

# Über das Verhältnis von Aufbau und Abtrag in den Alpen.

Von Otto Ampferer.

Mit 9 Zeichnungen.

Wenn man sich die Geschichte eines Gebirges klarmachen will, so kann man dies einerseits durch ein Studium seiner noch heute erhaltenen Bauruinen anstreben, man kann aber auch anderseits ganz unabhängig davon eine Reihe von Erfahrungen aus dem Studium seiner zerstörten Teile gewinnen, welche vor allem rings um das Gebirge als Schuttmassen ausgebreitet liegen.

In der folgenden Arbeit will ich versuchen, auf diesem noch wenig begangenen Pfade der Alpenforschung zu einigen neuen Ausblicken zu gelangen.

Zunächst muß betont werden, daß diese Methode in mancher Hinsicht keine genauere Auskunft zu bieten vermag, in anderer Hinsicht dagegen wohl.

So liegt ihr Wert auch nicht in ihrer Selbständigkeit, sondern gerade in der Möglichkeit, die Lücken der ersteren Methode in gewissen Fällen schließen zu können.

Wenn sich in der äußeren Erdhaut eine Aufwölbung von Schichten bildet, so wird sich die Erosion sogleich mit der Abtragung dieses Gebildes zu beschäftigen beginnen.

Je nach der geographischen Lage der Aufwölbung werden dabei die Hilfsmittel und der Arbeitsfortschritt der Erosion verschieden sein, was wir hier nicht näher untersuchen wollen.

Im allgemeinen werden die Abtragsprodukte am Fuße der Aufwölbung aufgeschüttet, wenigstens was den groben Anteil derselben betrifft.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß sich um die Aufwölbung herum eine Einsenkung bilden wird. Ist dieselbe mit Wasser gefüllt, so haben wir einen idealen Schuttsammeltrog vor uns, der eine sorgsame Auf- fangung und Aufbewahrung der Abtragsprodukte sicherstellt.

Die Wirkung einer derartigen Gebirgszone auf die dadurch angeregte Sedimentbildung läßt sich kurz etwa folgendermaßen beschreiben. Wenn die Wölbung aus einer einfachen Sedimentfolge — Fig. 1 —  $a-b-c-d$  besteht, so wird die Abtragungsfolge gerade umgekehrt aus der Folge  $d_1-c_1-b_1-a_1$  bestehen.

Dabei soll  $a_1$  vorherrschend aus Trümmern von  $a$ ,  $b_1$  aus solchen von  $b$  . . . aufgebaut worden sein.

Wir sehen, daß die Abtragung im wesentlichen eine vollständige Umkehrung der Schichtfolge herbeizuführen strebt.

Weiter wird die ursprünglich zusammenhängende Schichtendecke, im Querschnitt durch die Wölbung betrachtet, durch die Abtragung in

getrennte Bereiche zerlegt. Außerdem tritt in den Abtragssedimenten automatisch eine Neuordnung insofern ein, als die groben Schuttmassen in der Nähe bleiben und die feinen in die Ferne verschickt werden.

Endlich kommt durch die Gebirgsabtragung im Laufe der Zeit ein Ausgleich in der Schichtneigung der Aufschüttungen zustande. Es werden die älteren Ablagerungen eine steilere Neigung einhalten als die jüngeren. So werden durch schlichte Abtragung aus einst parallelen Schichtlagen ungleich schräg gestellte ohne einen weiteren tektonischen Eingriff erzeugt.

Dabei übergreifen die flachen, jüngeren Ablagerungen die steileren, älteren.

Auch nimmt in diesen Ablagerungen vertikal nach oben im allgemeinen die Korngröße ab.

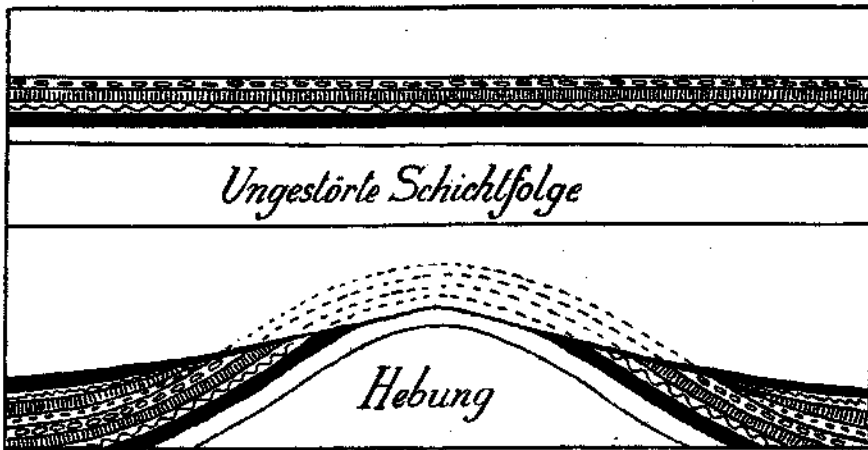


Fig. 1. Aus der oberen regelmäßigen Schichtfolge ( $a$  = schwarz,  $b$  = gewellt,  $c$  = schraffiert,  $d$  = geringelt) soll eine Aufwölbung gebildet werden, bei deren allmählicher Abtragung eine Umkehr der Schichtfolge entsteht, weil aus den jeweils höheren Schichten der Wölbung jeweils tiefere der Aufschüttung hervorgehen.

Wir erkennen den weiten Umfang von Änderungen, der bereits durch eine einzelne Schichtaufwölbung ins Leben gerufen wird.

Durch eine solche Hebung wird die einfache „Altordnung“ zerstört und gleichzeitig aus den Zerstörungsprodukten eine wesentlich kompliziertere „Neuordnung“ geschaffen. Wenn unsere Hebung abgetragen ist, so können wir trotzdem aus einem Vergleich der beiderseitigen Abtragsschuttmassen uns ein annähernd richtiges Bild der einst bestandenen Erhebung konstruieren.

In der Natur verläuft indessen die Abtragung wohl kaum je so ungestört und einfach, da sowohl der Abtrags- als auch der Auftragsraum von tektonischen Veränderungen immer wieder umgeschaltet wird. Die drei Akte, die tektonische Aufwölbung, die Abtragung und die Aufschüttung sind engstens miteinander verbunden.

Dabei hat der erste Akt eine vollkommene Ungebundenheit, da er dem Antrieb des motorischen heißen Erdinnern entspringt, die anderen Akte werden von ihm eingeleitet und beeinflusst. Sie fließen also mit Notwendigkeit von ihm ab.

Auch dadurch ergibt sich wieder die Möglichkeit eines Rückschließens aus den Sedimenten auf den Verlauf einer Gebirgsbildung.

Wenn man sich eines Zeit-Raumgitters bedient, kann man diese Verhältnisse, wie Fig. 2 lehrt, graphisch anschaulich machen.

Wir stellen den Verlauf der tektonischen Hebung mit einer „Baulinie“, jenen der Abtragung mit einer „Abtragslinie“ und jenen der Aufschüttung mit einer „Sedimentierlinie“ dar. Aus dieser Darstellung geht leicht die Einsicht hervor, daß nur bei schnellem Anstieg der Baulinie das errichtete und das beabsichtigte Gebäude sich decken kann. Erfolgt der Bau langsam, so wird er gleichzeitig teilweise abgetragen.

Kommt der Bau dann zum Stillstand, so hat er nicht die Form erreicht wie ohne das Eingreifen der Erosion.

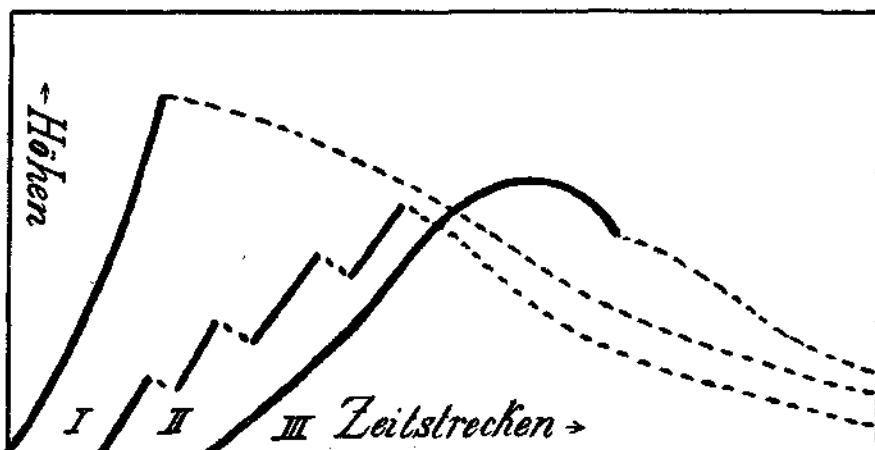


Fig. 2. Dicke Linien = Baulinien, unterbrochene Linien = Abtragslinien. Diese Kurven stellen in Zeit und Raum schematisch den Mittelwert eines raschen, eines ruckweisen und eines etwas zurücksinkenden Aufbaues samt der anschließenden Abtragung dar.

Auf die Höhe des Gebirges braucht die Erosion während der Bauzeit keinen entscheidenden Einfluß zu nehmen, da diese in erster Linie von der hebenden Baukraft bestimmt wird.

Man kann also nicht einfach behaupten, das Gebirge wäre ohne Erosion höher geworden, man kann nur sagen, es hätte eine andere Form erhalten.

Unrichtig ist jedoch auf alle Fälle eine Bauergänzung aus den heute vorliegenden Schichtneigungen. Das muß, wie Fig. 3 lehrt, unbedingt zu Übertreibungen führen.

Durch den Eingriff der Erosion sind natürlich die Aufwölbungen viel leichter verletzbar als die Mulden. So werden die Sättel durch die Abtragung weit eher geschwächt als die Mulden, ja die letzteren können sogar bei tiefer Lage noch durch den zufallenden Schutt der Sättel verstärkt werden.

Die Wirkung der weiteren Faltung muß daher in einer leichteren Aufbiegung der gekerbten Sättel bestehen.

So kommt es geradezu zu einer „Hypertrophie“ der Sättel auf Kosten der Mulden.

Ergänzt man aber nun aus den heute noch stehengebliebenen Sattelflügeln den abgetragenen Sattel, so bekommt man unter Umständen einen wesentlich höheren Wert, wie er ohne Erosion nie erreicht worden wäre.

Auch das Tempo des Aufbaues und des Abtrages stehen in gegenseitiger Beziehung.

Steigt die Bauform rasch empor, so wird auch die Erosion rasch eine Höchstleistung erzielen und dann allmählich wieder absinken. Bei raschen Hebungen werden die Abtragsprodukte mit groben Mischungen beginnen und mit feineren enden. Erfolgen die Hebungen langsam, so wird das auch in ihren Sedimenten zum Ausdruck kommen. Die Abtragung einer größeren Erhebung erreicht wahrscheinlich erst nach einer gewissen Zeit ihre Hochleistung und sinkt dann allgemach zu immer geringeren Lieferungen herunter.

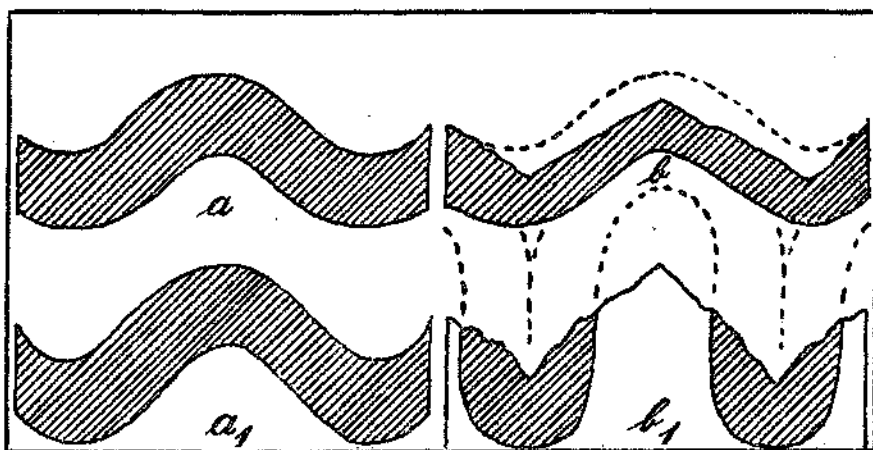


Fig. 3. Durch dieselbe Kraft wird aus der unzerschnittenen Falte *a* die Falte *a*<sub>1</sub>, aus der zerschnittenen Falte *b* die Falte *b*<sub>1</sub> weitergebildet. Ergänzt man nun die Form *b*<sub>1</sub> zur Vollform, so erhält man eine viel höhere Faltung als sie *a*<sub>1</sub> entspricht.

Dies gilt nur, wenn das Gebirge in dieser Zeit seine tektonische Ruhe bewahrt.

In einem tektonisch bewegten Gebirgsraum schwellen die Schuttlieferungen voraussichtlich zu außerordentlichen Beträgen an. Erschütterungen sind mit den lebhaften Faltungen und Schiebungen reichlich verbunden, die fort und fort Bergstürze und Abgleitungen auslösen. Bei solcher Steigerung der Schuttproduktion handelt es sich vor allem um Block- und Grobschutt, die uns in Breccien und Konglomeraten vielfach überliefert sind. Solche finden wir in den Ablagerungen von Cenoman, Gosau, Flysch, Molasse sowie in diluvialen Endmoränen und in zahlreichen Bergstürzen aufbewahrt.

Dagegen wird die Produktion von Feinschutt mit einer Erniedrigung der Erhebung im allgemeinen gegenüber jener von Grobschutt die Oberhand zu gewinnen vermögen.

Aus diesen Überlegungen geht weiter auch hervor, daß man in der Nähe des schuttliefernden Gebirges auf eine viel klarere Abbildung seiner Geschichte in seinen Sedimenten rechnen kann als in größerer Entfernung.

Je größere Strecken die Schuttfrachten zurückzulegen hatten, bevor sie zur Ruhe gelangten, desto mehr wird eine gleichmäßige Zerreibung und Vermischung aller Schuttarten und eine Auslese des härteren Materials vor sich gehen.

Dadurch werden endlich Sandsteine und Mergel von einer Art erreicht, die alle lokalen Eigenarten verloren haben.

Aus einer solchen trüben Fernabbildung wird man schwer mehr genauere Angaben über Gebirgsbildung abzulesen vermögen.

Ganz anders sehen dagegen die Schuttlieferungen am Rande eines Gebirges aus, wo sich jede größere Änderung noch voll abzubilden vermag.

Hier haben wir eben eine klare und scharfe Nahabbildung vor uns liegen.

Natürlich geht die trübe Fernabbildung durch allmähliche Übergänge aus der klaren Nahabbildung hervor.

Werden die gesamten Schuttfrachten eines Gebirges in nahegelegene, wassergefüllte Sammeltröge vereinigt, so kommt es auf die Größe und Tiefe dieser Sammelbecken an, ob darin noch eine Scheidung von Nah- und Fernabbildung entstehen kann. Dabei darf man nicht vergessen, daß in einer stehenden Wassermasse die Scheidung und Fällung des einströmenden Materials nach seiner Korngröße auf weit kürzeren Wegen vollzogen wird als etwa entlang von Flüssen oder Strömen.

Außerdem spielt im stehenden Wasser noch die Mitwirkung von Vegetation und Fauna eine ziemliche Rolle.

Jedenfalls ist die Klarabbildung auf die Nähe des schuttliefernden Gebirges beschränkt, schon deshalb, weil der Ferntransport von groben Schuttmassen zur Ausnahme oder zur Unmöglichkeit gehört.

Für die Lieferung von groben Schuttmassen kommen Bergstürze, Gleitungen, Explosionen, Gletscher und Eisberge in Betracht.

Bei den Bergstürzen eilen die groben Blöcke dem feineren Schutt voraus, bei Gleitungen ist dies ziemlich ähnlich, doch können z. B. Gleitungen unter Wasser noch bei sehr geringer Neigung vom Stapel gehen, wo Grob- und Feinschutt ziemlich gleich weit befördert wird.

Bei Explosionen fallen die schweren Trümmer in der Nähe nieder, während der Staub eventuell um die ganze Erde schweben und sich weltweit verteilen kann. Gletscher und Eisberge tragen den groben und den feinen Schutt gleich weit und ohne dabei eine Scheidung vorzunehmen.

So trifft das Transportmittel je nach seiner Art wieder eine charakteristische Anordnung der groben und feinen Bestandteile der ihm übergebenen Lasten. Sieht man von Eisbergen und Großgletschern ab, so reichen die anderen Beförderungsmittel nicht aus, um Grobschutt weiter vom Gebirge weg zu befördern. Wir werden daher nur in seiner Nähe die volle Skala vom Groben bis zum Feinen in seinen Sedimenten erwarten können.

Wird ein Gebirge emporgewölbt und der Erosion übergeben, so stellt diese ihre Abtragsarbeit erst ein, wenn das Gebirge völlig eingeebnet ist.

So findet gleichsam eine ununterbrochene Schuttausstrahlung vom Gebirge aus statt.

Eine Unterbrechung ist nur denkbar, wenn das Gebirge vor der vollendeten Abtragung durch eine Versenkung den Angriffen der Erosion ganz entzogen wird.

Ob also der Aufbau eines Gebirges rasch oder langsam in einer oder in mehreren Hebungen vollzogen wird, so geht die Abtragung auf alle Fälle geschlossen und ununterbrochen ihren Weg.

Tritt keine weitere Störung hinzu, so wird der Übergang vom Hochgebirge zum Mittelgebirge relativ rasch und mit lebhafter Schuttförderung, jener vom Mittelgebirge zur Rumpflandschaft dagegen langsam und mit geringerer Schuttlieferung vor sich gehen.

Bei unserer bisherigen Betrachtung sind wir von einer einfachen oder mehrfachen symmetrischen Hebung ausgegangen, wobei der Hebungsraum als solcher immer derselbe geblieben ist.

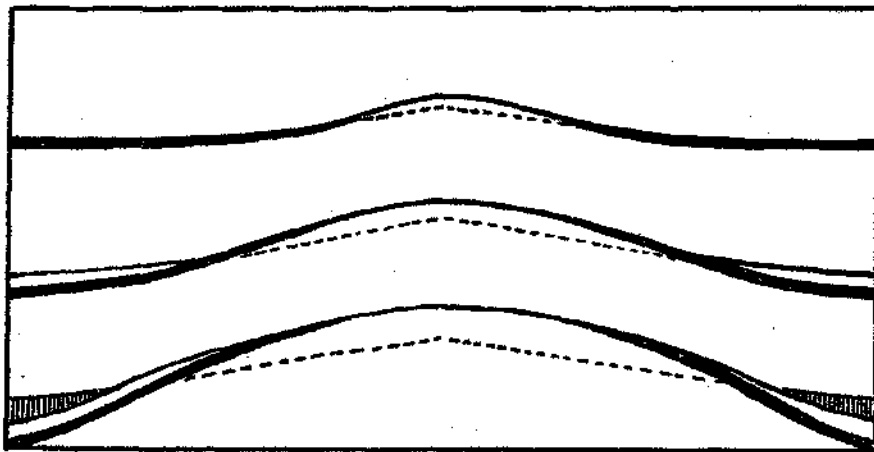


Fig. 4. Darstellung einer allmählich symmetrisch in die Höhe und Breite wachsenden Erhebung. Dabei werden die älteren Abtragsprodukte teilweise wieder gehoben und umgelagert (Wiederkäuung).

Es ist nun zu bedenken, welche Wirkungen entstehen, wenn sich der Hebungsraum als solcher bei den späteren Hebungen vergrößert, also die Gebirgsbildung allmählich eine breitere Zone ergreift.

Wie (Fig. 4) veranschaulicht, kommt es in einem solchen Falle dazu, daß die älteren Abtragsprodukte zum Teil wieder gehoben und neuerdings abgetragen werden.

Man kann in diesem Falle gleichsam von einer „Wiederkäuung“ der Sedimente reden.

Dadurch wird die Reinheit des Schuttrhythmus einer einfachen stehenden Hebungswelle mit Vermischungen der Schuttelemente unklarer und verschleiert.

Noch kompliziertere Verhältnisse sind zu gewärtigen, wenn das Wachstum der Erhebung ein stark einseitiges wird (Fig. 5).

Durch ein solches einseitiges Wachstum der Erhebung wird die eine Seite derselben unbedingt zu einer wesentlich größeren und bunteren Schuttlieferung angeregt.

Hier ist infolge der Einseitigkeit ein steileres Gefälle und größere Durchbewegung der ganzen Gesteinsmassen gegeben. Außerdem kommt zur normalen Abtragung unterstützend noch der tektonische Massenzuschub hinzu.

Nimmt die Einseitigkeit größere Dimensionen an, haben wir also eine wandernde Falte vor uns, so ist es möglich, daß allmählich sogar alter Abtragungsschutt, z. B. von der Südseite auf die Nordseite gelangt.

So zieht gleichsam bei diesem Wachstum die Abtragung der bevorzugten Seite noch die Schuttproduktion der anderen schwächeren Seite an sich und mischt dieselbe ihren Gebilden zu.

Besteht die Erhebung aus verschiedenartigen Gesteinsmassen, so können auf solche Weise z. B. Gesteinsarten der Südseite den Sedimenten der Nordseite einverleibt werden, die hier ganz fremdartig sind

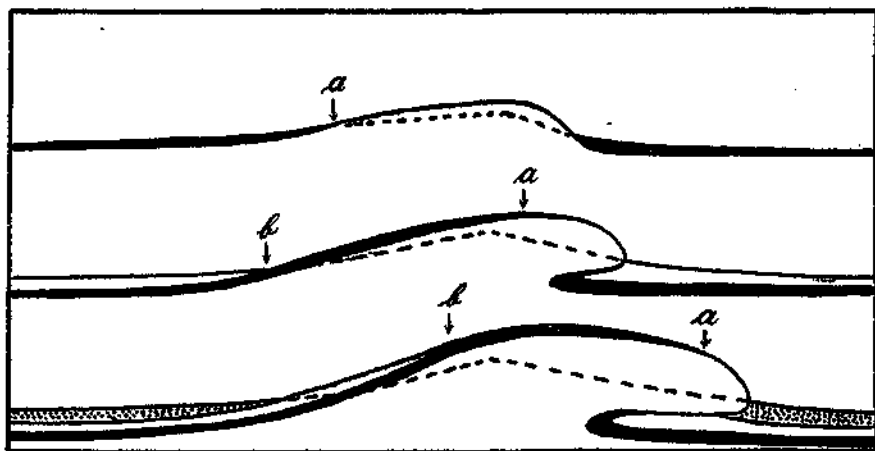


Fig. 5. Darstellung einer einseitig in die Höhe und Breite wachsenden Erhebung. Hier kann der Abtragschutt der einen Seite soweit gehoben und mitgetragen werden, daß er endlich den Abtragsprodukten der Gegenseite einverleibt wird.

Da dieselben aber bereits auf der Südseite im Abtragungsschutte lagen, also von einer zerstörten Schichte herkommen, so kann man für sie unter Umständen nirgends mehr eine Heimstätte finden.

Dies wäre bei exotischen Geröllen immerhin auch zu bedenken.

Geht das einseitige Wachstum einer Erhebung endlich in eine Überschiebung über, so ist es wahrscheinlich, daß die Stirnteile derselben bei entsprechender Marschgeschwindigkeit den vor ihr entstehenden Grottschutt überschreiten und unter sich begraben — Fig. 6 —. Es ist nun wieder eine der merkwürdigen Tatsachen der alpinen Gebirgsbildung, daß sich bisher nirgends unter den Schubmassen oder in den Faltenkernen eingewickelter, jungtertiärer Abtragungsschutt gefunden hat.

Was wir an solchen Ablagerungen begegnen, ist einerseits von weit höherem Alter (Cenoman-Gosau-Flysch) und andererseits von mariner Bildung.

Landablagerungen, wie Bergsturzmassen, Hangschutthalden... fehlen ausnahmslos.

Eine Erklärung dafür bietet die Annahme, daß die Überfaltungen und Überrollungen ja nur unter einer schweren Deckschubmasse möglich waren. Sie haben sich also nicht an der Oberfläche vollziehen können.

Die Deckschubmassen, welche sicherlich sowohl auf ihrem Rücken als auch an ihrer Basis derartige Grobschuttmassen mit sich führten, sind aber längst schon der Erosion zum Opfer gefallen.

Betrachten wir nun nach diesen Vorbemerkungen die Alpen im Hinblick auf die Gesamtheit ihres Abtragsschuttes, so drängt sich uns sogleich die Beobachtung auf, daß wir zwar für die alluviale und die diluviale Zeit eine strenge, genau verfolgbare Verbindung zwischen dem schuttliefernden Alpenkörper und den Aufschüttungen in seinem Vorlande besitzen, dies jedoch für die älteren Zeiten durchaus nicht mehr richtig ist.

Schon die gewaltigen, miocänen-oligozänen Schuttmassen von Schlier und Molasse entbehren jeder Verbindung mit dem heutigen Alpenkörper und ebensowenig läßt sich eine solche für den tertiären und kretazischen Flysch entdecken.

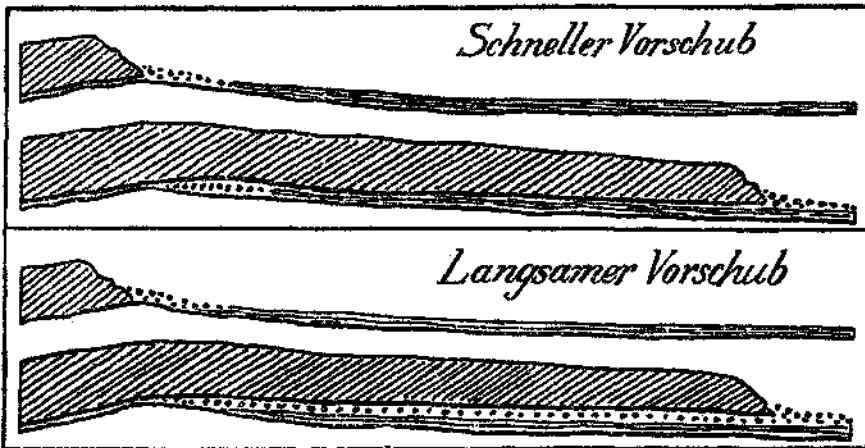


Fig. 6. Beim schnellen Vorschub einer Schubmasse wird wenig eigener Grobschutt überfahren. Bei langsamem Vorschub kann der Stirnrand hin und hin Aufschüttungen liefern, die begraben werden.

Die Gosau- und Cenomanbuchten im Innern der Alpen bestehen wohl hauptsächlich aus streng lokalem Schuttwerk, doch enthalten auch sie hin und hin exotisches Schuttwerk von unbekannter Herkunft.

Auch viel ältere Schichten bergen Sandsteinablagerungen in sich, welche aus ihrer heutigen Umgebung nicht mehr gewinnbar sind.

Hier wären aus dem Bereiche der Ostalpen z. B. die Sandsteine der Grestener Schichten, diejenigen der Lunzer Schichten, vor allem aber diejenigen des Buntsandsteins zu erwähnen. Seine bunten, vor allem roten Quarzsandsteine transgredieren über die grünen, grauen oder schwärzlichen Gesteine der Grauwackenzone, aus deren Material sie unmöglich entstanden sein können. Alle diese Sandsteine erscheinen vielmehr den Abtragungsprodukten eines Granitgebirges verwandt.

Um eine Ordnung in diese Probleme zu bringen, versuchen wir schrittweise von der heutigen klaren Beziehung zwischen dem Alpenkörper und seinem Abtragungsschutt aus in die Vergangenheit vorzudringen.



Die alluvialen Schuttmassen stehen, gleichviel ob es sich um Grob- oder Feinschutt handelt, mit ihren Ursprungsstätten in einer durchaus klaren und völlig eindeutigen Beziehung.

Dasselbe gilt auch noch für die gesamten glazialen und interglazialen Ablagerungen.

Die Beziehungen sind hier so ungestörte, daß man z. B. aus dem Material der Endmoränen und den erraticen Blöcken die Grenzen der einzelnen Großgletscher mit Zuverlässigkeit festzustellen vermochte.

So sehen wir in dieser ganzen Zeit den Alpenkörper gleichsam mit zahlreichen, bald schmälere, bald breitere Bändern und Streifen auf das genaueste an sein Vorland gebunden.

Diese sorgfältige Verbindung wird auch, wie wir wissen, durch gelegentliche, ganz erhebliche vertikale Auf- und Abbiegungen in dieser Zeit durchaus nicht unterbrochen.

In den heutigen Alpen liegt ungeheuer viel Schutt im Gebirgsraum selbst aufbewahrt, u. zw. vielfach an Stellen, die eine lange Ungestörtheit verbürgen. Auf sorgfältigen geologischen Karten macht die Schuttbedeckung meist 10 bis 20 Prozent der Oberfläche, manchmal sogar noch mehr aus.

Die postglaziale Schuttabfuhr war dabei nicht einmal imstande, die eingeschalteten großen Talseen zu verschütten. Wahrscheinlich waren diese Seen, wenigstens teilweise, schon interglazial verschüttet und sind durch die letzte Vergletscherung wieder ausgeschöpft worden. Die Fernablieferung des alpinen Schuttes erfolgt heute zum Mittelmeer, zum Schwarzen Meere und zur Nordsee.

Die Abführung besorgen wenige Ströme, also schmale Fäden, die zudem eine ungemein schwache Neigung besitzen. Mit Ausnahme der südalpinen Flüsse dürfte die Meerverschüttung von den heutigen Alpen aus nicht bedeutend sein.

Die ältesten, sicher diluvialen Ablagerungen treffen wir nun in den Alpentälern nicht etwa hoch droben, sondern in den tiefen Taleinschnitten, was uns beweist, daß zu dieser Zeit das Alpenrelief so ziemlich den heutigen Hochgebirgscharakter schon innehatte. Diese ältesten diluvialen Ablagerungen sitzen unmittelbar dem nackten Grundgebirge auf, u. zw., soweit meine Erfahrungen reichen, ohne eine deutliche Verwitterungskruste, was am leichtesten durch die Annahme einer gründlichen, glazialen Talausträumung zu erklären ist.

Wir halten also fest, daß unsere ältesten Diluvialablagerungen bereits in den tiefen, vorher gut ausgeputzten Talfurchen eines Hochgebirges zur Ablagerung kommen. Im Vorlande der Alpen nehmen die ältesten Diluvialschotter, wenn man den Angaben von Penck und Brückner in den „Alpen im Eiszeitalter“ folgt, als Deckenschotter die höchste Lage ein und zeigen dabei eine weite, flache Ausbreitung über ein offenbar eingeebnetes älteres Tertiärgelände.

Während in den westlichen Alpen die altdiluvialen Schotterdecken unmittelbar der noch gefalteten Molasse auflagern, schalten sich im Vorland der östlichen Alpen noch Schotterdecken ein, die allgemein dem Pliozän zugewiesen werden. Sie transgredieren hier über den Schlier und schließen sich in ihrer Ausbreitung mehr den diluvialen Schottern

an, von denen sie aber hauptsächlich durch eine andere Geröllführung, Vorherrschen von Kieseln, getrennt sind.

In den östlichen Nordalpen haben wir über den altdiluvialen Grundmoränen und Schottern der Täler erst wieder auf den hohen Einebnungsflächen spärliche Hartschotterreste, die von den Morphologen allgemein mit einer miozänen Einebnung der Alpen in Verbindung gebracht werden.

Sie liegen in unseren Nordalpen etwa zwischen 1600 bis 1800 *m* und befinden sich also im Durchschnitt um 1200 bis 1400 *m* oberhalb der altdiluvialen Talsohlen.

Für die ganz gewaltige Erosionsleistung, welche eine Eintiefung des Reliefs um diese Beträge verlangt und die ja vielmals größer sein muß als die ganze diluviale und alluviale Alpenabtragung, finden wir nun im benachbarten nördlichen Vorland keinerlei sedimentären Beleg, da man wahrscheinlich die pliozänen Schotter wegen ihrer Zusammensetzung nicht für diese vor allem kalkalpinen Schuttlieferungen heranziehen kann und dieselben außerdem auch der Menge nach bei weitem unzureichend wären.

Noch schroffer ist diese Erscheinung in den Westalpen ausgesprochen, wo man keine sicheren miozänen Einebnungsflächen kennt und daher in dieselbe Zeit einen noch höheren Erosionsbetrag hineinschieben muß, für den im dortigen Vorland keinerlei sedimentäre Abbildung aufzutreiben ist, da hier sogar unsere pliozänen Schotter fehlen. Nun verlegen allerdings die Schweizer Geologen in diese Zeit auch die Faltung und Hebung des ganzen Molassevorlandes, doch würde dadurch höchstens eine Verbreiterung und Vermehrung des schuttliefernden Alpenkörpers und eine Nordwärtsverschiebung der dazugehörigen Grobschuttmassen herbeigeführt werden.

Jedenfalls kann man durch lebhafte Gebirgsbildung gewiß keine Erklärung für ein Ausbleiben der dazugehörigen sedimentären Abbildung erreichen. Die Umformung unserer ostalpinen miozänen Rumpflandschaft in das diluviale Hochgebirge könnte man natürlich am einfachsten durch eine entsprechende Vertikalhebung erzielen.

Mit dieser Hebung wäre jedoch automatisch eine riesige Steigerung der Schuttlieferungen verbunden, von der eben gerade keine Spuren vorhanden sind. Das beweist, daß diese Erklärung nicht zu Recht bestehen kann.

Wir haben also an der Nordseite unserer Alpen zwischen Gebirge und Vorland bis in präglaziale Zeit eine strenge Verbindung von Abtragung und Aufschüttung. Zu Beginn dieser Aufschüttung hatten aber die Alpen schon Hochgebirgsrelief.

Im Miozän sind in den Ostalpen bereits hochgelegene Einebnungsflächen ausgebildet.

Für die ganze riesige Abtragung, welche zwischen dieser miozänen Einebnung und dem diluvialen Hochgebirge liegt, ist im Vorland eine gewaltige Lücke in der zugehörigen Sedimentabbildung, die gegen Westen zu noch umfangreicher klafft. Wo liegen also die ungeheuren Grobschuttmassen, welche die Umformung zum Hochgebirge auf alle Fälle geliefert haben muß?

Eine Vertikalhebung versagt hier als Erklärung vollständig. Ebenso eine Vertikalsenkung, weil dadurch ja die Umformung zum Hochgebirge ausgeschaltet würde.

So werden wir zu dem Schlusse geleitet, daß die Alpen bereits als fertiges Hochgebirge an ihr heutiges Vorland aus der Ferne herangeschoben wurden. Bei dieser Überschiebung muß der ganze Grobschutt der Hochgebirgsschaffung überschritten und begraben worden sein.

So weitreichend diese Forderung auf den ersten Blick auch erscheint, so ist sie doch nicht zu umgehen. Man könnte vielleicht daran denken, daß in dieser Zeit der Herausarbeitung zum Hochgebirge, also zwischen dem Abschluß des Miozäns und dem Beginn des Diluviums, eine Ablieferung des Werkschutttes durch Flüsse und Ströme in ferne Meere geschehen sein könnte.

Auch dieser Ausweg ist ungangbar.

Zunächst wäre nicht einzusehen, warum gerade im Altdiluvium die strenge Schuttverknüpfung beginnt, vorher aber nicht nachzuweisen sei. Dann würde man mit einer solchen Fernableitung ja nur den Feinschutt, niemals aber den Grobschutt aus der Alpennähe entfernen können.

Endlich müßten sich diese Schuttströme doch auf ihren weiten Wegen irgendwie auffinden lassen, was aber wiederum nicht der Fall ist.

So bleibt keine andere Erklärung, als daß die Alpen eben als fertiges Hochgebirge an ihr heutiges Vorland angefügt wurden und bei ihrem Vormarsch der Grobschutt ihrer Hochgebirgsmeißelung überfahren und begraben wurde.

Es ist aber nicht nur an der Nordseite der Alpen eine riesige Sedimentlücke zwischen Miozän und Altdiluvium, es paßt auch die Sedimentation der Molasse im W und des Schliers im O ganz und gar nicht zu dem heute angrenzenden Alpenkörper.

Diese beiden riesigen Zuschüttungen von breiten, langsam sinkenden Sammelräumen stehen zwar mit ihrem alten Ufer im N noch so ziemlich in gut erkennbarem Kontakt, ihr Südufer ist jedoch nirgends etwa eine normale Alpenküste.

Es ist aber auch nicht möglich, Molasse und Schlier in ihrer Sedimenteigenart durch die Annahme zu erklären, daß sie etwa aus dem Feinschutt der noch entfernten Alpen bestehen.

Dies wird vor allem wieder durch die heute in der Schweiz wohl bekannte fremdartige Geröllzusammensetzung der Molasse abgewiesen.

Wir sind dazu gelangt, den Anshub der Alpen als fertiges Hochgebirge auch in den Ostalpen knapp vor das Altdiluvium zu verlegen.

Wäre nun zwischen dem Molassemeer und den noch entfernten Alpen nur ein offener Meeresraum oder eine freie Ebene eingeschaltet gewesen, so hätten die Alpen durch ihr Vorrücken keinen derartig plötzlichen Umschwung nicht nur in der Korngröße, sondern auch in der ganzen Zusammensetzung der Schuttlieferungen herbeiführen können.

Dieser völlige Umschwung ist nur erklärlich, wenn das Molassemeer seine Hauptschuttzufuhren eben aus einem eigenen Gebirgswalle erhielt, welcher damals noch zwischen demselben und den heranzwandernden Alpen lag.

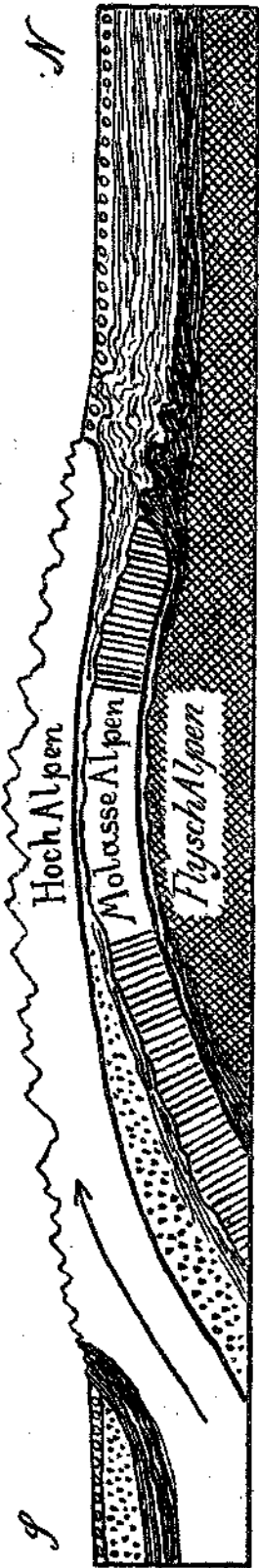


Fig. 7. Dieses Schema soll nur die Reihenfolge der Aufschüttungen und Überwanderungen andeuten, ohne Genauigkeit in den Dimensionen. Auch ist zur Vereinfachung die starke Auffaltung von Flysch und Molasse am Nordrande weggelassen.

Dicke Striche = Abtrag der Flyschalpen,

dünne Striche = Abtrag der Molassealpen,

Punkte = Grobschutt der Hochgebirgsschaffung,

Ringe = Abtrag unserer Hochalpen in Diluvium und Alluvium.

Diese Annahme ist bekanntlich schon von den alten Alpenforschern aufgestellt worden und hat sich bis in unsere Zeit herauf Anhänger erhalten.

Die hier gegebene Ableitung unterscheidet sich vor allem dadurch von der alten Auffassung, daß dieses Molassegebirge (vindelizisches Gebirge) von den vorrückenden Alpen überschritten und begraben gedacht wird. Es liegt daher nicht unter der Molasse, sondern unter den heutigen Alpen.

So haben wir bereits den Hochgebirgsbildungsschutt der Alpen und nun auch das Molasseschiefergebirge von S her überschreiten und begraben lassen. Auch damit ist es aber nicht genug, weil auch zwischen Flysch und Molasse nirgends ein regelmäßiger Übergang und eine Sedimentärverwandtschaft besteht. Ebenso ist der Flysch vom Alpenkörper scharf getrennt und unableitbar.

Wir machen also noch einen Schritt weiter in dieser Richtung und leiten auch den Flysch von einem eigenen, ihm enge zugeordneten Gebirge ab.

Dieses Gebirge wurde erst vom Molassegebirge und dann beide von den Alpen überschritten und in die Tiefe gedrückt. (Fig. 7).

Für die Zufuhr der exotischen Gerölle von Gosau und Cenoman braucht man keine weiteren Annahmen mehr zu machen, da wir ja im N der heutigen Alpen zu jenen Zeiten noch ein sehr breites, heute versunkenes Gebiet hatten, das diese Beiträge leicht zu liefern vermochte.

Es würde dies mit der Beobachtung stimmen, daß die Anordnung der exotischen Gerölle von Cenoman und Gosau am ehesten einer von N gegen S gerichteten Einschwemmung entspricht.

Der mechanische Apparat, welcher hier zur Auflösung der merkwürdigen Lücken und Fremdartigkeiten zwischen dem heutigen Alpenkörper und den Abtragungssedimenten seines Vorlandes herangezogen wird, scheint dem Uneingeweihten wohl unnötig groß und umständlich zu sein.

An Stelle eines Gebirges werden gleich ihrer drei übereinander geschoben und doch erfordert dies weniger Raum, als ihn z. B. A. Heim vom extremen Standpunkt des Nappismus aus für seine Alpenklärung in Anspruch nimmt.

Er rechnet aus, daß die heutigen Alpen von ursprünglich etwa 1200 *km* Breite durch Pressung und mehrfache Ausquetschungen auf zirka 120 *km* Breite zusammengedrückt worden seien.

Ich glaube, für den obigen Mechanismus samt der Alpenbildung schon mit der Hälfte dieser ursprünglichen Breite das Auslangen finden zu können.

Die Probleme der exotischen Bestandteile der Cenoman-Gosau-Flysch-Molasse-Ablagerungen sind nach dieser Darstellung somit keine der Innentektonik der heutigen Alpen, sondern solche von Verschiebungen noch größeren Stiles. Daher ist es auch trotz langjähriger, unermüdlicher Sucherei nicht gelungen, in den heutigen Alpen die Heimstätten für diese Geröllieferungen zu entdecken.

Sie liegen heute tief unter unseren Alpen versenkt. Die hier entwickelte Vorstellung einer Übereinanderverschiebung von drei verschiedenen Gebirgsstreifen beruht auf der notwendigen Verbindung zwischen Gebirgshebung — Abtragung — Neuauftragung.

Wir haben verfolgt, wie diese Verbindung bis ins Altdiluvium hinab streng und genau besteht.

Von dort ab treffen wir nur mehr auf Unstimmigkeiten. Es fehlen für die gewaltigen Erosionsleistungen bei der Schaffung des Hochgebirgsreliefs im Vorland alle entsprechenden Schuttmassen und umgekehrt lassen sich wieder für die riesigen Schuttmassen von Schlier-Molasse-Flysch keine dazu passenden Ursprungstätten in den heutigen Alpen entdecken.

Die Folgerungen aus diesem Vorstellungskreis sind umfangreich.

Ich will mich nur mit einigen derselben abgeben. Zunächst ist klar, daß in den ganzen heutigen Alpen wohl nirgends mehr von einem autochthonen Gebiete die Rede sein kann.

So ist z. B. die Autochthonie des Aarmassivs nur eine relative für die Innentektonik der heutigen Alpen.

Aber auch dieses Massiv ist mit allen anderen und dem ganzen Alpenkörper über die Ursprungsgebirge von Flysch und Molasse vorgewandert.

Immer mehr hebt sich der tiefe Unterschied derartiger großer Massenwanderungen und der dagegen gemessenen kleinfügigen Innentektonik solcher Bewegungskörper hervor.

Es wird zu einer interessanten Aufgabe werden, die Formelemente beider Wirkungskreise, soweit sie sich durchkreuzen, voneinander zu scheiden.

Einzelne Züge lassen sich auch heute schon ganz gut voneinander abheben.

So dürften die relativ großen Schwankungen in der Höhenlage der einzelnen Massive und in den Achsen der Walzfalten und Schubmassen, welche sich im Streichen des Alpenbogens, besonders in den Westalpen, deutlich erkennen lassen, wohl auf Unregelmäßigkeiten der Grundschiebung, also auf Reliefformen der überschrittenen Gebirgsmassen beruhen, welche Anlaß zu einem Aufwärtswogen der darüber wandernden Massen wurden.

So wären sie als ein Zeichen der Großwanderungen aufzufassen.

Auch die mächtige Querfaltung an der Grenze von Ost- und Westalpen dürfte auf Rechnung dieser Großwanderungen, u. zw. auf einen Richtungswechsel zu setzen sein.

Trotz aller Bemühungen der Nappisten, diese durch die neuen sorgfältigen Aufnahmen nur immer noch umfangreicher enthüllte „Querstruktur“ großen Stiles auf lokale Unregelmäßigkeiten beim Vorrücken der Detaildecken zurückzuführen, bleibt dieselbe schon allein durch ihre Dimensionen einer solchen Erklärung unzugänglich.

Es handelt sich hier jedenfalls um Bewegungsmaße, die nur mit einer Großbewegung des Alpenkörpers in ein richtiges Gleichgewicht zu bringen sind.

Ebenso scheinen mir die gewaltigen Abschrägungen, welche z. B. für die Schubmassen unserer Nordalpen so charakteristisch sind, Anzeichen von Weitwanderungen über ein unregelmäßiges Relief hin zu bedeuten, das wie eine grobe Feile zur Wirkung kam.

Auch hier werden noch eingehende Untersuchungen anzustellen sein.

Die Lage der Nordalpen selbst gegenüber von Grauwackenzone und Krystallin wird durch diese Annahme nicht vertauscht.

Ich bin nach wie vor der Meinung, daß die Nordalpen von jeher an der Nordseite der Zentralalpen lagen, aber eben mit diesen in verhältnismäßig sehr junger Zeit noch große Wanderungen ausgeführt haben.

Folgt man diesen Anschauungen, so verschwinden auch manche sonst unerklärliche Unterschiede zwischen den Ost- und Westalpen.

Nach A. Heim sollen die mittleren Schweizeralpen im Pliozän an das Molasse-Nagelfluhgebirge angestoßen worden sein.

Das würde mit dieser Ableitung ganz gut stimmen. Auch in den Ostalpen sind in dieser Zeit die Alpen als fertiges Hochgebirge erst an ihr heutiges Vorland angefügt worden.

Die miozänen Abtragungsflächen, welche in den Ostalpen noch erhalten sind, wurden in der Schweiz höher emporgehoben und deshalb früher zerstört. Es genügt anzunehmen, daß dieselben in W vielleicht um zirka 2000 m höher gehoben worden sind, um ihr Verschwinden verständlich zu machen.

Es ist ganz interessant, hier einige morphologische Überlegungen einzuschalten.

In den Alpen haben wir heute ein wohl ausgebildetes Hochgebirge mit scharfen Graten und Spitzen und, abgesehen von wenigen Haupttälern und Verschüttungsbecken, auch schmalen Talfurchen vor uns.

Es sind zumeist daher die Überreste alter Verebnungsflächen vollständig aufgezehrt und vernichtet.

Versuchen wir nun, von einem solchen Hochgebirgsquerschnitt — Fig. 8. — eine Rekonstruktion, so haben wir zwei extreme Wege dazu. Entweder machen wir die Annahme, die Erosion habe im allgemeinen in der Taltiefe am stärksten gearbeitet, dann kommen wir bei einer Ergänzung verhältnismäßig rasch zu einer Verebnungsfläche, oder wir machen die Annahme, die Erosion hätte die Gipfelregionen am stärksten abgetragen, dann kommen wir bei einer Ergänzung wieder rasch zu unmöglich hohen und steilen Bergformen.

Nun kann man auch den umgekehrten Weg zur Entscheidung benutzen.

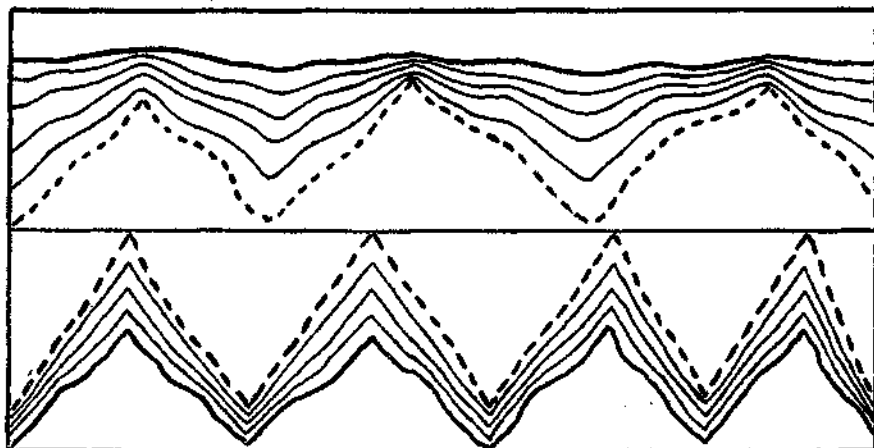


Fig. 8. Im oberen Schema wird von einer Einebnung (dicker Strich) das heutige Relief (Punktreihe) unter der Annahme abgeleitet, daß die Erosion in der Talfurche rascher arbeitet als an den Kämmen. Im unteren Schema wird dagegen vom heutigen Relief (dicker Strich) ein älteres (Punktreihe) unter der Annahme abgeleitet, daß im Gegenteil die Erosion an den Kämmen rascher als in den Furchen abträgt.

Geht man von einer gegebenen Rumpffläche aus, die gehoben wird, so kommt man zu einer gegen die Taltiefen zu gesteigerten Erosion.

Geht man dagegen von einer Hochfaltform — Fig. 9 — aus, so kommt man, wenn die Mulden entsprechend tief liegen, zu einer stärkeren Erosion in der Höhe.

Die erste Ableitung führt zu Verhältnissen, wie wir sie in den Alpen auf Schritt und Tritt tatsächlich beobachten können.

Die zweite Ableitung würde dagegen zu Formen führen, wie sie in den Alpen nicht verwirklicht sind.

Solche Formen bietet teilweise z. B. das Juragebirge. Bei der Alpenfaltung bestand aber nie eine so einfache ursprüngliche Anordnung von Sätteln und Mulden, schon wegen des Vorherrschens von großen Schubmassen und Liegfalten. Daher war hier eine so einfache Beziehung zwischen Tektonik und Relief von Anfang an ausgeschlossen.

So leitet uns also auch diese Betrachtung wieder zu der Annahme einer die ganzen Alpen überspannenden Einebnungsfläche hin.

Wer sich in die Morphologie der Alpen vertieft hat, wird gewiß zu dieser Annahme greifen, da er wohl weiß, wie das Hochgebirge auch derzeit noch unaufhaltsam an einer Zuschärfung seiner Kämmen und

Spitzen arbeitet und außerdem die Altformreste, wo immer sie erhalten sind, unbedingt ein viel milderer Relief erkennen lassen.

Das gilt für die Westalpen genau so gut wie für die Ostalpen, nur sind dort infolge stärkerer Erhebung die Verebnungsflächen nicht mehr so deutlich wie in den niedrigeren Ostalpen erhalten. Eine höhere Hebung regt eben eine vielmal stärkere Erosion und damit eine viel lebhaftere Zerschneidung der alten Oberflächen an.

Was ein stärkeres Gefälle bedeutet, sieht man in der Schweiz z. B. an jenen Stellen, wo die Erosionsbereiche des steileren Südabfalles der Alpen mit jenen des flacheren Nordabfalles in Berührung kommen, wie es z. B. zwischen Oberengadin und Bergell der Fall ist.

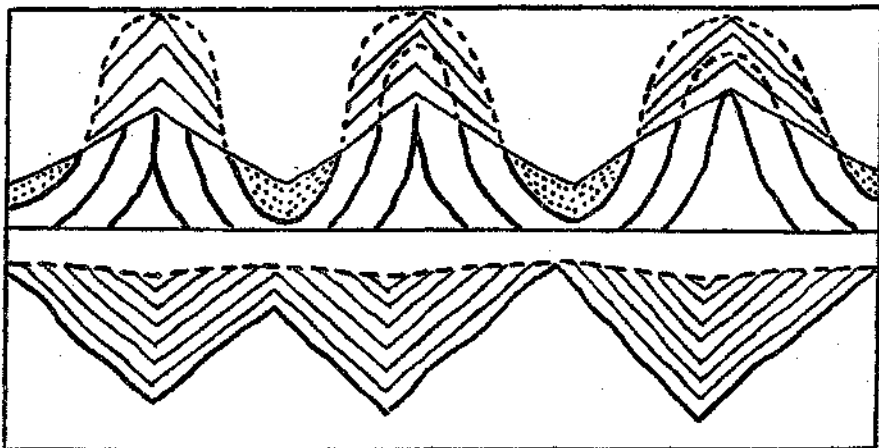


Fig. 9. Im oberen Schema wird das heutige Relief von Hochfaltformen abgeleitet. Erosion nur an den Sätteln, in den Mulden gleichzeitig Verschüttung. Im unteren Schema wird das heutige Relief von einer Einebnung durch allmähliches Vertiefen und Verbreitern von Furchen abgeleitet.

Es findet dort ein unaufhaltsamer Raumraub der steileren Gerinne am Besitz der flacheren statt. Wenn man also wohl gezwungen ist, das heutige Hochgebirgsrelief unserer Alpen von Verebnungsflächen und nicht von ursprünglichen Hochfaltformen abzuleiten, so ist damit auch bewiesen, daß die letzte Auffaltung der Alpen entweder älter als diese Einebnung oder daß diese Einebnung noch mitgefaltet sein muß. In den Ostalpen wissen wir, daß diese alten Einebnungsflächen zwar noch kräftig vertikal verworfen und verstellt, jedoch nicht mehr mitgefaltet sind.

Sie sind also bei der letzten Großwanderung nur mehr passiv mitgetragen worden. Eine solche Mittragung braucht mit keinerlei inneren Störungen verbunden zu sein und kann in aller Ruhe geschehen, wenn z. B. die Bahnfläche verhältnismäßig glatt und gute reichliche Schmiermittel zur Minderung der Reibung vorhanden sind.

Vom Standpunkt dieser Mechanik der Alpen aus muß man fordern, daß die Unregelmäßigkeiten zwischen Alpenkörper und Vorland in der Wanderungsrichtung, also an der Außenseite ihres Bogens bei weitem am größten sind.

An der Innenseite dieses Bogens ist schon viel weniger Ursache dazu, am allerwenigsten aber an dem breiten Ostabfall der Alpen. Diese



rein mechanische Forderung ist in der Tat erfüllt. An der Südseite der Alpen kann Flysch und Molasse nur vom Alpenkörper selbst stammen. Nur werden wir hier infolge der starken einseitigen Überschiebung und Überfaltung bei der tertiären Gebirgsbildung gleichsam nur noch die Enden dieser Ablagerungen finden können, da die Hauptmasse ja nach N und NW fortgetragen wurde.

Seit Einstellung dieser Überfaltung muß aber die Südseite wegen ihres Steilgefälles und der Meeresnähe mehr Schutt produziert und aufbewahrt haben als gleichzeitig die Nordseite. Derselbe liegt heute größtenteils in den dortigen tiefen Senkräumen aufbewahrt.

Der Ostabfall der Alpen aber kann infolge seiner Lage mehr parallel zum Wanderstrich wenig solche Störungen zeigen.

Hier muß so ziemlich das ganze Abtragungsinventar noch vorhanden sein, weil Gebirge und Vorland Hand in Hand gewandert sind und so ihr Zusammenhang nicht zu zerreißen brauchte. Daher treffen wir auch in der wienerischen-steierischen-ungarischen Tertiärbucht keine hiehergehörigen Lücken und auch noch eine reich ausgestattete Schuttlieferung im Pliozän.

Am Ostende der Nordalpen begegnen wir auch einer dem gewaltigen Erosionseinschnitt in die eben gehobenen miozänen Einebnungsflächen entsprechenden Verschüttung der Wienerbucht mit riesigen kalkalpinen Grobschuttkegeln (Rohrbacher Konglomerat . . .).

So kann uns gerade dieser Teil der Alpen infolge seines meist nur durch Vertikalbewegungen gegliederten Zusammenhanges mit seinem Vorland viele Aufschlüsse geben, für die wir besonders am Außensaum der Alpen vergebens um eine Auskunft pochen.

Wien, Mitte Mai 1923.

