen können, braucht nicht betont zu werden. Einer der großartigsten[1]), den ich in den argentinischen Ebenen kenne, ist der am Pico Salamanca (500—600 m über Meer) nördlich von Comodoro Rivadavia in der Gobernación del Chubut. Auf der Ostseite sind bis ins Meer ganze Berge abgerutscht und eingewickelt worden, in einer Breite von 8—10 km.

Infolge solcher eben beschriebenen Störungen steht nun z. B. der Stratigraph ratlos da, der zum ersten Male die Meeresablagerungen

[1]) Es wird nicht alles auf einmal herabgestürzt sein.

der eben angeführten Roca-Stufe und ihre zahllosen Versteinerungen untersuchen will. Sowohl 5—15 km nördlich von Roca als auch 10—15 km im Norden von Allen (20 km östlich der Stadt Neuquen) und bei der Aquada de Avila (130 km im SSW von Neuquen) in der Gegend des Cerro de la Policía finden wir zunächst durch die Schichtenfolge gar nicht durch. Da es sich auch hier um abwechselnd weiche und harte wasserdurchlässige Lagen handelt — bröckelige sandige Tone und Mergel, Kalke, Gipse —, so haben wir am Erosionsrande dieser annähernd wagerechten Tafeln und natürlich in noch stärkerem Maße in den Inselbergen fast nirgends ein ungetrübtes Profil, sondern gewaltige Schutthaufen[1]), deren Trümmer stellenweise von Menschenhand noch wüster durcheinander gebracht werden, da ausbeutbare Kalke und Gipse darunter sind. Ganz besonders hat dadurch der sog. klassische Fundort der Roca-Stufe gelitten, 7—8 km im Norden des Ortes Roca. Die Versteinerungen der Haupthorizonte, etwa sieben an der Zahl, die man am örtlich unversehrten Steilrande 7—10 km weiter nördlich unterscheiden kann, sind hier fast in eine Ebene projiziert. Die sandigen Tone und natürlich auch ein Teil ihrer Versteinerungen sind weggeschwemmt, während viele dieser letzten zurückgeblieben sind, vor allem aber natürlich die klotzigen Kalke des Hangendsten der Roca-Stufe.

Abflußlose Senken.

So kommen die absonderlichsten Lagerungsverhältnisse zustande. Dies legt den Gedanken nahe, einmal die Binnenbecken Patagoniens, die keinen Talausgang haben, daraufhin anzusehen. KEIDEL hat sie in einer neueren Arbeit[2]) untersucht und kommt zu dem Schluß, daß sie 1. tektonisch, durch Bodenbewegungen, 2. durch Windaushobelung entstehen können. Allein, wenn man an die zahllosen Einsturztrichter in Gips oder bröckeligen Tonen und Tuffen denkt,

[1]) Vereinzelt, z. B. 15—17 km im NNE von Roca und 12—15 km nördlich von Allen, mögen auch echte Verwerfungen vorkommen, wenigstens sehen sie so aus; es dürfte aber schwer zu entscheiden sein. Dagegen habe ich die, die WINDHAUSEN auf seiner neuesten Karte eingezeichnet hat, nicht feststellen können (vgl. ANSELMO WINDHAUSEN, „Estudios geologicós . . . .“ República Argentina. Minist. d. Agricult. d. l. Nación, Direcc. Gen. d. Minas, Geol. e Hidrol., Boletín Nr. 29, Serie B [Geología]. Buenos Aires, 1922. Lám. I). Wie ich eben sehe, drückt sich RICHARD WICHMANN („Einige neue . . . .“ Diese Zeitschr. Bd. XIII, Heft 4, Berlin 1922, S. 344, Schlußsatz) ganz in demselben Sinne aus.

[2]) H[ANS] KEIDEL, „Über das patagonische Tafelland . . . .“ Zeitschr. d. Deutsch. wissensch. Vereins z. Kultur- u. Landeskunde Argentiniens. Buenos Aires. 1918, [Bd. IV], Heft 1, S. 59 u. Taf. V, Fig. 1; 1918, [Bd. IV], Heft 3, S. 149—161 (mit Abbild. auf S. 159); 1919, [Bd. V], Heft 1, S. 1—10 (mit Abbild. auf S. 7). [Im Sonderabzuge, Buenos Aires, 1918, ist dieser Abschnitt noch nicht enthalten.]

und die hisher betrachteten Erscheinungen berücksichtigt, so ist es gewiß recht wahrscheinlich, daß ein Teil der kleinen Wannen ohne Abzug durch unterirdische Stoffentziehung entstehen kann.

Ein Beispiel hierfür. Nördlich oberhalb des „gang"-ähnlichen Auftretens von Sandstein (untere Hochfläche) im NW von Challaco (vgl. S. 219) steigt die Schichtenfolge der oberkretazischen Dinosaurier-Formation schwach an (1—2° S fallend), um vom Rücken an (obere Hochfläche) schwach nordwärts gegen die höhere Mauer der Lomas de los Baquales abzufallen. Im Scheitel dieser Antiklinale sehen wir eine ganz leichte Synklinale im Streichen. In der „Antiklinalen-Synklinale" ist nun ein abflußloses Becken eingesenkt, das 1—2 km Länge, mehrere Hundert Meter Breite und 10—20 m Tiefe haben mag. Die niedrigste Stelle der Umrandung hat immer noch einige Meter über der Sohle; ein Überlauf findet nie statt, da hierfür Wassermassen nötig wären, die für Patagonien ungeheuer genannt werden müßten, und auch keine Ablaufrinne zu sehen ist. Wie ist die Senke entstanden? Tektonischen Ursprungs ist sie sicher nicht, denn hier oben sind keine Verwerfungen. KEIDEL wird in diesem Falle an Windausblasung denken. Gewisse Umstände machen es aber nach meinem Dafürhalten wahrscheinlicher, daß ein Zusammenhang besteht mit den vorhin behandelten Erscheinungen. Wir wollen sehen, welche Gründe dafür sprechen. Die Stelle ist geologisch ein Sattel, also darf man dort eine Auflockerung der Schichten voraussetzen. Zugleich hat das Gewölbe aber eine Mulde, infolgedessen konnte ein Teil der Regenmengen zur Muldenachse hin zusammenfließen. Was geschah mit diesen Tagewässern? Soweit sie nicht verdunsteten, sickerten sie ein und traten weiter unterhalb als Schichtquellen[1]) wieder aus. Das ist noch heute so. Solcher „Aquadas", die mit der in Frage stehenden abflußlosen Senke zusammenhängen, habe ich sieben kennen gelernt, mit gutem reichlichem[2]) Trinkwasser, alle auf der Unterfläche einer und derselben gelbbraunen Sandsteinbank (Kante der unteren Hochfläche, weithin sichtbar) und über grünlichgrauen sandigen Tonen austretend. Ist es Zufall, daß sie sämtlich gerade in der sekundären Synklinale ausbeißen? Genau in der Hauptgefällsrichtung unter ihrer tiefsten Stelle oben[3]) liegt die westlichste Quelle, die mir die Anwohner als die ergiebigste

[1]) Nebenbei sei bemerkt, daß die Sickerwässer auch auf Klüfte, stellenweise sogar auf Verwerfungen stoßen und so noch eher zutage treten, zum Teil mit dem aus der Teufe hochquellenden Erdöle gemischt.

[2]) Für jene Gegenden schmeckt es jedenfalls erstaunlich angenehm — trotz dem hohen Gipsgehalte der Dinosaurier-Formation; und reichlich ist es, wenn man bedenkt, daß es in dieser Wüste meilenweit nur höchst dürftige Tümpel gab, bis die Tiefbohrungen der allerletzten Jahre größere Wassermassen erschlossen.

[3]) Ihre Achse läuft jedoch schräg zur Hauptfallrichtung, nach SE.

aller sieben bezeichneten. Auf jeden Fall sammelt sich das Regenwasser heutigen Tages in der jetzigen Eintiefung und versickert großenteils; eine Menge verdampft selbstredend. Bei seinem Durchströmen durch die Schichten wird es — und sei es noch so wenig — Bodenteilchen gelöst oder suspendiert mit sich führen. Infolge dieser Stoffentziehung muß sich die Sohle des Einzugsgebietes mehr und mehr senken. Hat man doch, wie gesagt, an den Einsturztrichtern ein ganz ähnliches Bild, deren Entstehung und Weiterbildung man in kürzester Zeit beobachten kann.

So wie dieses Becken können auch andere entstehen. Und es ist sicher nicht ausgeschlossen, daß z. B. klüftige Basaltdecken [1]), die ja in Patagonien so ungeheuer verbreitet sind, mit weicher durchlässiger Unterlage nicht nur randlich unterwaschen werden, sondern auch von innen heraus dem Absinken verfallen können. Was im kleinen geschieht, wird auch in etwas größerem Maßstabe vor sich gehen.

Das Problem der Kreide-Nummuliten in Ostschweiz und Vorarlberg.

Von **Arnold Heim** (Zürich).

(Autoreferat nach Vortrag, gehalten in der Jahresversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in München, 1923.)

(Mit 1 Textfigur.)

Obwohl Nummuliten bereits aus dem Karbon bekannt sind, hat die überwiegende Verbreitung derselben im Untertertiär dazu geführt, daß heute die Geologen ohne weiteres jedes Nummulitengestein als Eogen ansprechen. E. HAUG hat in seinem Traité eine besondere „Période nummulitique" aufgestellt; ja nach den französischen Forschern sind die einzelnen Nummulitenarten für bestimmte Stufen leitend, so daß darauf eine „Echelle des Nummulites" begründet wurde (H. DOUVILLÉ, J. BOUSSAC). Die vom Verfasser 1908 vertretene entgegengesetzte Auffassung, die den Wert der Nummuliten als Leitfossilien in Abrede stellte, schien sich in der Folge als unrichtig zu erweisen, und die Entrüstung war groß, als L. ROLLIER auf der Versammlung der Schweizerischen nat. Ges. in Zürich 1918 die Ansicht vortrug, daß ein Teil der ostschweizerischen Nummulitenbildungen der Kreide angehöre. Den Ausgangspunkt bildete die Gegend der Fähnern bei Appenzell, wo schon ESCHER, STUDER und MURCHISON das Problem der Kreide-Eozängrenze diskutierten, ohne zu restloser Klarheit zu gelangen. Sie nahmen einen Übergang der

[1]) Oft mit weißen Krusten kohlensauren Kalkes überzogen, offenbar einem Zersetzungserzeugnisse des Basaltes, denn Kalk ist manchmal hunderte von Kilometern weit im Umkreise nicht vorhanden.

Kreide in das „Nummulitengebilde" an. MAYER-EYMAR hat das Verdienst, dort eine „faune miraculeuse" in einem die Seewerschichten überlagernden Mergel gefunden und beschrieben zu haben, welche durch *Gryphaea Escheri (G. vesicularis)* charakterisiert ist, und u. a. auch einen *Baculites* lieferte. Diesen Horizont bestimmte MAYER als Londinien. Er ist heute nach seinen Ammoniten als Senon festgestellt. Es war MAYER entgangen, daß zwischen dem Seewerkalk und seinem Londinien eine Grünsandbank voller *Assilina exponens* und *Orthophragmina discus* eingeschaltet ist, die er selbst von anderen Orten als Parisien erklärt hatte. ALBERT HEIM ließ daher in der Säntismonographie 1905 die Frage der Kreide-Eozängrenze als ein ungelöstes Problem offen und kartierte die Kreidemergel gemeinsam mit dem Flysch.

Nach den Entdeckungen ultrahelvetischer Einwickelungen in der Westschweiz und im Glarnerland sollte sich nun aber das Rätsel lösen: Seewerkalk mit transgredierendem Assilinengrünsand (Lutétien) der Säntisdecke, eingewickelt in ultrahelvetische Senonmergel (ARN. HEIM, in Geol. der Schweiz, 1920). Mit dieser Hypothese schien sich die aller bisherigen Erfahrung und Gewohnheit zuwiderstehende Ansicht ROLLIERS ausschalten zu lassen. Allein eine sorgfältige Bearbeitung der Fähnern im Sommer 1922, im Auftrag der Schweizerischen geologischen Kommission, hat ergeben, daß sich die vermuteten Einwickelungen nicht bestätigen lassen, und somit nach heutigem Ermessen kaum eine andere Lösung mehr übrig bleibt, als diejenige ROLLIERS.

In den „Beiträgen zur geol. Karte der Schweiz" sind zurzeit zwei Arbeiten im Druck, welche die Frage der Kreide-Nummuliten in den östlichen Schweizeralpen eingehend behandeln, und zwar eine stratigraphisch-paläontologische (Supracrétacique et Nummulitique) von L. ROLLIER, und eine stratigraphisch-tektonische Monographie der Fähnern vom Verfasser, welcher eine Arbeit über das Vorarlberg folgen wird[1]). Es seien hier in Kürze einige Beobachtungen notiert:

Ostschweiz.

Im Gebiet der Fähnern lassen sich zwei Hauptabteilungen erkennen: 1. Oberkreidebildungen mit eingelagerten Nummulitenschichten, und 2. darauf transgredierend Flysch. Alle Nummulitenschichten der Fähnerngegend sind Einlagerungen in Bildungen, die der Kreide angehören oder von fossilführender Kreide nicht unterschieden werden können.

---

[1]) **Anmerkung während des Druckes: Die obigen Arbeiten sind unterdessen erschienen als „Beiträge" 53. Lieferung, 1923. Vgl. auch ARNOLD HEIM, Beob. in den Vorarlberger Kreideketten. Eclogae geol. Hel., Vol. XVII, Nr. 2, 1923.**

Es handelt sich dabei nicht um tektonische Einfaltungen oder Schuppen, sondern um verschiedene stratigraphische Horizonte, bei denen zum Teil Übergänge und stratigraphische Verwachsungen mit sicheren Kreideschichten direkt beobachtet werden können.

Der tiefste Nummulitenhorizont ist der Assilinengrünsandstein des Klammeneggzuges, mit *Assilina exponens*, *A. spira*, *Orthophragmina discus*, Inoceramen und anderen Mollusken, worunter auch Ammoniten, die letzteren vielleicht auf sekundärer Lagerstätte. Dieser Assilinengrünsand liegt nun aber nicht nur dem Seewerkalk auf, sondern ist dem oberen Teil desselben eingelagert. An mehreren Stellen auf 2,5 km Entfernung und zu beiden Seiten der antiklinalen

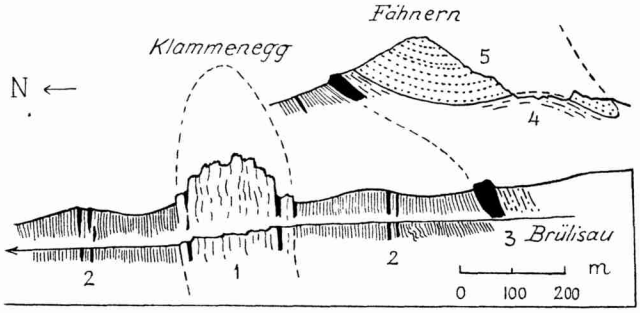

Fig. 1. Schema der Stratigraphie und Tektonik der Fähnern.
1 = Seewerschichten (Turon) mit Assilinengrünsanden (schwarz).
2 = Leistmergel (Senon) mit Assilinengrünsanden.
3 = Nummulitenkalke mit *N. gallensis*.
4 = Fleckenmergel, Förstlischichten (oberste Kreide).
5 = Flysch der Fähnern.

Seewerrippe folgen über dem Basis-Assilinengrünsand abermals einige Meter typischen Seewerkalkes mit Inoceramen, ohne Rutschflächen dazwischen.

Etwa 100—200 m höher, in dem die Seewerrippe umhüllenden Leistmergel eingelagert, folgen wiederum auf beiden Seiten Grünsandbänke mit *Assilina exponens*, zu der sich auch schon häufig *Nummulina gallensis* gesellt. Inoceramenschalen sind auch hier verbreitet. Die obersten Nummulitenbildungen der Fähnern sind die Nummulitenkalke von Brülisau, in denen *N. gallensis* gesteinsbildend auftritt, und die Form von *A. exponens* zu derjenigen von *A. granulosa* überleitet. Die Nummulitenkalke von Einsiedeln mit *N. irregularis* und *N. distans*, die vielleicht wirkliches Eozän sind, fehlen im Fähnerngebiet.

Die Mollusken sind nach ROLLIER kretazische Formen. Freilich sind sie, soweit bekannt, bisher als Eozän genommen worden, denn man hat sich in einem Kreisschluß bewegt, indem alle Fossilien aus

Nummulitenschichten auf Grund von Vergleichen mit tertiären Arten bestimmt wurden. Auch der klassische Kressenberg ist einer Revision zu unterziehen.

Hält man nach diesen überraschenden Resultaten Umschau nach anderen Gegenden der Ostschweiz, so findet man viele analoge Erscheinungen. Assilinengrünsand kennt man auch vom Nordrand des Mattstock und Aubrig im Seewerkalk in eruptiver Lagerform eingeschaltet, was bisher als tektonische Erscheinung gedeutet wurde. In Leistmergel findet man Assilinengrünsand im normalen Profil auf der Südseite des Aubrig, ferner bei Iberg, am Calanda usw. Wenn die Globigerinenschiefer bisher z. T. als „Stadschiefer" statt als Leistmergel gedeutet wurden, so war dafür nur die Überlagerung bestimmend.

Nach KAUFMANN und OCHSNER sind auch Nummulinen und Assilinen in den Wangschichten der Drusbergdecke vorhanden.

Vorarlberg.

Hier kann man drei Zonen unterscheiden:

1. Die nördliche Randzone. Bei Dornbirn fand sich am Alpenrand eine Linse von Grünsand mit *Assilina exponens* im Kreidemergel, der von typischen Wangschichten normal überlagert wird.

2. In den Mulden der Kreidefalten, welche den Säntis fortsetzen, sind Glaukonitkalke mit *A. exponens* und *N. gallensis* prachtvoll aufgeschlossen bei Emser Reute, wo sie von MERHART mit Recht als in „Seewermergel" eingelagert kartiert worden sind. Es handelt sich aber nicht um tektonische, sondern um mehrfach stratigraphisch repetierte Einlagerungen, wobei an verschiedenen Stellen Übergänge in die Leistmergel zu beobachten sind. Ein anscheinend etwas höheres Niveau, Brülisau völlig entsprechend, nehmen die Nummulitenkalke von Bad Haslach und Mühlebach östlich Dornbirn ein, die durch das massenhafte Auftreten der *N. gallensis*, die Übergangsformen von *A. exponens* zu *A. granulosa*, und die rote Farbe mit Eisenerz gekennzeichnet sind, und wiederum in Schiefermergeln eingelagert sind, die von Leistmergel nicht abgetrennt werden können. Sie kommen auch als Linsen im „Seewermergel" vor.

Wir sind damit zu dem Resultat gelangt, daß die genannten Nummulitenbildungen von Appenzell und Vorarlberg stratigraphische Einlagerungen in oberer Kreide oder in von solcher ununterscheidbaren Bildungen sind. Ihr Auftreten erinnert an den Seewergrünsand und Burgberggrünsand. Man wird also in Zukunft mit dem Bestimmen der Fossilien aus den Nummulitenschichten kritischer als bisher an die Arbeit gehen müssen, und darf diese nicht mehr ohne nähere Begründung als Tertiär betrachten.

Abstraktionen in der Geologie.

Bemerkungen über „Selbstverständliches".

Von **C. W. Kockel** (Leipzig).

Im folgenden soll ein allgemein wissenschaftliches psychologisches Problem an einigen Beispielen aus unserer Wissenschaft, der Geologie, kurz behandelt werden. Dabei kann weder die Zahl der Beispiele (es ließen sich Dutzende beibringen) vollständig sein, ebensowenig kann jedes Beispiel so ausführlich behandelt werden, wie wenn es Selbstzweck und einziger Gegenstand eines Aufsatzes wäre. —

Viel umstritten ist z. B. in den Erörterungen über die Alpenentstehung die Frage der Autochthonie.

Der Nordalpengeologe wird Eurasien, wird auch die „autochthonen" Massive (Aarmassiv z. B.) als festgewurzelt empfinden und wird nordgerichtete Decken und Schuppen gegen den eurasischen Kontinent branden lassen[1]). Wer dagegen in den südlichen Kalkalpen arbeitet, wird zahlreiche Überschiebungen beschreiben, die von Nord nach Süd gerichtet sind, gegen das für ihn festliegende Gebiet der Adria. Wer schließlich den ganzen Alpenbau betrachtet, der muß die Bewegungen auf eine Axialzone beziehen, sei es nun die Zentralzone (KOSSMAT)[2]), sei es die Narbenzone (KOBER)[3]), die sich weiter östlich in Pannonien zum „Zwischengebirge" erweitert. Für einen solchen Betrachter wandert von Norden der eurasische Kontinent heran, taucht Streifen für Streifen in die Randsenke und schiebt sich unter die nordalpinen Decken. Ebenso nähert sich ihm die Adria von Süden her[4]).

Welche von den drei Darstellungsarten ist nun die Richtige?

Jede.

Denn die zusammenfassende wissenschaftliche Darstellung, die analysierende Beschreibung und noch viel mehr die geologische „Synthese" ist stets nur Gleichnis, Versuch, die unendliche Mannigfaltigkeit und Komplexität der Naturerscheinungen auswählend verständlich darzustellen.

Und zu diesem Zweck muß der Wissenschaftler abstrahieren. Dank WEGENER (dem freilich nicht in allen Schlußfolgerungen bei-

[1]) So auch der Verf., Mitteil. Geol. Ges. Wien 1922.

[2]) Z. B. schon: Verhandl. d. geol. Reichsanstalt 1904 (!), S. 254—256, und Erläuterungen zu Bl. Bischoflack der österr. geol. Spezialkarte, S. 94, 95.

[3]) KOBER, Bau und Entstehung der Alpen. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1923 (z. B. Fig. 1).

[4]) KOBER nähert sich bei Betrachtung der Grundanlage der ganzen Alpen, ohne es sich einzugestehen, immer mehr den seit 1904 nachweisbaren KOSSMATschen Anschauungen. Immerhin machen sich auch in seinem oben zitierten jüngsten Buch noch alte STAUBsche Vorstellungen störend bemerkbar (vgl. die unverändert übernommene Figur 98).

gestimmt werden soll) haben wir uns mehr und mehr mit dem Gedanken befreundet, daß wir keinen Punkt der Erdkruste (etwa in bezug aufs Gradnetz) als absolut fixiert ansehen dürfen. Trotzdem aber ist es berechtigt, ja notwendig, um auf obiges Beispiel zurückzukommen, wenn jede der drei herausgegriffenen Darstellungsarten von der möglichen Bewegung des Beobachtungsstandpunktes (eurasischer Kontinent, bezw. Adria, bezw. Ostalpenachse) abstrahiert und die tangentialen Krustenbewegungen des Kettengebirges auf ihn bezieht. Auch ein und derselbe Geologe wird, je nach dem zu behandelnden Gegenstand, verschiedene Beobachtungsstandpunkte einnehmen.

Wie jeder mathematische Physiker muß er aber wissen, daß und wovon er abstrahiert.

Als warnendes Beispiel kann uns RUDOLF STAUBs Synthese dienen[1]). Diesem an den Nordalpen geschulten Geologen war die relative Autochthonie Eurasiens zur absoluten geworden. Bei Betrachtung des ganzen Alpenkörpers verallgemeinert er diesen Standpunkt in unzulässiger Weise. Südliche Kalkalpen und einen großen Teil der Zentralalpen macht er zu einem Teil der herandrängenden „indoafrikanischen Scholle", um eine nordgerichtete Tektonik zu konstruieren. Und die in Wahrheit durch relativen Nord-Süd-Schub gleichzeitig mit dem Nordalpenbau geschaffene Struktur der südlichen Kalkalpen kann er sich nur nachträglich durch Einsinken und Unterfahren seines hypothetischen indoafrikanischen Spornes entstanden denken. Selbst wenn ein so langer dünner Sporn Indoafrikas, zwischen Apennin und Dinarischem Gebirge besenstielartig durchlaufend mechanisch möglich wäre, was soll Eurasien an Autochthonie vor Indoafrika voraus haben? Gewiß würde STAUB, im Taurus oder Himalaya zum Geologen geschult, alles, auch Eurasien, von Nord nach Süd schieben. So führt die Übertragung eines für die Darstellung der Nordalpen notwendigen Standpunktes auf andere Gebiete zu unverständlichen Bildern, schließlich zu Fehlern.

Auch das neueste der neuen Bücher über Alpenbau und -entstehung, das von JENNY[2]), zeigt, allerdings nur in diesem Punkt, keinen grundsätzlichen Fortschritt gegenüber STAUB. Auch JENNY schiebt die ganzen Alpen einseitig von Süden, seine adriatische Scholle ist nichts anderes als STAUBs indoafrikanischer Sporn und bedeutet somit einen Rückschritt gegen die zweiseitige Auffassung des Alpenbaues durch KOSSMAT und KOBER.

Verfehlt aber würde es natürlich auch sein, wenn jemand bei Schilderung der jungmesozoisch-tertiären Schollengebirgsbildung in Mitteldeutschland die Achse der Ostalpen als fest zugrunde legen

---

[1]) Über Faziesverteilung und Orogenese in den südöstlichen Schweizeralpen. Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, 76, N. F. XLVI, 3. Abt., 1917. z. B. Fig. 2, S. 196.

[2]) JENNY, Die alpine Faltung. Ihre Anordnung in Raum und Zeit. Berlin, Gebr. Borntraeger,. 1924.

wollte. Er müßte dann alles südwärts wandernd darstellen, nur z. B. den Harz langsamer als das nördliche Harzvorland. Das Ganze wäre äußerst schwer verständlich und Irrtümer sehr leicht möglich. —

Ein verwandter Fall, ein zweites Beispiel ist folgendes: Um festzustellen, wann eine Gebirgsbildung stattfand, dürfen wir in eng begrenzten Gebieten vom Wandern der Orogenese absehen und sie zwischen die jüngste mitgefaltete und die älteste diskordant transgredierende Stufe zeitlich einschließen. Dieser Zeitraum wird dann stets ansehnlich bleiben.

Fassen wir dagegen größere Räume zusammen und nehmen auch weiterhin dieselbe Abstraktion von der stetigen Verschiebung des Schauplatzes der Orogenese vor, so erhalten wir ein falsches Bild: die Gebirgsbildung scheint in eine unterbrochene Reihe von „gewissermaßen ruckartigen" (HERITSCH) Phasen zu zerfallen, die jede für sich auf einen unendlich kurzen Zeitraum eingeengt sind. STILLE zerlegt z. B. in seiner Arbeit: Über Alter und Art der Phasen varistischer Gebirgsbildung[1]) den Vorgang in vier Phasen. Diese werden sämtlich als zwischen zwei geologisch unmittelbar benachbarten Zeiträumen erfolgt dargestellt (z. B. Asturische Phase zwischen Saarbrücker und Ottweiler Stufe).

Diese Darstellungsweise zerreißt also die großzügige Stetigkeit[2]) im Ablauf der Gebirgsbildung in Einzelkatastrophen[3]). —

Besonders leicht können sich in unsere Wissenschaft derartige Fehler einschleichen, weil die Abstraktionen nicht mathematisch definierbar, sondern mehr gefühlsmäßig sind. Sie werden dadurch leicht ein fester Bestandteil unseres Unterbewußtseins und nicht mehr als Abstraktionen empfunden.

Ein weiteres schönes Beispiel dafür wurde von WALTHER PENCK geklärt[4]): Es sind die Resultate vieler Schüler des amerikanischen Morphologen W. M. DAVIS. Dieser abstrahierte, um verständlich zu sein, von der Tatsache, daß Hebung und Abtragung eines Krustenteils gleichzeitig erfolgen; er ließ die Abtragung erst nach Vollendung der Hebung beginnen und leitete theoretisch Serien von Oberflächenformen ab, die mit den wirklichen wohl manche Ähnlichkeit haben mögen, aber (abgesehen vom Endrumpf) keine Übereinstimmungen haben können. Diejenigen seiner Schüler, die, ohne noch an diese Abstraktion zu denken, DAVIS' theoretischen Formenschatz in der Natur wiederfinden wollten und ihn in sie „hineinsahen", waren von vornherein schweren Irrtümern ausgesetzt. Ganz unmöglich war es

[1]) Nachrichten K. Ges. d. Wiss. Göttingen, math.-phys. Kl. 1920, S. 219.

[2]) „Stetigkeit" (auch in mathematischem Sinne) schließt natürlich an- und abschwellende Rhythmen nicht aus.

[3]) Die hier nur angedeuteten Gedankengänge erfordern eigentlich eine ausführliche Darlegung; da diese aber den Rahmen des Aufsatzes sprengen würde, muß sie gesonderter Publikation vorbehalten werden.

[4]) W. PENCK, Wesen und Grundlagen der morphologischen Analyse. Berichte der math.-phys. Kl. d. Sächs. Akad. d. Wiss. LXXII, Leipzig 1920.

ihnen, den wertvollsten Schlüssel für morphologische Fragen, die gleichzeitige Betrachtung der korrelaten Sedimente zu finden, geschweige denn zu benutzen. Und doch war die Abstraktion, die DAVIS seinerzeit vornahm, notwendig, um Fortschritte im morphologischen Denken zu erzielen. —

Überhaupt hat im Werdegang einer Wissenschaft jede Gelehrtengeneration ihre Lieblingsprobleme und konzentriert auf diese ihre volle Aufmerksamkeit. Man hat daher geradezu von der „Mode in der Geologie" gesprochen. Von den Tatsachen, die zur Klärung der jeweils aktuellen Fragen nicht notwendig erscheinen, pflegt man stillschweigend zu abstrahieren oder sie als „störendes Beiwerk" beiseite zu schieben.

Gerade von solchen vernachlässigten Fragen gehen dann aber häufig Neuerungen aus. Selbstverständlich geschieht das auch nicht, ohne stillschweigend und unterbewußt andere Abstraktionen vorzunehmen. So kommt es, daß die älteren Arbeiten den Vertretern der neuen Probleme als völlig überholt erscheinen. Eine Enkelgeneration dagegen wird mit Erstaunen bei ihren wissenschaftlichen Großvätern viele „moderne" Gesichtspunkte, ja Resultate finden. Der Fortschritt der Gesamtwissenschaft liegt dann darin, daß spätere Generationen nicht wieder so viele Abstraktionen vornehmen müssen und sich also der Wirklichkeit mehr annähern.

In der Geologie sind für die genannten Wiederholungen Beispiele schwieriger beizubringen, weil sie noch eine sehr junge Wissenschaft ist. Immerhin möge in diesem Zusammenhang erinnert werden an die jetzt wieder anerkannte DARWINsche Atolltheorie und an die Neubelebung von Gedankengängen LEOPOLDs VON BUCH. —

Wir müssen uns also bei einer Darstellung stets im klaren sein, daß wir abstrahieren müssen, wir müssen zu ermitteln suchen, wovon wir im betreffenden Falle und beim jeweiligen Stand der Wissenschaft am besten abstrahieren, um die Wirklichkeit darstellbar zu machen. Aber wir müssen uns der Tatsache stets bewußt bleiben, daß wir abstrahiert haben, und müssen deutlich hervorheben, was uns in der betreffenden Arbeit wichtig ist und was wir als unwichtig zurückstellen. Dadurch werden wir uns davor bewahren, von späteren Geschlechtern mißverstanden zu werden, werden aber vor allem der Gefahr entgehen, unser Gleichnis für die Wirklichkeit selbst zu halten und durch falsche Verallgemeinerungen Fehler zu machen.

Ebensowenig werden wir von den Arbeiten anderer Unbilliges verlangen: auch sie sind nur durch Abstraktionen möglich gewesen, können also nicht ident mit der nie ganz darstellbaren Natur sein. Der Geologe aber, der vergißt, daß er selbst Abstraktionen vorgenommen hat, und daß diese von den Abstraktionen seines wissenschaftlichen Gegners verschieden sind, wird notwendigerweise ungerecht urteilen.