

# Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen.

(4. Fortsetzung.)

Von **Otto Ampferer**.

(Mit 25 Zeichnungen.)

In der ersten Fortsetzung dieser Untersuchungsreihe im Jahrbuch 1924 habe ich eine Ableitung und einige Anwendungen der „Reliefüberschiebungen“ gegeben.

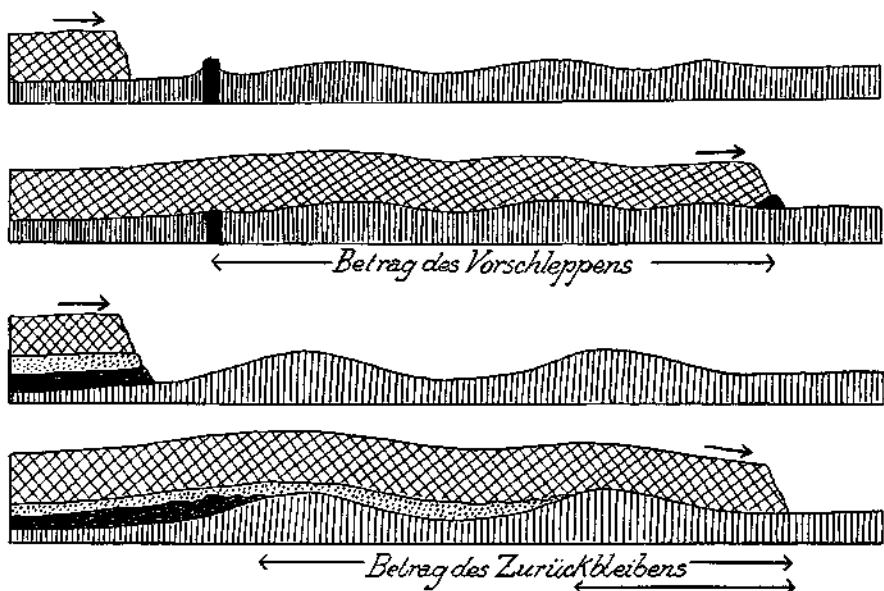


Fig. 1. Die zwei Grundformen der Materialverschleppung durch eine Reliefüberschiebung.

Inzwischen haben sich sowohl bei der Landesaufnahme als auch in der praktischen Geologie unerwartet viele Anwendungsmöglichkeiten ergeben, so daß es für mich reizvoll geworden ist, noch einmal über die Reliefüberschiebungen ganz im allgemeinen zu schreiben.

Der Vorgang der Reliefüberschiebung ist mit einer großangelegten Feilung oder Hobelung zu vergleichen, wobei das Grundrelief die Feile oder den Hobel vorstellt, worüber eine Schubmasse vorgeschoben wird.

Zum Unterschied gegen die menschlichen Werkzeuge besteht jedoch hier zwischen Feile und Hobel einerseits und dem Bearbeitungsmaterial andererseits kein wesentlicher Unterschied in der Härte und Widerstandsfähigkeit. Infolgedessen wird in der Natur sowohl die Feile als auch das Gefeilte, sowohl der Hobel als auch das Gehobelte ungefähr in gleicher Weise abgenutzt werden.

Ich habe auf diese gleichartige Abnutzung des Grundreliefs und der darüber vorgehenden Schubmassen ebenfalls schon im Jahre 1924 aufmerksam gemacht.

Neben der Abnutzung von Grundrelief und Schubmasse ist dann auch noch die Entstehung von Feilmehl und Hobelspänen sowie ihre Ablagerung an geschützten Stellen zu beachten.

Ein großer Teil von den als Rauhdecken und Mylonit beschriebenen Gesteinen ist auf diese Entstehung zurückzuführen.

Man hat also bei der Untersuchung der Reliefüberschiebungen mit dem Auftreten von zwei verschiedenartigen Reihen von Schichtenlücken und zwei verschiedenen Arten von Schichtenverschleppungen zu rechnen.

Die Schichtenlücken im Grundrelief gehen auf die Wirksamkeit der Erosion zurück. Diese Wirksamkeit hat einen außerordentlich großen Spielraum je nach der Zeitdauer und dem zur Verfügung stehenden Gefälle. Wir kennen alle Übergänge von den bescheidensten Abtragungen bis zur Einebnung von ganzen Gebirgen und Kontinenten.

Die zweite Art von Lücken geht auf tektonische Wirkungen zurück. Es kann sich dabei sowohl um Abscherungen an der Oberfläche des Grundreliefs als auch um solche an der Unterfläche der Schubmassen handeln.

Die Schichtenlücken an der Unterseite von Schubmassen lassen, da es sich hier nur in den seltensten Fällen um überkippte Massen handelt, keine andere Erklärung als eine tektonische zu. Ich ziehe die seltene Möglichkeit von Auslaugungen von Gips- oder Salzmassen hier nicht in Betracht, da sie immer nur von streng lokaler Bedeutung sind.

Was nun die Schichtenverschleppungen betrifft, so können einerseits durch den Vormarsch der hangenden Schubmasse Schichtenteile und Trümmer aus dem Grundrelief losgerissen und in der Schubrichtung mitgeschleppt werden, andererseits werden unter Umständen Bestandteile aus dem Liegenden des Schubkörpers infolge von Reibung und von Hindernissen gegen die Bewegung der höheren Teile der Schubmasse zurückbleiben.

Wie Fig. 1 zeigt, ergibt dies einen wichtigen Unterschied in der Verfrachtung von Teilen des Grundreliefs und solchen der eigenen Schubmasse.

Die ersteren können unter fördernden Umständen z. B. um den vollen Betrag der ganzen Überschiebung vorwärts geschleppt werden. Die letzteren können überhaupt nur durch die Losreißung gegenüber der bewegten Schubmasse zurückbleiben.

Aus diesem Grunde können z. B. Schollen, welche wir an der Stirne einer Überschiebung finden, nur aus dem Untergrund und nicht aus dem Eigenbesitz der Schubmasse stammen. Sie geben uns unter Umständen ein Hilfsmittel, um die Beschaffenheit des überfahrenen Untergrundes sowie das Ausmaß der vollzogenen Verschiebung genauer untersuchen zu können.

Es ist einleuchtend, daß die Reliefüberschiebung eben wegen des unregelmäßigen Reliefs, seiner wechselnden Neigungsverhältnisse und der Verschiedenartigkeit der dabei angeschnittenen Schichten viele Gelegen-

heiten zur Losreißung und zur Verschleppung von Schichtenrümmern bietet.

Im schärfsten Gegensatz dazu bietet die ideale Überfaltungsstruktur gar keine Gelegenheiten zu solchen Schichtenlosreißungen und Verschleppungen von Schollen.

Hier bleibt im Innern der abrollenden Falte alles auch bei stärkster Verdünnung und Verdickung in seinen gegenseitigen Ordnungsbeziehungen. Auch der Untergrund wird durch das Überrollen viel weniger strapaziert.

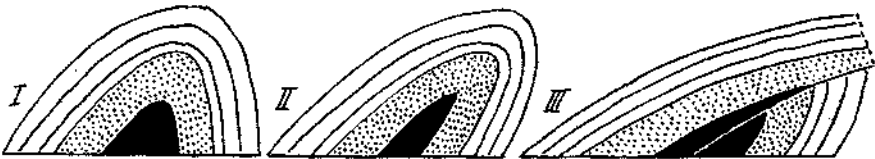


Fig. 2. Entstehung einer Scheitelüberschiebung.

*I* = schwache Überkipfung. *II* = starke Überkipfung. *III* = Scheitelüberschiebung.

Eine Verschleppung von Schollen des Untergrundes erscheint daher bei der Überfaltung so gut wie ausgeschlossen.

Es fragt sich nun, mit welchen anderen tektonischen Gebilden man die Konstruktionen, welche die Reliefüberschiebungen ergeben, unter Umständen verwechseln kann.

Hier kommen nur jene Überschiebungen in Betracht, welche aus überspannten, einseitigen Sätteln durch Zerreißen der Scheitel hervorgegangen sind.

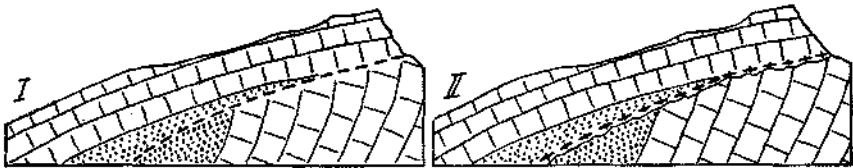


Fig. 3. Ähnlichkeit zwischen Scheitelüberschiebung (*I*) und Reliefüberschiebung (*II*).

Beispiele solcher zerrissener Sättel, wo sich dann der eine Flügel zu einer Schubmasse ausbildet, sind in der geologischen Literatur vielfach beschrieben.

Bei dieser Methode können Baubilder entstehen, welche bei flüchtiger Betrachtung mit Reliefüberschiebungen zu verwechseln sind.

Es ergeben sich aber bei sorgfältiger Untersuchung unschwer entscheidende Abweichungen der beiden Baumethoden.

Fig. 2 führt im Schema die Anlage eines überkippten Sattels vor, der dann im Scheitel zerrißt, worauf z. B. der Südflügel über den Nordflügel vorgeschoben wird.

Dieser in den Alpen verhältnismäßig häufig verwirklichte Fall kann in seinen äußeren Umrissen, wie Fig. 3 zeigt, einer Reliefüberschiebung recht ähnlich werden.

Doch bestehen zwischen diesen beiden Bauweisen folgende Unterschiede:

Die Zerreißung des Sattels wird durch die berkippfung desselben vorbereitet und eingeleitet.

Wir haben daher eine Zerreißung vor allem an in der Schubrichtung kräftig überkippten Gewölben zu erwarten und nicht etwa an aufrechtstehenden, an flachen oder an gegen die Schubrichtung geneigten.

Wenn wir also in der Natur vertikal gestellte, flache oder gegen die Schubrichtung geneigte Sättel antreffen, deren Scheitel abgeschnitten sind und deren Stümpfe von einer Schubmasse überlagert werden, so handelt es sich um typische Reliefüberschiebungen.

Durch ein Zerreißen der Scheitel und einseitiges Verschieben des einen Gewlbeschenkels können diese Formen von Fig. 4 nicht erklärt werden.

Es gibt dann noch ein weiteres sicheres Merkmal, um eine Scheitelüberschiebung und eine Reliefüberschiebung auseinander zu halten.

Die Überschiebung, welche aus einem einseitig übertriebenen Sattel hervorgeht, kann sich im allgemeinen nur so abspalten, daß der ganze flachere Flügel über den ganzen steileren Flügel vorgeschoben wird.

Es liegt dies in der Natur der sattelförmigen Aufwölbung begründet.

Wenn wir nun in der Natur eine von dieser Regel abweichende Zerteilung antreffen, so gibt uns dies einen Anhalt dafür, daß wir es wieder mit einer Reliefüberschiebung zu tun haben.

Solche abweichende Zerspaltungen stellen also zwei Teile eines Gewölbes vor, die eben nicht innerlich zusammenpassen und auch nicht zusammengehören, sondern nur zufällig zu einer gewlbehnlichen Form zusammengefügt wurden.

Bei einer regelrechten Zerteilung eines überkippten Gewölbes sind zwar die beiden Flügel gegeneinander verschoben, aber sie entsprechen sich sonst spiegelbildlich und sie können durch ein Zurückführen des Vorschubes wieder in die alte Gewölbeform eingefügt werden.

Dies ist dagegen bei vielen Zerteilungen nicht möglich.

Ich führe hier einige der wichtigsten Formgruppen an, welche unbedingt für eine Reliefüberschiebung und nicht für eine Scheitelüberschiebung sprechen.

Zunächst kann, wie Fig. 5 andeutet, der Gewölbekern der Grundlage mehr als die Hälfte seines Bestandes enthalten.

Dieser Fall ist z. B. am Westabbruch des Karwendelgebirges an der Porta Claudia prachtvoll verwirklicht und von mir schon mehrfach erwähnt worden.

Seine erste genaue kartographische Darstellung stammt von O. Reis und A. Rothpletz, eine weitere dann von mir.

Die tektonischen Folgerungen dieser Aufnahme wurden von mir erst 1924 bei Erkenntnis der Reliefüberschiebung gezogen.

Natürlich kann der Gewölbestumpf, welcher unter der Deckberschiebung liegt, weniger als eine Hälfte des Gewölbes enthalten. Dieser Fall ist aber so kompliziert, daß er sich nicht so einfach zu einem für unsere Frage brauchbaren Kriterium verwenden läßt.

Was in Hinsicht auf die regelrechte Zerspaltung eines überkippten Gewölbes für den unterjochten Flügel in Betracht kommt, gilt ebenso

auch für den überschiebenden. Auch er kann für eine solche Zerteilung zuviel oder zuwenig Schichtenglieder enthalten.

Fig. 5 gibt die hier vorliegenden Baumöglichkeiten im Schema wieder. Unter diesen Möglichkeiten ist der Fall, daß der Hangendflügel zuviel an Schichten enthält, für ein Kriterium weit brauchbarer als der Fall mit zuwenig Schichtengliedern.

Im ersten Fall ist die Entscheidung zugunsten der Reliefüberschiebung leicht zu treffen.

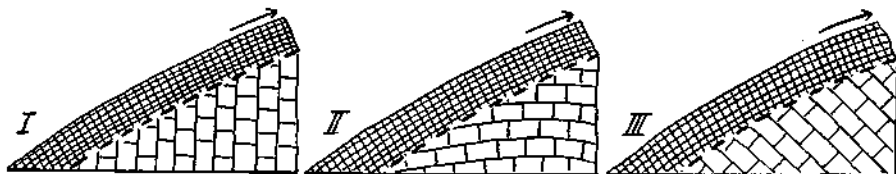


Fig. 4. Unmögliche Formen der Scheitelüberschiebungen.

Kern mit *I* = senkrechter Schichtung, *II* = flacher Schichtung, *III* = gegenfallender Schichtung.

Im zweiten Fall ist aber nicht auszuschließen, daß der Schichten- ausfall vielleicht durch ein Zurückbleiben von unteren Teilen beim Vorschub bewirkt sein kann. Wir sehen also, daß man aus dem Vorgang der tektonischen Zerspaltung eines überkippten Gewölbes sehr wohl einige gute Merkmale für die Trennung von Scheitelüberschiebungen und Reliefüberschiebungen ableiten kann.

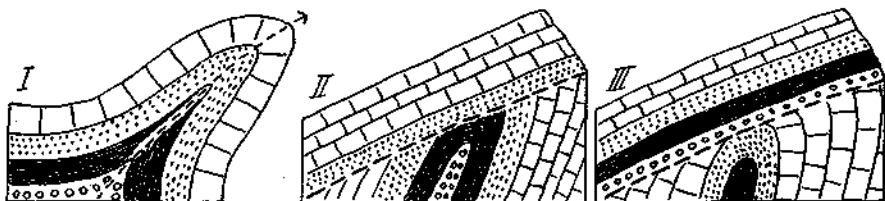


Fig. 5. Kernzerteilungen.

*I* = Halbierung der Massen. *II* = der Kern enthält zuviel, der Hangendflügel zuwenig. *III* = der Kern enthält zuwenig, der Hangendflügel zuviel.

Weitere Mittel für eine solche Unterscheidung liefert dann unter Umständen auch der genauere Vergleich der Schichtenserie in dem stehengebliebenen und in dem vorgeschobenen Flügel.

Bei Gleichheit der Schichtenentwicklung in den beiden tektonisch getrennten Gewölbeflügeln ist eine Zusammengehörigkeit das bei weitem nächstliegende.

Eine solche Gleichheit spricht für eine Scheitelüberschiebung und gegen eine Reliefüberschiebung. Mehr Vorsicht ist bei einer Ungleichheit der Schichtenentwicklung für eine Entscheidung nötig. Starke Ungleichheiten machen an sich eine enge Zusammengehörigkeit der beiden Teilstücke unwahrscheinlich.

Immerhin ist dabei aber folgender aus der Mechanik entspringende Umstand wohl zu beachten.

Da die Faltung ein Biegevorgang ist, so wird sie sich unter sonst gleichen Bedingungen vor allem an Stellen auswirken, die für eine Verbiegung irgendwie durch ihre Beschaffenheit leichter zugänglich sind. Solche leichter abbiegbare Stellen sind nun auch jene Zonen, wo z. B. mächtige Kalk- oder Dolomitlagen auskeilen und durch Mergel ersetzt werden. Es ist also mechanisch von vorneherein wahrscheinlich, daß bei der Anlage eines Verbiegungsplanes soweit als möglich alle Schwächezonen zu Gewölbezonen verarbeitet werden. Wir können daher damit rechnen, in dem Bereich von Aufwölbungen ziemlich häufig auf beträchtlichen Wechsel in der Schichtenentwicklung zu stoßen.

Damit wird die Benutzung von Schwankungen in der Schichten- ausbildung der beiden Flügelstücke zur Unterscheidung von Scheitel- überschiebungen und Reliefüberschiebungen zum mindesten einigermaßen entwertet. Immerhin gibt es auch hier einzelne Fälle, welche sich mit Sicherheit zu Unterscheidungszwecken gebrauchen lassen.

Ein solcher Fall kann z. B. durch das sehr verschiedene Maß von tektonischer Bearbeitung in den beiden Gewölbeteilen herbeigeführt werden. Wenn entweder die Schichten des stehengebliebenen oder umgekehrt jene des vorgeschobenen Flügels eine wesentlich stärkere tektonische Durcharbeitung aufweisen, so erscheint eine enge Zusammengehörigkeit der Teilstücke höchst unwahrscheinlich. Dabei ist festzuhalten, daß lediglich durch die Zerreißung des Gewölbes und einen kleinen Vorschub des Hangendflügels niemals eine lebhaftete tektonische Durchbewegung des einen oder des anderen Flügels eintreten kann.

Dazu ist unbedingt die Versetzung der ganzen Masse in einen anderen Bearbeitungsraum und einen anderen Bearbeitungszustand erforderlich.

Die Nichtzusammengehörigkeit der beiden Teilstücke eines überschobenen Gewölbes kann aber auch durch die Zwischenschaltung von fremden Schichten oder Gesteinen zwischen die beiden Flügel bewiesen werden.

Als solche Zwischenschaltungen kommen z. B. in Betracht: Verwitterungskrusten, Gehängebreccien auf dem Grundrelief, weiters ältere oder jüngere Schichten, die nicht zum Besitz des Gewölbes gehören können, exotische Gerölle oder Schollen.

Von vorneherein möchte man bei Reliefüberschiebungen vor allem ziemlich häufig auf dem Grundrelief noch Reste von Verwitterungsschutt erwarten.

Solche Reste sind nun auch vorhanden, aber nach meiner bisherigen Erfahrung immerhin nur als Seltenheiten.

Der Grund dafür ist wahrscheinlich doch in der großen, abscherenden Gewalt zu suchen, mit welcher die Schubmassen über ihren Untergrund vorgedrungen sind.

Ich bin aber überzeugt, daß in der Zukunft bei weiterer genauer Untersuchung der Reliefüberschiebungen Reste von Verwitterungsschutt noch vielfach gefunden werden.

Die Zwischenschaltungen von nicht zum Gewölbebau gehörigen älteren oder jüngeren Schichtenteilen sind dagegen gar nicht selten.

Solche Zwischenschaltungen schließen eine enge Zusammengehörigkeit von Hangendschubmasse und Liegendgewölbe aus und verweisen die vorliegende Überschiebung zu den Reliefüberschiebungen.

Bei unserer bisherigen Betrachtung haben wir die Annahme zugrunde gelegt, daß das Gewölbe, von dem die Scheitelüberschiebung ihren Ausgang nahm, ein normales Schichtengewölbe gewesen ist, das heißt, ein

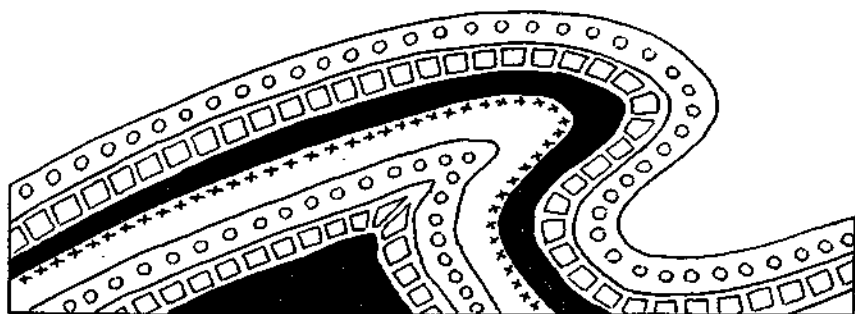


Fig. 6. Deckensattel.

Die Kreuzchenlinie deutet eine ältere Überschiebung an.

Gewölbe, wo die Schichten von außen nach innen immer ältere Ablagerungen vorstellen.

Es gibt nun aber auch Gewölbe, welche nicht einen so einfachen Aufbau besitzen und ebenfalls durch Überkippung zum Ausgang vom Scheitelüberschiebungen werden können.

Solche Gewölbe entstehen z. B., wenn eine Schubmasse mitsamt ihrem Untergrund aufgefaltet wird.

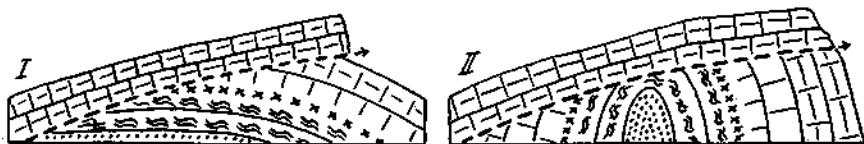


Fig. 7. Unmögliche Formen der Scheitelüberschiebung.

*I* = wegen zu flachem Kern. *II* = wegen zu reichem Kern.

In diesem Falle finden wir dann, wie Fig. 6 vorführt, im Kern des Gewölbes statt der ältesten jüngere, vielleicht sogar die jüngsten Schichten. Durch diesen hier vorhandenen Aufbau aus zwei ganz verschiedenen von einander unabhängigen Bestandteilen kompliziert sich daher die Unterscheidung zwischen Scheitel- oder Reliefüberschiebung ganz wesentlich. Zunächst kann schon die ältere Überschiebung eine Reliefüberschiebung gewesen sein. Dann kann dies unter Umständen auch von der jüngeren gelten.

Es kann aber auch die ältere Überschiebung eine gewöhnliche Überschiebung und die jüngere eine Scheitelüberschiebung sein.

Wenn wir die gewöhnliche Überschiebung mit  $— \ddot{U} —$ , die Reliefüberschiebung mit  $— R\ddot{U} —$ , die Scheitelüberschiebung mit  $— S\ddot{U} —$  bezeichnen, so erhalten wir folgende hier in Betracht kommende Kombinationen:

$$\begin{array}{cc} \ddot{U} — R\ddot{U} & R\ddot{U} — R\ddot{U} \\ \ddot{U} — S\ddot{U} & R\ddot{U} — S\ddot{U} \end{array}$$

Dabei ist es von vorneherein ausgeschlossen, daß die ältere Überschiebung eine Scheitelüberschiebung ist, weil ja nach unserer Grundannahme die Bildung des Gewölbes erst nach der ersten Überschiebung stattgefunden hat. Auch unter den hier angenommenen Verhältnissen wird eine Scheitelüberschiebung erst aus einem überkippten Gewölbe hervorgehen können.

Infolgedessen werden wir bei flachem Gewölbebau ebenso bei steilgestelltem, gleichzeitigem Bau das Vorhandensein einer Scheitelüberschiebung ablehnen können (Fig. 7). Dagegen verliert das Kriterium der Scheitelzerspaltung von seiner Eindeutigkeit. Im allgemeinen wird auch bei der Überkipfung und Zerreißung eines so kompliziert gebauten Sattels die Zerreißung zwischen den beiden Flügeln also in der Mittellinie ausgelöst werden.

Immerhin bleibt aber zu bedenken, daß sich hier im Innern des Gewölbes bereits eine alte Bewegungsfläche befindet, die bei Verschiebungen leicht wieder lebendig werden kann.

Dann kann es z. B. vorkommen, daß die Zerteilung des Gewölbes nur bis zu dieser Bewegungsfläche durchreißt und dann von derselben abgeleitet wird (Fig. 8).

Es bleibt also dann der tiefere Kern unzerteilt und die Scheitelüberschiebung ist eigentlich nur eine teilweise Wiederbelebung der älteren Überschiebung.

War nun diese ältere Überschiebung eine Reliefüberschiebung, so tritt der merkwürdige Fall ein, daß eine Reliefüberschiebung in eine Scheitelüberschiebung übergeht.

Es ist auch der umgekehrte Fall möglich, daß eine Scheitelüberschiebung in eine Reliefüberschiebung übergeht, wenn z. B. nach der Scheitelüberschiebung Erosion eingreift und bei neuerlichen Gebirgsbewegungen die alte Scheitelüberschiebung frisch belebt und zum Vordringen über ein Relief veranlaßt wird (Fig. 9).

Es kann also, wie diese Beispiele zeigen, die Funktion der Überschiebung an einer und derselben Schubbahn ganz erheblich wechseln.

Wir haben gesehen, daß die regelrechte Zerteilung eines überkippten Gewölbes durch eine in seinem Innern bereits vorhandene Schubfläche unter Umständen eine Ablenkung erfahren kann.

Die Zerteilung wird in einem solchen Falle den Kern des Gewölbes nicht mehr betreffen.

Daher kann man hier die unregelmäßige Zerspaltung des überkippten Gewölbes nicht mehr als ein sicheres Anzeichen der Reliefüberschiebung gebrauchen.

Obwohl also der Gewölbestumpf zuviel an Schichten enthält, kann doch die hangende Überschiebung eine Scheitelüberschiebung sein.



Ebenso verliert die Einschaltung von jungen Schichten zwischen dem Gewölbestumpf und der hangenden Schubmasse von ihrer Beweiskraft für eine Reliefüberschiebung.

Es können hier auch bei einer Scheitelüberschiebung Teile der jungen Schichten aus dem Gewölbekern in den Bereich des überkippten und überschobenen Flügels verschleppt worden sein.

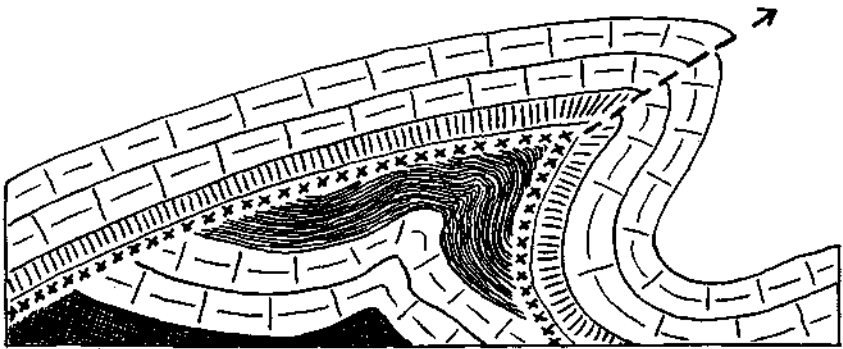


Fig. 8. Überkippter Deckensattel.

Kreuzchenlinie = ältere Reliefüberschiebung. Ablenkung der neu entstandenen Scheitelüberschiebung durch die alte Reliefüberschiebung.

Dies gilt natürlich nur für die Einschaltung von Schichtfetzen aus dem eigenen Schichtenbesitz des Gewölbebaues.

Fremde Einschaltungen bilden auch hier einen Beweis für Reliefüberschiebungen.

Wir haben bisher die Schichtabschrägungen an der Basis von Schubmassen vor allem in der Bewegungsrichtung betrachtet, wie sie

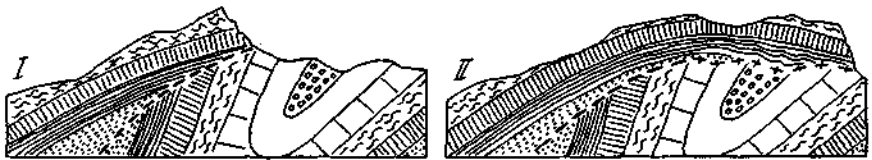


Fig. 9. Übergang einer Scheitelüberschiebung in eine Reliefüberschiebung.

*I* = ältere Scheitelüberschiebung, *II* = jüngere Reliefüberschiebung.

sich z. B. bei einem nord-südlichen Schub in nord-südlich orientierten Profilen abbilden. Als Ursache der Abschrägungen haben wir ganz allgemein die Reibung an dem Grundrelief und den Abstau von Schichtenmassen an Hemmungszonen erkannt.

Durch die letzteren können auch relativ große Stücke aus der Basis von Schubmassen abgebremst und zurückgehalten werden.

Es fragt sich nun, wie sich diese Abschrägungen in Profilen abbilden, die senkrecht zu der Bewegungsrichtung der Schubmassen gezogen sind.

Die geologische Felderfahrung belehrt uns darüber und zeigt, daß sich diese Abschrägungen auch in der Streichungsrichtung in ganz ähnlicher Weise zu erkennen geben.

Besonders deutlich lassen sich solche Abschrägungen im Kartenbilde in Gegenden verfolgen, wo die Schichten saigere Stellungen einnehmen.

Fig. 10 legt ein solches Kartenbild mit doppelseitigen Abschrägungen vor. Dieses Bild ist zunächst ohne weitere Erläuterungen nicht tektonisch eindeutig.

Es könnte z. B. der linsenförmig begrenzte Körper auch ein rein sedimentäres Gebilde, z. B. eine Rifffalkmasse oder eine Lava- oder Tuffanhäufung vorstellen.

Die Hangendgrenze dieser Linse würde dann eine sedimentäre Anlagerungsgrenze bedeuten.

Diese Fälle kommen natürlich hier nicht in Betracht und müssen eben schon durch die Feldaufnahmen ausgeschlossen sein.

Der im Kartenbild linsenförmige Körper soll einen mechanischen Ausschnitt aus einer großen und weitausgedehnten Schichtenfolge vorstellen.

Seine Hangendgrenze ist infolgedessen hin und hin eine rein mechanische Grenze.

Die Anlagerung der mit einer Schichtenlücke darüber folgenden Gesteinsserien kann auch wieder verschiedenartig entwickelt sein.

Entweder hat unsere Schichtenlinse sich in die jungen Schichten hineingepreßt — Fig. 11 — oder sie paßt gerade in eine Schichtenlücke der jungen Schichten hinein, wie Fig. 10 vorführt.

Beide Fälle kommen in der Natur vor.

Bei der Betrachtung dieser Kartenbilder darf man nicht vergessen, daß die Schichtenfolgen zur Zeit ihrer Überschiebungen wahrscheinlich flach gelagert waren und erst nachher eine saigere Aufstellung erfuhren.

Für die Entstehung der Abschrägungen ist dies zwar durchaus keine Grundbedingung. Es wäre auch möglich, daß saigere Schichten von streichenden Verschiebungen betroffen wurden, welche Abschrägungen herbeigeführt haben können.

Zu diesem Zwecke ist nur notwendig, daß zwei benachbarte saigere Schichtenfolgen in ungleicher Geschwindigkeit oder auch in abweichender Richtung im Streichen verschoben werden.

In diesen Fällen kann es an der Grenze der beiden ungleich bewegten Schollen zu Abreibungen von starreren Schichten und weiterhin auch zu Abschrägungen solcher zerrissener Schollen kommen. Bei dieser Art der Entstehung von Abschrägungen muß aber immer die Zerrung und Streckung in den abgeschrägten Gesteinskörpern eine auffallend starke Rolle spielen. Vor allem werden wir an den Enden der Abschrägungen, wie Fig. 12 angibt, mit dem Auftreten von abgerissenen kleineren Schollen und Trümmern zu rechnen haben.

Außerdem werden die Schwänze der Abschrägungen eine starke Streckung aufweisen.

Es muß sich also bei einer so verschiedenartigen Entstehung von Abschrägungen unschwer ein tiefgreifender Unterschied in der Materialbearbeitung der abgeschrägten Schollen ergeben.

Es gibt aber auch unterscheidende geometrische Formungen zwischen diesen verschiedenen Herstellungsarten der Abschrägungen.

Zunächst spricht die Einseitigkeit der Abschrägung gegen eine Entstehung durch Zerrung.

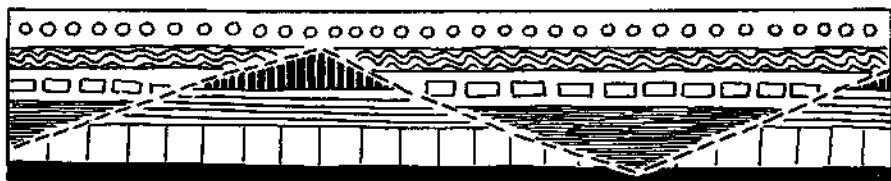


Fig. 10. Kartenbild einer Schichtabschrägung.

Die Furchen und Erhebungen von Untergrund und Schubmasse passen ineinander.

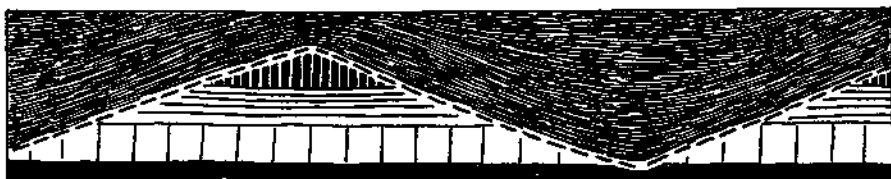


Fig. 11. Kartenbild einer Schichtabschrägung mit Einpressung der Schubmasse in den Untergrund.

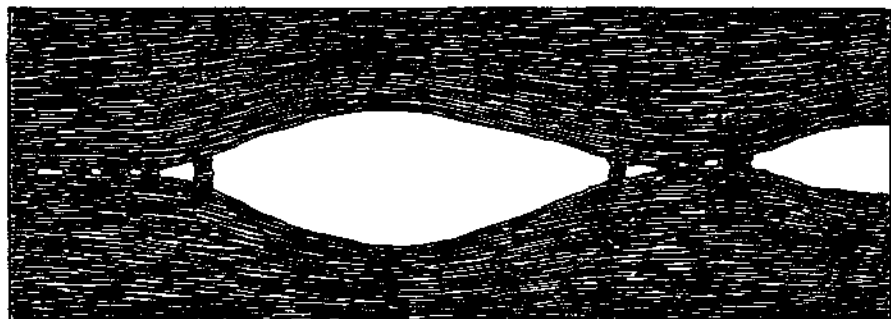


Fig. 12. Kartenbild einer Schichtabschrägung durch Zerrung.

Wenn wir also an einer Abschrägung nur auf der einen Seite mechanische Grenzen, auf der anderen dagegen einen sedimentären Verband feststellen können, so ist das ein Kriterium gegen die Entstehung dieser Abschrägung durch Zerrung.

Wenn wir dagegen eine doppelseitige mechanische Begrenzung der abgeschrägten Scholle bemerken, so spricht dies wieder unbedingt für eine Ableitung aus Zerrungen.

Bei der Ableitung der Abschrägungen an der Basis von Schubmassen durch Reibung oder Abstau an Hemmungszonen ist die mechanische Beanspruchung der Schubmasse meist nur unbedeutend.

Bei der Ableitung von Abschrägungen aus Zerrungsvorgängen ist dagegen die mechanische Beanspruchung der betroffenen Gesteine eine sehr große.

Ich brauche hier nur an die bekannten gestreckten Belemniten zu erinnern, welche durch ein Zurückbleiben ihrer Streckung gegen die Streckung des umschließenden Nachbargesteins zerrissen worden sind.

Eine weitere ausgiebige Quelle für die Entstehung von Abschrägungen liefert der Vorgang der Gleitung.

Sie besorgt dabei zugleich auch einen Zugschnitt der einzelnen Gleitkörper, welcher ganz unseren Befunden über die Struktur der Schubmassen entspricht. Die Schubmassen zeigen gegen ihre Stirne zu ziemlich regelmäßig eine scharfe Abschrägung ihrer Schichtmassen. Es bleiben gleichsam die tieferen Teile der Schubmasse zurück gegenüber den höheren Teilen.

Für diese häufig beobachtete Erscheinung bietet nun die Grundform der Ablösung einer Gleitmasse eine elementar einfache Erklärung.

Die Ablösung einer Gleitmasse kann, wie Fig. 13 zu erkennen gibt, gar nicht anders erfolgen als mit einer Schaufelfläche, welche eben den scharfen Zugschnitt der Gleitmasse an ihrem unteren Ende bewirkt.

Die Ablösung einer Gleitmasse bietet aber auch noch häufig den Anlaß zu einer Einrollung des Gleitkörpers an seiner scharf zugespitzten Vorderfront.

Auch solche Stirneinrollungen sind an der Front von Schubmassen gar nicht selten zu beobachten. Charakteristischerweise sind sie geradezu regelmäßig mit scharfen Schichtabschrägungen verbunden.

Es ist dies unbedingt ein Hinweis, daß viele unserer Schubmassen in Wirklichkeit echte Gleitmassen gewesen sind.

Die Stirneinrollungen wurden und werden vielfach irrtümlich für einen Beweis gehalten, daß die Schubmassen aus liegenden Falten entstanden sind.

Sie haben jedoch mit liegenden Falten nichts zu tun, sondern stellen Gebilde der Überrollung an der Front von Gleitmassen dar. Aus ihrer Form und Lage lassen sich oft wichtige Angaben über die Richtung und das Gefälle ihrer Gleitbahn gewinnen.

Im allgemeinen wird der Zugschnitt an der Front einer Gleitmasse bei steilerer Gesamtneigung unter einem stumpferen Winkel erfolgen als bei flacherer (Fig. 14).

Da die Loslösung der großen Gleitmassen sicherlich nur bei einer tiefgreifenden Durchwärmung und Durchbewegung des Untergrundes stattgefunden hat, dürften auch bereits geringere Neigungen als bei gewöhnlichen Verhältnissen dafür genügend gewesen sein.

Man kann also mit ziemlich spitzwinkligen Abschrägungen der Gleitkörper rechnen.

Eine weitere Schar von Abschrägungen kann dann dadurch entstehen, daß die vorderen Teile der Gleitmassen aus irgendwelchen Gründen

abgebremst werden und die hinteren sich losreißen und auf die anderen auffahren.

Auch hier ist wieder eine spitzwinkelige Abschrägung der sich trennenden Massen am wahrscheinlichsten.

Es ergeben sich somit aus dem Vorgang der Abgleitung unmittelbar mehrfache Gelegenheiten für einen schrägen Zuschnitt der Gleitkörper, wie wir einen solchen auch bei vielen Schubmassen tatsächlich beob-

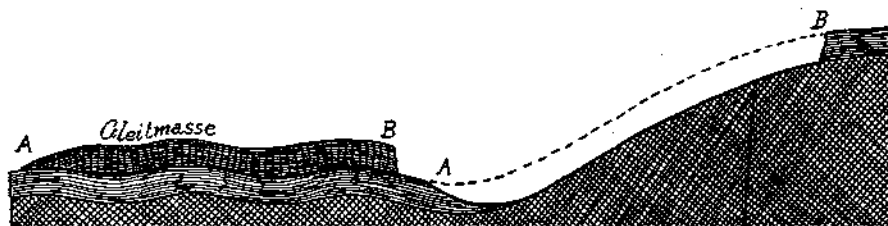


Fig. 13. Ablösungsschnitt einer Gleitmasse und Abschrägung am Vorderrand.

achten können. Während also die Front einer Gleitmasse im allgemeinen durch eine spitzwinkelige Abschrägung ausgezeichnet erscheint, wird der hintere Rand als eine Abrißstelle charakterisiert.

Hier haben wir im Durchschnitt eine annähernd lotrechte Begrenzung und eine Auflockerung durch Spalten zu erwarten.

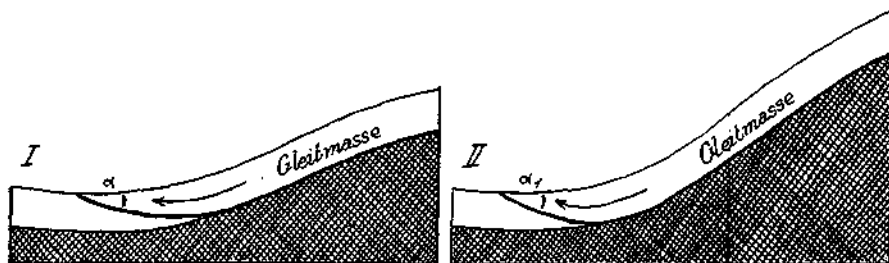


Fig. 14. Ablösung von Gleitmassen.

*I* = mit flacherem Winkel  $\alpha_1$  und bei flacherer Neigung. *II* = mit stumpferem Winkel  $\alpha_2$  und bei steilerer Neigung.

Es besteht allerdings nur eine geringe Wahrscheinlichkeit, den ursprünglichen Hinterrand einer Gleitmasse noch aufzufinden, da er wohl schon längst zerstört ist.

Viel günstiger liegt der Fall für den anderen Rand, weil sich dieser unter Umständen tief in weiche Schichten einpressen und so vor der Abtragung lange Zeit verbergen kann.

Durch die vordere Abschrägung und den hinteren Abrißrand erscheint eine Gleitmasse in ihrem Bewegungssinn recht gut charakterisiert. Die Schubmassen treten erfahrungsmäßig häufig nicht allein, sondern sich gegenseitig übergreifend auf.

Für diese Erscheinung stehen zwei ziemlich verschiedene Erklärungen zu Gebote.

Es kann sich entweder um eine sehr große Gleitmasse handeln, welche sich vor ihrem Stillstand noch in mehrere Teile zerspaltete, die sich dachziegelartig übergriffen, oder wir haben mehrere kleinere, selbständige Abgleitungen vor uns, die durch eine mehrfache Zurückverlegung ihres Abgleitgewölbes nacheinander entstanden sind. Fig. 15 legt im Schema diese beiden Erklärungsformen vor.

Der mechanisch einfachere und wohl auch viel häufigere Vorgang ist die Ablösung und Zerspaltung einer großen Schubmasse.

Es ist aber auch der andere Fall nicht ausgeschlossen. Er würde einem Wandern einer großen Aufwölbung entsprechen, von der sich nach und nach mehrere Gleitungen ablösen.

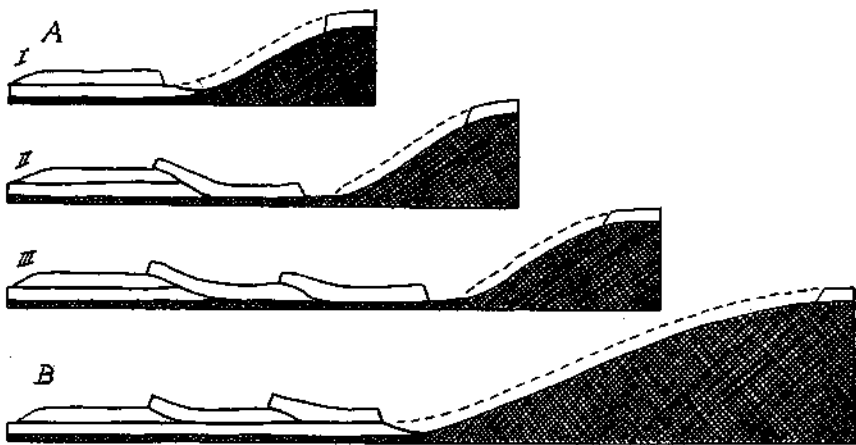


Fig. 15. A = mehrfache, ungleichzeitige Gleitungen kleinerer Massen I-II-III. B = gleichzeitige Gleitung einer großen Masse und Zerschuppung beim Branden.

Für eine Entscheidung zwischen diesen beiden Formen der Anhäufung von Gleitmassen kommt am ehesten der Unterschied in der Unterlagerung in Betracht.

Im ersten Fall ist nur am Vorderrand noch der volle Untergrund vorhanden, im zweiten Fall dagegen sowohl am Vorder- wie auch am Hinterrand.

Bei den Gleitmassen der nördlichen Kalkalpen scheint durchaus der zweite Fall verwirklicht worden zu sein.

Damit will ich hier meine Ausführungen über Reliefüberschiebungen und Abschrägungen beschließen und nun zu einigen Problemen der Gesteinsumformungen übergehen, welche auch für die Tektonik eine große Rolle spielen.

Es gibt eine große Gruppe von Gesteinsumformungen, welche die Natur mit ihren Arbeitsmitteln nicht an Ort und Stelle, sondern nur innerhalb einer gewissen Wegstrecke erzeugen kann.

Die Natur kann Gesteinsumformungen in großem Stil an Ort und Stelle, z. B. durch Zufuhr von Wärme, von Lösungen, von Gasen oder auch durch Belastungsdruck erreichen, wenn für die davon betroffenen Schichten wenigstens eine gewisse Ausweichmöglichkeit offen bleibt.

Es sind aber andere Deformationen, wie z. B. die Streckung, die Auswölbung, die Faltung, die Verknüpfung, die Wölbung von großen Schichtenmassen, welche in der Natur unmöglich ohne beträchtliche Verschiebungen zu erreichen sind.



Fig. 16. Weglänge bei Faltung.

Am einfachsten liegt der Fall bei der Entstehung einer Faltung. Fig. 16 führt uns im Schema einen solchen hierher gehörigen Fall vor.

Um die Schichtenplatte der Figur in Falten zu legen, ist eine bestimmte Arbeit und zugleich eine bestimmte Verschiebung nötig.

Die umgekehrte Verschiebung ist, wie Fig. 17 zeigt, bei der Ausführung einer Streckung nötig.

Während der Mensch bei seinen Materialbearbeitungen im allgemeinen das Werkzeug festhält und das Material verschiebt, kann die Natur Material und Werkzeug nicht trennen und muß also beides verschieben.

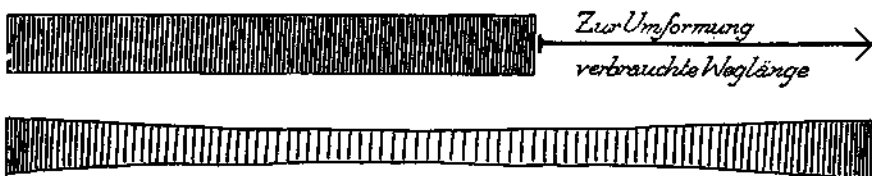


Fig. 17. Weglänge bei Zerrung.

Es läßt sich daher die Materialbearbeitung in der Natur nicht ohne eine bestimmte Ortsverschiebung des Materials zur Ausführung bringen.

Zwischen Materialbearbeitung und dazu nötiger Materialverschiebung besteht also in vielen Fällen in der Natur ein festgefügtter Zusammenhang.

Dieser Zusammenhang kann uns aber nur ein gewisses Mindestmaß der stattgefundenen Verschiebung zu erkennen geben, weil es ohne weiteres möglich ist, daß die erzielte Bearbeitung des Materials nicht auf dem kürzesten Wege, sondern erst auf einem längeren Umweg erreicht worden ist.

Für die Erkennung von solchen Umwegen bei der Materialbearbeitung stehen uns derzeit vielfach keinerlei Hilfsmittel zur Verfügung. Es ist

aber schon die Erkennung des Mindestmaßes von Verschiebung, welches für eine bestimmte vorliegende Deformation nötig ist, ein sehr wichtiger Anhalt sowohl für tektonische Konstruktionen als auch für die Erklärung der Lagerungsformen und der Gebirgsbildung im allgemeinen.

Das Verhältnis von Weglänge und Deformation ist also ein wichtiges, größtenteils noch unerforschtes Problem der tektonischen Geologie. Wir wollen uns im folgenden noch etwas eingehender damit beschäftigen.

Die Fragestellung gegenüber irgendeinem Stück von „deformiertem Gestein“ ist also von unserem Standpunkt aus folgende:

Welche Verschiebung muß das vorliegende Material im Minimum durchgemacht haben, um in seine gegenwärtige Form gekommen zu sein?

Um auf diese Frage eine entsprechende Antwort zu erhalten, muß man die vorliegende Deformation des Gesteins in den Zustand vor der Deformation zurückzuführen versuchen. Dies ist lange nicht in allen Fällen möglich, einerseits wegen der Kompliziertheit der Formen, anderseits auch wegen ihrer Vieldeutigkeit. Man wird sich also zunächst bescheiden müssen, gewisse günstige Fälle herauszugreifen, die einer Zurückführung der Deformation keine unüberwindlichen Schwierigkeiten bieten. Solche Versuche sind auch schon seit langer Zeit gemacht worden.

Ich brauche hier nur an die Arbeiten von A. Heim zu erinnern, aus der Ausglättung der Alpenfaltung ein Maß für den Betrag des hier vorhandenen Zusammenschubs abzuleiten, welches er weiter dann sogar für eine Berechnung der Erdkontraktion verwendet hat.

Wenn heute diesen Berechnungen durch die Erkenntnis der großen Bedeutung der Gleitfaltungen und der Kontinentverschiebungen auch vielfach die Basis entzogen wurde, so sagt dies gar nichts gegen die Anwendungsfähigkeit dieser Methode aus.

Einerseits kann man die Berechnungen den neuen geotektonischen Vorstellungen anschmiegen, anderseits bleiben die Mindestbeträge der Verschiebungen innerhalb ihrer lokalen Grenzen, in denen sie gewonnen wurden, bestehen.

Man wird heute kaum mehr so unvorsichtig sein, aus dem lokalen Faltungsbetrag einzelner ausgezeichnete Zonen der Erdoberfläche gleich auf eine Kontraktion des ganzen Erdkörpers zu schließen.

Die wichtigsten Anwendungen der Methode, aus vorhandenen Deformationen auf die zu ihrer Herstellung nötigen Verschiebungen zu schließen, liegen auch gar nicht in solchen großzügigen Übertreibungen, sondern vielmehr in einem engen Anschluß an die lokale Tektonik, wo auch die Möglichkeit einer Nachprüfung und Korrektur besteht. Hier ist vor allem der Zusammenhang oder Nichtzusammenhang zwischen der Feintektonik und der Grobtektonik eines Gebietes von Interesse. Es kann ein Gebiet z. B. eine sehr einfache grobwellige Verbiegung zeigen aber zugleich eine Feintektonik besitzen, welche mit der Bildung der groben Faltwellen unmöglich erklärt werden kann.

Fig. 18 führt im Schema ein solches Mißverhältnis zwischen der Bauanlage im großen und der Struktur des Materials im kleinen vor.



Hier ist der Schluß unabweislich und auch naheliegend, daß das Material zwei sehr verschiedene auch zeitlich getrennte Bearbeitungen durchgemacht hat.

Die erste Bearbeitung bestand in einer feinwelligen heftigen Durchfaltung der ganzen Masse. Sie stellt, wenn man das Mindestmaß der für ihre Herstellung notwendigen Verschiebung aus der Summation der Falten ermittelt, einen ganz anderen Bewegungsbetrag vor, als die nachfolgende einfache Verbiegung der ganzen Schichtenmassen.

Die zweite Bearbeitung stellt, wie eben erwähnt, eine einfache grobwellige Verbiegung vor, die das davon betroffene Material relativ nur wenig beansprucht.

An diesem Verbiegungsvorgang muß sich die dadurch erzeugte Anpassung des Materials vor allem an den Bugstellen zu erkennen geben. Die einen Bugstellen werden auf Zug, die anderen auf Druck beansprucht.

Wenn nun z. B. die Beanspruchung auf Zug zu Zerreißen geführt hat, die die vorhandene Feinfaltung kreuz und quer zerschneiden,

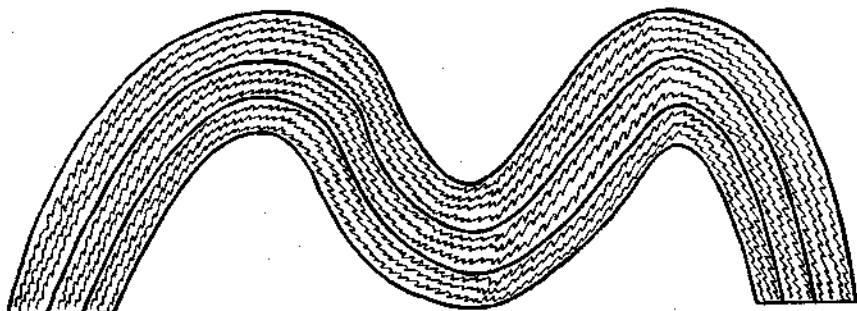


Fig. 18. Mißverhältnis zwischen Feinbau und Großbau. Der Feinbau zeigt eine im Großbau nicht begründete intensive durchgreifende Faltung.

so kommt auch dadurch wieder die Nichtzusammengehörigkeit der feineren Struktur zu der Großbauform deutlich genug zum Ausdruck.

Das Verhältnis der Feinstruktur zu den Großbauformen ist sehr ausdrucksvoll und zahlreicher Änderungen und Abstimmungen fähig.

Der seltenste Fall ist wahrscheinlich jener, daß die Feinstruktur vollkommen und restlos mit der Großform zusammenstimmt, der sie angehört.

Dieser Fall kann nur verwirklicht sein, wenn das Material einerseits noch ganz un bearbeitet in die vorliegende Großform eingefügt wurde und andererseits auch nachher keine anderen Umformungen mehr erlebt hat.

Beide Voraussetzungen sind in der Natur nur selten erfüllt.

Es trägt ja z. B. jede Großform schon durch die von ihr geschaffenen Höhenunterschiede den ständigen Anreiz zu neuen Umformungen der inneren Struktur in sich.

Es muß hier bei großen Falten mit erheblichen Höhenunterschieden im Laufe der Zeit zur Ausbildung einer eigenen Art von „tektonischen Tiefenunterschieden“ kommen.

Die tieferen Teile eines Gewölbes stehen unter wesentlich höherem Druck als die oberen, auch beträchtliche Wärme- und Feuchtigkeitsunterschiede sind vorhanden. Endlich aber tritt zu beiden Seiten des Gewölbes ein Schub gegen die anliegenden Mulden zu auf, welcher wohl imstande ist, in plastischeren Schichtenlagen eine Gleitung auszulösen.

Diese Gleitungen lassen sich, wie Fig. 19 veranschaulicht, sowohl durch ihren wechselnden Bewegungssinn als auch durch ihre streng lokale Ausbildung leicht von einer durchlaufenden Struktur unterscheiden.

Die Wirkung der Verbiegungen der Großfalten auf die Materialumformung ist verhältnismäßig leicht zu überblicken und auch schon vielfach genauer untersucht.

Daher kann man solche einfache Großformen nun dazu benutzen, die in ihnen vorhandenen Feinstrukturen auf ihre Zugehörigkeit zu der Großform zu prüfen.

Die Abweichungen im Zusammenklang zwischen Fein- und Grobstruktur von tektonischen Bauformen sind geologisch besonders interessant, weil sie häufig eine weiter- und tiefergreifende Einsicht in die mannigfaltigen tektonischen Schicksale eines Gebietes gewähren.

Natürlich müssen sich verschiedenaltige Strukturen in einem und demselben Material gegenseitig stören. Diese Störungen geben uns wieder unter Umständen Mittel in die Hand, ihre Altersreihenfolge zu bestimmen.

Leider ist aber die Empfänglichkeit für Strukturänderungen und ihre Aufbewahrbarkeit in den Gesteinen recht verschieden und im allgemeinen auch beschränkt.

Die Abweichungen zwischen Fein- und Grobstruktur eines und desselben geologischen Bauelementes können sehr verschiedenartig sein.

Ich will hier nur einige besonders auffällige kurz erwähnen und beschreiben.

Es kommt wohl kaum vor, daß die Feinstruktur eines geologischen Bauelementes weniger Bewegungsspuren enthält als dieses Bauwerk erfordert.

Sehr häufig ist dagegen der Fall, daß die Feinstruktur ein viel reicheres Bewegungsdetail enthält, als die Grobstruktur an den betreffenden Stellen verlangt.

D. h. mit anderen Worten, die Feinstruktur erfordert zu ihrer Herstellung eine andere Art und ein verschiedenes Ausmaß an Bewegungen, als zum Bau ihrer Großform notwendig sind.

Sie können also nicht gleichzeitig entstanden sein. Die Feinstruktur muß zu einem großen Teil in ihrer Anlage älter sein als die derzeit dazugehörige Großform.

Wie ich schon erwähnt habe, kann aber auch die Großform das relativ Ältere sein und die Feinstruktur noch Anzeichen jüngerer Bewegungen verkünden.

Ein weiterer wichtiger Fall der Abweichungen zwischen räumlich zusammengehörigen Fein- und Grobstrukturen liegt dann in dem verschieden gerichteten Bewegungssinn.

Die Großfalten haben z. B. ost-westlich gerichtete horizontale Achsen, die zugehörigen Kleinfalten dagegen schräg oder nord-südlich gerichtete.

Auch kann die Neigung der Faltachsen in der Fein- und Grobstruktur eine verschiedenartige sein.

Die Falten der Feinstruktur können dann z. B. stark einseitig und überkippt gebaut sein, während die zugehörige Großfalte einen regelmäßigen Aufbau zeigt.

Die Faltungen der Feinstruktur können weiter nur auf einzelne Lagen einer Schichtengruppe beschränkt bleiben, während der Großfaltenbau viele Schichtenlagen einheitlich beherrscht.



Fig. 19. Lokale Gleitungen an den Gewölbeffanken.

Auch hier ist wieder eine besondere Untersuchung nötig, ob die vorliegende Feinstruktur ältere oder jüngere Anteile als das Mitlaufen in der Großform enthält.

Dieselben Überlegungen gelten, wenn die Großform z. B. nicht eine Faltung, sondern eine Streckung vorstellt.

Hier kann das Auseinandergehen zwischen den Angaben der Feinstruktur und jenen der Grobstruktur besonders auffällig werden. Wenn z. B. die Feinstruktur eine heftige Faltung aufweist, so wird schon ein flüchtiger Beobachter bemerken, daß sich dies nicht mit der Zerrungsform des Großgebildes als gleichzeitige Bildung verträgt.

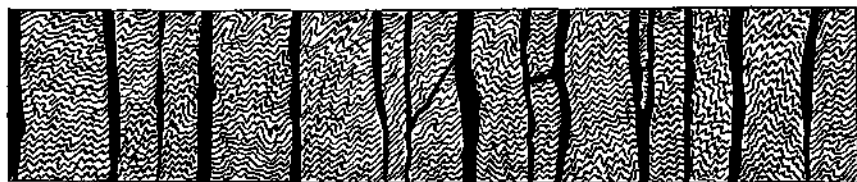


Fig. 20. Mißverhältnis zwischen Feinbau und Großbau.  
Der Feinbau zeigt intensive Faltung, der Großbau dagegen Zerrung.

Hier ist das höhere Alter der Feinstruktur ohne weiteres einleuchtend —  
Fig. 20.

Natürlich kann auch der umgekehrte Fall, daß nämlich die Feinstruktur ein Zerrungsgebilde und die Großform eine Faltung ist, verwirklicht sein.

Alle diese und noch manche andere Fälle lassen sich leicht entscheiden, sobald wir mit Sicherheit neben der Feinstruktur auch die zugehörige Großform beobachten können. Dies letztere ist jedoch in vielen Fällen nur mangelhaft oder auch gar nicht möglich.

Ganz verhindert kann die Beobachtung der Großform vor allem durch Schutt- oder Eisverdeckung werden. Viel häufiger ist jedoch der Fall einer nur mangelhaften Beobachtung.

Hier kann ebenfalls wieder Schutt- oder Eisbedeckung die Schuld sein, es kann aber auch die Erosion die wichtigsten Teile einer Großform bereits zerstört haben oder sie kann auch aus anderen Gründen nicht mehr eindeutig ergänzbar sein.

Die Eindeutigkeit einer Großform, vor allem die grundlegende Unterscheidung von Sattel und Mulde, kann auch bei starker Pressung leicht verloren gehen.

Wir finden besonders in den alten Formationen und im kristallinen Grundgebirge oft mächtige steilstehende, parallelgestellte Schichtenfolgen, in denen sich häufig Schichtenglieder wiederholen, so daß die Überzeugung eines Faltenverbandes, eines Wechsels von Mulden und Sättern, sich aufdrängt.

Die oberen Umbiegungen der Schichten sind der Erosion zum Opfer gefallen, die unteren reichen in unzugängliche Tiefen hinab oder sind eingeschmolzen.

So bleiben nur die parallelgestellten Mulden- und Sattelflügel der Beobachtung frei.

Durch die Verfolgung charakteristischer Gesteinsfolgen kann es gelingen, den Faltenbau zu entziffern, wenigstens was den Umfang der Sättel und Mulden betrifft.

Wenn man aber keinen Anhalt für die Unterscheidung des ursprünglichen Liegenden und Hangenden besitzt, so bleiben immer zwei entgegengesetzte Auflösungsformeln bestehen.

Es kommt dazu aber noch eine weitere Schwierigkeit, welche bei so eng gepreßten Sättern und Mulden als der Verlust der Bauindividualität zu bezeichnen ist.

Alle offenen Sättel und Mulden sind für sich bestehende Bauwerke. Sie haben nicht nur eine individuelle Abgrenzung, sondern auch eine ebenso individuelle Verteilung ihrer Spannungsverhältnisse.

Diese ganze Individualisierung geht verloren, wenn die Pressung so weit vorschreitet, daß die Mulden und Sättel eng zusammenschließen.

Von diesem Moment an ändert sich bei einer Fortdauer der Pressung die ganze Druckleitung und Druckverteilung.

Während früher, solange noch die einzelnen Sättel und Mulden getrennt waren, die Druckleitung, wie Fig. 21 angibt, in der Schichtung verlief, bricht dieselbe nach dem Zusammenschluß quer durch die Schichtung.

Damit wird die Weiterbildung der Umbiegungen ausgeschaltet und das ganze System einer einheitlich durchlaufenden Pressung unterworfen.

Wenn dieser Zustand entsprechend intensiv ist oder sehr lang andauert, so muß in allen Faltschenkeln dieselbe Feinstruktur als Anpassung an die starke Pressung entstehen.

Es bildet sich also eine Feinstruktur heraus, die nicht mehr zu den früheren Sättern und Mulden paßt.

Sie paßt dagegen zu einer neuen Großform, die eine Reihe der früheren Formen zu einer größeren mechanischen Einheit zusammenschließt.

Wir haben also hier den Fall, daß uns die Feinstruktur auf einen über Einzelsättel und Mulden hinausreichenden mechanischen Großverband aufmerksam macht, der heute vielleicht durch die Erosion in einzelne getrennte Stücke aufgelöst erscheint.

Auch das Gegenteil dieses Verhältnisses von Fein- und Grobstruktur ist häufig verwirklicht. Es kann die Feinstruktur auf einen mechanischen Vorgang hinweisen, der nur einen Bruchteil der zugehörigen Großform ergriffen hat. Dies tritt z. B. ein, wenn eine Verschiebung einen Sattel oder eine Mulde durchschneidet. In der unmittelbaren Einflußzone einer solchen Störung kann es leicht zur Ausbildung einer Feinstruktur kommen, die durchaus nicht zu der alten Großform paßt. Ihre Großform ist eben die neuentstandene Verschiebung.

Aus dieser kurzen Übersicht über die Abweichungen zwischen Fein- und Grobstruktur eines geologischen Bauelements geht jedenfalls die Bedeutung und der Umfang dieser Arbeitsrichtung hervor.

Sie verbürgt eine Vertiefung und eine Verfeinerung der tektonischen Studien.

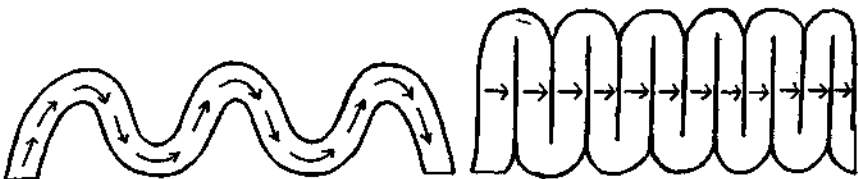


Fig. 21. Änderung der Druckleitung zwischen offener und geschlossener Faltung.

Es ist nun noch von Interesse, sich über die Größenverhältnisse zwischen Fein- und Grobstrukturen, wie sie für die Geologie in Betracht kommen, ein ungefähres Anschauungsbild zu machen.

Die Größen von Mulden und Sätteln als tektonische Bauformen schwanken etwa in der Amplitude von 2 bis höchstens 10 km. Die dabei noch einheitlich umspannte Schichtenmächtigkeit reicht etwa von 1 bis 5 km.

Natürlich sind hier viele Ausnahmefälle möglich.

Die Feinformen haben Dimensionen, die meist nur Bruchteile eines Meters, vielfach aber nur solche eines Zentimeters ausmachen.

Alle diese hier in Betracht gezogenen Feinformen lassen sich noch mit freiem Auge verfolgen und messen.

Sie vermitteln den Übergang zu wesentlich kleineren Formen, die sich nur mehr mit optischen oder physikalischen Instrumenten auflösen lassen.

Hier betreten wir das Gebiet des mikroskopischen Gefügebaues, auf dem wir vor allem durch die Arbeiten von B. Sander und seinen Schülern unterrichtet worden sind.

Auf diesem Gebiete spielt aber neben der tektonischen Umformung bereits die Kristallisation eine gewaltige Rolle. Die Kristallisation ist ein von der Tektonik unabhängiger und ungemein fein arbeitender Vorgang.

Daher ist es möglich, daß ältere tektonische Formen von der Kristallisation nicht zerstört, sondern abgebildet und so aufbewahrt werden.

Dieses ganze Gebiet wird daher durch die Sandersche Grundfrage beherrscht, in welchem zeitlichen Verhältnis in dem Gefüge Tektonik und Kristallisation zueinander stehen.

Diese Frage würde auch für die größeren tektonischen Bauformen dieselbe Bedeutung erlangen wie für die Feinstrukturen, wenn die Kristalle größer wachsen würden. In dem Moment, wo die Kristalle Größen von mehreren bis zu Hunderten von Metern erreichen würden, wären auch die Großformen weitgehend von ihrem Aufbau beeinflußt, und es gäbe auch im Innern dieser Kristalle aufbewahrte alte Großformen.

Ich verlasse nun dieses bereits der sorgsam wissenschaftlichen Bearbeitung eroberte Gebiet und wende mich zum Schluß noch Fragen der Gebirgsbildung zu, einem Gebiete, das leider noch immer ein Tummelplatz wilder und zügelloser Phantasien und willkürlicher, sich gegenseitig kreuz und quer widersprechender Behauptungen ist.

Im Jahre 1928 ist in Berlin im Verlag von Gebrüder Borntraeger ein Buch von Rudolf Staub mit dem Titel „Der Bewegungsmechanismus der Erde, dargelegt am Bau der irdischen Gebirgssysteme“ erschienen.

In diesem Buche faßt R. Staub seine Meinungen über die Ursachen der Gebirgsbildung in folgenden Sätzen zusammen:

„Zentrifugale Kräfte und subkrustale Strömungen schaffen gemeinsam die Bedingungen der irdischen Gebirgsbildung. Keine der beiden Kräftegruppen allein, weder die eine noch die andere, vermag für sich die Phänomene der irdischen Struktur zu erklären.

Erst ihrer Zusammenarbeit gelingt es, die Kontinente in periodischen Intervallen stets von neuem in Bewegung zu setzen und damit die irdischen Gebirge und letzten Endes die Struktur der Kontinente und ihre heutige Verteilung im Raum zu schaffen. Die primäre Führung in diesem großen Gesamtmechanismus der Gebirgsbildung aber gebührt den zentrifugalen Kräften.

In ihnen liegt der primäre Anstoß zur Entfesselung des ewig sich wiederholenden und gesetzmäßig wechselnden Spieles der subkrustalen Strömungen, und in ihnen liegt das große, richtunggebende Moment in diesem Spiel, das in großartigem Wechsel durch Polflucht und Poldrift der Kontinente die stets sich erneuernde Gebirgsbildung der Erde regiert.

Polflucht und Poldrift der Massen regieren so seit den ältesten Zeiten den Mechanismus der irdischen Gebirgsbildung.

Was aber diesen stets eng geschlossenen und nur dadurch folgerichtig stets sich erneuernden Vorgang immer wieder in stetem Wechsel ermöglicht, das ist die starre Masse des pazifischen Blockes, in die beidseits, im W Amerikas und im O Asiens und Australiens, die ganze mächtige Bewegung eingespannt ist.

Ohne diese Leitschiene des Pazifik würden die irdischen Massen oft gar nicht aufeinandergeprallt, sondern seitlich ausgewichen sein, und das Antlitz der Erde wäre samt seiner Geschichte ein ganz anderes.

Es wäre auf jeden Fall weit gesetzloser und zufälliger. Die starre Masse des Pazifik erst schaffte sozusagen die festen Richtlinien, innerhalb derer die Bewegung der Kontinentalmassen vor sich geht.

Die Entstehung des pazifischen Panzers aber geht gleichfalls auf eine Polflucht zurück. Der pazifische Panzer ist quasi nur die rasch verheilte Narbe jener riesigen Wunde unserer Erde, die durch das Losreißen der Mondmasse entstanden ist.

Aber dieses Losreißen der Mondmasse seinerseits geht ja abermals nur zurück auf die Polflucht der mobilen Massen an die längste Achse des irdischen Rotationsellipsoids, und der pazifische Panzer geht somit in seiner Entstehung auf dieselben großen und allgemeinen Ursachen kosmischer Natur zurück wie die Verschiebungen der Kontinente.

Somit wurzelt schließlich alles in der allgewaltigen Rotation der um die Sonne kreisenden Erde, Zusammenschieben der Kontinente, pazifischer Widerstand, Westdrift und letzten Endes auch die dehnenden Kräfte der Polströmungen, die die stete Erneuerung des großen tektonischen Spieles ermöglichen.“

Ich habe nicht die Absicht, hier dieses dicht verschlungene Wirrsal von Mechanik aufzulösen. Ich möchte im folgenden nur auf einige schwere Irrtümer und Unwahrscheinlichkeiten in den mechanischen Grundlagen dieses Buches aufmerksam machen.

Die sogenannte „Polflucht“ kann man immerhin als eine Wirkung der Fliehkraft verstehen, welche im Bereiche des Äquators ihren höchsten Wert erreicht und folglich von beiden Seiten die Massen gegen den Äquator zu ziehen versucht.

Ihre Wirkung ist aber die an sich nur sehr geringfügige Abplattung der Erde. Der Unterschied zwischen der halben großen Achse (6377·397 km) und der halben kleinen Achse (6356·079 km) beträgt ja nur 21·318 km.

Dieser minimalen Erdabplattung entspricht eine Dehnung des Äquatorumfangs vom Betrage von 66·577 km.

Es sind dies alles, verglichen mit der Größe der Erdkugel, so außerordentlich geringe Abweichungen von der Kugelgestalt, daß es wohl schwer fällt, denselben irgendwelche spürbare geologische Wirkungen zuzuschreiben.

Nun soll aber dieselbe Fliehkraft, welche diese Abplattung erzeugt, auch noch die einzelnen Kontinente gegen den Äquator hin ziehen.

Diese doppelte Rolle der Fliehkraft erscheint ganz unverständlich und höchst unwahrscheinlich.

Ebenso unverständlich ist weiter bei der Fortdauer derselben Rotation, wie die Wirkung der Fliehkraft aufgehoben werden soll und nun eine umgekehrte Massenbewegung, also ein Abströmen der Massen vom Äquator zum Pol, eintreten soll.

Eine weitere mechanische Unverständlichkeit ist dann die Rolle des von Staub erfundenen pazifischen Blockes.

Wenn man die Ableitung der Mondablösung nach der Theorie von Poincaré studiert und die Rotationsfiguren vergleicht, so gibt sich die Ablösungsstelle von Mond und Erde als eine typische Abschnürung zu erkennen.

Das heißt mit anderen Worten als eine Vorstülpung und Erhöhung.

Wie nun aus einer solchen stielartigen Erhöhung einer Abschnürungsstelle eine Eintiefung wie das Becken des pazifischen Ozeans entstehen

soll, wird nicht weiter begründet. Es macht den Eindruck, als ob die Mondablösung etwa wie das Ausreißen eines Baumes samt seinen Wurzeln vorzustellen wäre und ein großes Loch in der Erde hinterlassen hätte.

In dieser Abschnürungsstelle des Mondes sollen tiefere Erdmassen entblößt und hier eben zu dem hypothetischen pazifischen Block erstarrt sein.

Auch die weitere Rolle dieses so konstruierten pazifischen Blockes ist mechanisch unverständlich.

Wie soll eine so große starre Masse, die zirka ein Drittel der Erdoberfläche einnimmt, gleichsam als Leitschiene für das Hin- und Herfluten von Polflucht und Poldrift dienen?

Wie soll dieser Vorgang durch das Einschalten eines so großen und so unregelmäßigen starren Blockes regelmäßiger und gesetzmäßiger werden können?

Der pazifische Block könnte hier niemals etwas anderes als eine große und schwere Störung jeder Regelmäßigkeit in der Entwicklung bedeuten.

Von allen diesen mechanischen Vorstellungen ist noch die Polflucht als Wirkung der Fliehkraft am ehesten einer weiteren Beachtung und Besprechung wert.

Aber auch hier zeigt eine genauere Prüfung an der Hand eines geologischen Globus unschwer die Nichtanwendbarkeit dieser Hypothese für die Erklärung der irdischen Gebirgsbildung.

Die Mechanik der Fliehkraft und der durch sie erzeugten Massenanziehung gegen den Äquator ist einfach und überzeugend. Es ist also nicht die Frage, wie diese Mechanik funktioniert, sondern nur die, ob sie eben eine andere Wirkung als die Abplattung überhaupt haben kann. Stellen wir uns also zunächst auf den Standpunkt, daß eine solche Wirkung noch außerhalb der Erzeugung und Festhaltung der Abplattung möglich sei.

Uns interessiert hier nun zunächst die Anwendung der Polflucht Hypothese auf die Entstehung der mediterranen Faltenzone.

Diese Faltenzone durchzieht vom Atlantischen Ozean bis zu den Sundainseln die alte Welt.

Nach R. Staub ist diese Faltenzone zirka 1500 km breit und aus der Zusammenpressung der Geosynklinale der Tethys zwischen den starren Kontinentalmassen von Eurasien und Indo-Afrika entstanden, wobei auch noch Teile der beiderseits einrahmenden Kontinentalmassen mitgefaltet wurden.

Versuchen wir nun, diese Gebirgsbildung mit Hilfe der Polflucht Hypothese zu erklären. Wie Fig. 22 zeigt, kann aus der Erdrotation durch die am Äquator am stärksten wirksame Fliehkraft eine Anziehung der Massen vom Nordpol und vom Südpol her gegen den Äquator abgeleitet werden.

Die Fliehkraft strebt also danach, den Ring des Äquators zu vergrößern und übt dadurch auf die beiderseits benachbarten Massen einen Zug aus. Wahrscheinlich ist aber diese Kraft für eine Verschiebung der Kontinente viel zu schwach.



Es werden also die Massen einerseits vom Nordpol gegen S. andererseits vom Südpol gegen N angesaugt.

Die Wirkung besteht daher in der Auslösung einer auf den beiden Erdhälften entgegengesetzt gerichteten Massenzuströmung gegen den Äquator.

Diese Massenzuströmung zu dem Äquator muß eine Vergrößerung seines Umfanges zur Folge haben, die genau der Unterbringung der neu zugeströmten Massen entspricht.

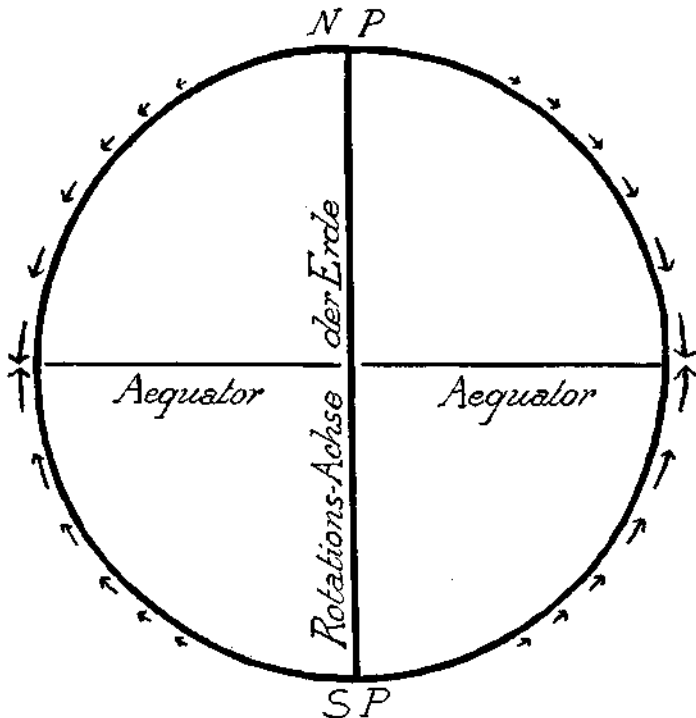


Fig. 22. Mechanik der Polflucht Hypothese.

Ich verstehe also nicht, warum es hier zu einer heftigen Verfaltung und Gebirgsbildung kommen soll, wo doch die angesaugten Massen in einer Ausdehnung des Äquatorgürtels ohne weiteres ihren Platz finden.

Nehmen wir aber auch noch diese Unwahrscheinlichkeit mit in Kauf und schreiten wir im Sinne der Polflucht Hypothese weiter.

Eine Faltung und Gebirgsbildung könnte räumlich nur zwischen den gegeneinander bewegten Massen der Nord- und Südhalbkugel in der Zone des Äquators stattfinden.

Sie müßte also entlang des Äquators angeordnet sein und im Querschnitt einen ziemlich regelmäßigen, doppelseitigen Aufbau zeigen, welcher dem entgegengesetzten zweiseitigen Anschub zu entsprechen hätte.

Heute liegt nun die Zone des mediterranen Falteingürtels sehr weit vom Äquator entfernt. Sie schneidet den Äquator ja überhaupt erst im Bereiche der Sundainseln.

Mit der heutigen Lage der Erdrotationsachse kann man daher die Bildung der mediterranen Gebirgszone als Folge der Fliehkraft auf keinen Fall in Beziehung bringen. Die mediterrane Faltenzone liegt ja fast ganz auf der Nordseite des Äquators und daher im Gebiete der gegen S gerichteten Polflucht.

Nun wird man einwenden, daß eben die Erdachse zur Bildungszeit der mediterranen Faltenzone anders lag und sich diese Zone damals in dem Äquatorgürtel befand.

Versucht man nun auf dem Erdglobus eine solche Umstellung, so stößt man gleich auf neue Hindernisse.

Die mediterrane Faltenzone hat weder gegen W noch gegen O eine in derselben Richtung liegende Fortsetzung.

Sie läßt sich also überhaupt nicht zu einem vollen Äquatorgürtel ergänzen.

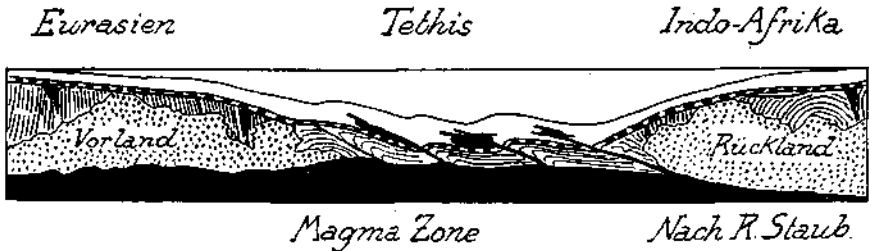


Fig. 23. Schematischer Querschnitt durch die mediterrane Faltenzone.

Im W bricht sie am Atlantischen Ozean ab, im O trifft sie auf jenen Kranz von Faltegebirgen, welche einen großen Teil des Pazifischen Ozeans umranden. Auch dieser Kranz von Faltegebirgen um den Pazifischen Ozean herum entspricht nicht einem Äquatorbogen, sondern einem wesentlich engeren und unregelmäßigeren Ringgebilde, dessen Zusammenschluß unbekannt ist und wahrscheinlich auch gar nicht besteht.

Kurz gesagt, die räumliche Anordnung des mediterranen und des zirkumpazifischen Faltenstranges entspricht durchaus nicht den geometrischen Grundforderungen der Polfluchthypothese, wie man auch dazu die Rotationsachse der Erde verdrehen mag. Es entspricht aber auch der Bau der Falteingürtel nicht dem Grundprinzip dieses einfachen Mechanismus. Das Grundprinzip ist doch die Anziehung der Massen von beiden Erdhälften gegen den Ring des Äquators.

Es könnte sich also nur um einen zweiseitig wirksamen Anschlag und nicht um einen einseitigen Schub handeln.

Trotzdem spricht R. Staub in seinem ganzen Buche fortwährend nur von dem Nordschub von Indo-Afrika und nie von dem Südschub von Eurasien.

Dabei liegt die riesige Masse von Eurasien vollständig auf der nördlichen Halbkugel und müßte daher nach der Polfluchthypothese

durchaus von einem Südschub gegen den Äquator beherrscht werden. Aber auch von der Masse von Indo-Afrika liegt der größere Anteil auf der Nordhalbkugel und müßte daher denselben Südschub gegen den Äquator aufweisen.

Jedenfalls ist aus der Pofflucht Hypothese unmöglich ein Stillstehen von Eurasien und gleichzeitig ein Nordschub von Indo-Afrika abzuleiten.

Es entspricht aber auch der innere Bau der mediterranen Faltenzone durchaus nicht den Anforderungen der Pofflucht Hypothese. R. Staub hat bereits in seinem Buche „Der Bau der Alpen — 1924“ seine Grundvorstellungen vom Bau der mediterranen Faltenzone auch graphisch zum Ausdruck gebracht.

Ich füge hier als Fig. 23 eine Kopie seines schematischen Querschnittes durch diese Zone ein.

An diesem Querschnitt fällt vor allem die scharf betonte Einseitigkeit der Bewegungen und die außerordentlich übertriebene und verkürzte Dimensionierung auf.

Die Dimensionierung ist aber bei einem solchen Querschnitt gerade das Entscheidende.

Aus den Angaben einer richtigen Dimensionierung der einzelnen in Bewegung versetzten Massen läßt sich in vielen Fällen ohne weiteres die Möglichkeit oder Unmöglichkeit einer tektonischen Hypothese ablesen.

Nach der Angabe von R. Staub beträgt die Durchschnittsbreite der mediterranen Faltenzone zirka 1500 km. Die Mächtigkeit der in den Faltungen und Schubmassen jeweils einheitlich ergriffenen Schichtengruppen geht aber kaum über 2—5 km hinaus.

Nehmen wir an, die Gesamtmächtigkeit der in die Faltung einbezogenen Schichten betrage etwa 15—20 km, die Mächtigkeit der sogenannten starren Blöcke etwa 30 km, so erhalten wir die Dimensionierungen von Fig. 24.

Bei einer Breite der Faltungszones von zirka 1500 km, was  $13^{\circ}5'$  des Meridiankreises entspricht, beträgt der Unterschied zwischen Bogen und Sehne schon gegen 60 km.

Es ist dies eine Krümmung, welche man bei einer Konstruktion schon nicht mehr vernachlässigen darf.

Die also derart halbwegs berichtigten Dimensionen von Fig. 24 rufen sofort folgende Bedenken wach.

Zunächst ist der Unterschied zwischen den sogenannten „starren Schollen“ und dem mittleren Gebiet der Faltung ein recht bescheidener. Da



Fig. 24. Richtiger Dimensionierung zu Fig. 23.

sowohl in der Faltungszone wie im Gebiet der starren Schollen eine sehr bunte Schichtenfolge von großenteils unbekanntem Festigkeitseigenschaften auftritt, kann sich der so viel gebrauchte Unterschied zwischen starren Schollen und weicheren Faltungszonen nicht auf erkannte Festigkeitsunterschiede beziehen. Seine einzige Stütze ist die Tatsache, daß im einen Gebiet nur ältere Faltungen, im anderen aber auch junge tertiäre Faltungen vorhanden sind.

Damit ist aber doch noch lange nicht bewiesen, daß das eine Gebiet einer Faltung mehr Widerstand leistet als das andere.

Mit demselben Grad von Wahrscheinlichkeit kann man auch behaupten, daß das eine Gebiet z. B. zur Tertiärzeit gar nicht auf Faltung beansprucht wurde, während dies in einem Nachbargebiete der Fall war.

Wenn wir innerhalb eines Faltungsgebietes die Faltbarkeit der verschiedenen Schichtengruppen genauer betrachten, so finden wir keine Gesteine, welche der Gewalt der Gebirgsbildung zu widerstehen vermöchten.

Wir finden aber große Unterschiede in der Art und Weise, wie dünngeschichtete oder dickbankige Massen, bunte Serien oder eiförmige Blöcke auf den Zusammenschub reagieren.

Diese Unterschiede sind im Bereiche von gleitender Faltung viel schärfer ausgesprochen als in den Gebieten der Pressungsfaltung.

In den letzteren treffen wir zwischen den steilgestellten festesten Eruptivgesteinen und weichen Schiefen wenig Unterschied. Dies heißt mit anderen Worten: gegenüber dem gewaltigen Pressungsdruck verschwinden alle Festigkeitsunterschiede der irdischen Gesteine, während sie gegenüber dem viel geringeren Gleitdruck eine wichtigere Rolle spielen.

Diese Erfahrungen berechtigen uns gewiß nicht, zwischen den mächtigen und bunten Schichtenserien eines sogenannten starren Blockes und jenen einer tertiären Faltungszone von vorneherein einen durchgreifenden Festigkeitsunterschied anzunehmen.

Ich habe den Eindruck, daß die in der geologischen Literatur oft so scharf betonten Unterschiede zwischen starren Blöcken und Faltungszonen ebenso unbegründet und übertrieben sind wie jene zwischen Kontinentalmassen und Ozeanböden.

Die scharfe Abgrenzung solcher Einheiten ergibt sich nicht aus der unbefangenen Naturbetrachtung, sondern aus dem Studium von Büchern und Landkarten, die notwendigerweise stark schematisiert und auf Übersichtswirkung hin scharf übertrieben sind. Noch schroffer abgrenzend und einteilend wirkt dann der ganze Schulbetrieb in der Tendenz, die Aufmerksamkeit und das Gedächtnis der Hörer festzuhalten und zu beeinflussen. Ein weiteres Bedenken, das unmittelbar aus den Angaben von Fig. 23 entspringt, ist dann die angeblich streng gegen N orientierte Richtung der Faltungen und Überschiebungen.

Erstens ist diese einheitliche Nordrichtung in den einzelnen Faltensträngen der mediterranen Gebirgszone überhaupt nicht vorhanden und zweitens wäre ein einheitlicher Nordschub im Rahmen der Polflucht Hypothese mechanisch vollkommen ausgeschlossen. Dazu kommt noch folgendes Bedenken, das sich besonders stark im Angesicht der riesigen Breite des Faltungsraumes geltend macht.

Die Angriffsstellen für eine Faltung der breiten Mittelzone zwischen den starren Blöcken von Eurasien und Indo-Afrika beschränken sich bei einseitigem Schub nach der Hypothese von R. Staub auf den schmalen Grenzsaum am Nordrand von Indo-Afrika. Bei zweiseitigem Schub ergeben sich zwei Angriffsstellen, eine am Südrand von Eurasien, die andere am Nordrand von Indo-Afrika.

Das ist schon eine wesentlich bessere Verteilung des Angriffes auf die riesige breite zu faltende Masse.

Sehr viel günstiger wird aber die Verteilung der Angriffsmöglichkeiten, wenn diese nicht auf die zwei schmalen seitlichen Ränder beschränkt bleiben, sondern die ganze Unterfläche des Faltungsraumes zur Angriffsfläche wird.

Wie das Schema (Fig. 25) veranschaulicht, wird auf diese Weise die Angriffsfläche in jedem Querschnitt auf das Vielfache erhöht.

Mit der Verbreiterung des Faltungsraumes steigt also die Wirksamkeit der subkrustalen Angriffsfläche ganz gewaltig, während gleichzeitig jene der seitlichen Angriffsflächen immer mehr zurücktritt.

Die Basis der Faltungszone wird dadurch zu der weitaus wirksamsten und wichtigsten motorischen Fläche des ganzen Bereiches. Alle Ver-



Fig. 25. Verteilung der Angriffsflächen bei zweiseitigem Schub oder bei motorischem Untergrund.!

änderungen in derselben wirken sich sofort und ohne weitere Übertragungen in der darauf lagernden Schichtendecke aus.

Dieser gesteigerten Wirksamkeit entspricht auch an der Erdoberfläche die lebendigste Abtragungs- und Veränderungsfläche als unmittelbare Abbildung.

Ich möchte mich nun zum Schluß noch ganz kurz mit dem Problem der Zerlegung einer mächtigen Schichtenfolge in eine Reihe von verhältnismäßig weit dünneren Schubmassen und Falten beschäftigen.

Wie ist es z. B. möglich, eine Schichtentafel von etwa 15 bis 20 km Mächtigkeit in eine große Zahl von weit dünneren Schub- und Faltkörpern zu zerspalten?

Durch eine Zusammenpressung zwischen zwei starren Backen ist es jedenfalls unmöglich zu erreichen, wenn man auch diese Backen noch so dick annimmt.

Nach meiner Einsicht ist dieses Problem der tektonischen Zerspaltung einer mächtigen Schichtenfolge in eine große Zahl von dünnen Scheiben ohne die Mitwirkung der Abgleitung nicht zu lösen.

Nur die Gleitmechanik ist imstande, immer jeweils beschränkte Schichtengruppen aus einem Großverband herauszulösen und ihnen

zugleich eine vom Untergrund unabhängige, lebhafte und sehr einseitige Bewegungsstruktur zu verleihen.

Die Gleitmechanik stellt dabei eine klare und voll erfassbare Beziehung zwischen einem höheren Gebiete, wo die oberen Schichten fehlen, und einem tieferen Nachbargebiete her, wo dieselben überschüssig angehäuft liegen.

Das Gebiet, wo die abgeglittenen Falten und Schubmassen angehäuft liegen, ist wegen seiner Tiefenlage und der mehrfachen Überdeckung mit Gleitmassen viel weniger der Zerstörung ausgesetzt als die hochliegenden Abrißstellen der Gleitung.

Wir finden daher häufig die ersteren noch gut erhalten, während die letzteren schon längst zerstört sind.

Die Gleitmechanik stellt nur einen Teilfaktor der Gebirgsbildung dar. Natürlich kann man mit Hilfe der Gleitmechanik allein noch lange keine Gebirgsbildung begründen.

Dazu ist vor allem eine tiefgreifende Bewegung des Untergrundes und die Schaffung von entsprechenden Hebungen und Senkungen nötig, damit sich überhaupt die Gleitungen in einem großen Ausmaß vollziehen können.

Außerdem enthalten die Faltengebirge auch wichtige Anteile von wirklichen Pressungsgebilden und von Verschluckungs- und Zerrungszonen.

So einfach, wie sich R. Staub die Bildung der mediterranen Faltengebirge als Zusammenschiebung zwischen dem geduldig stillstehenden Block von Eurasien und dem wanderlustigen Block von Indo-Afrika vorstellt, geht die Entwicklung doch nicht vonstatten.

Wien, Ostern, 1930.

### Inhaltsübersicht.

Die wichtigsten Überlegungen dieser Arbeit betreffen folgende Gegenstände: Die Formen der Materialverschleppungen an der Basis von Reliefüberschiebungen, Vergleich der Reliefüberschiebungen mit den aus überkippten Sätteln entstandenen Scheitelüberschiebungen, Ähnlichkeiten und Unterschiede, unmögliche Formen der Scheitelüberschiebungen, Übergänge von Reliefüberschiebungen in Scheitelüberschiebungen und ihre Umkehrung, verschiedene Arten von Schichtabschrägungen und ihr Kartenbild, Ablösungsschnitte von Gleitmassen, Anhäufung von Gleitmassen, Verhältnis von Gesteinsumformung und dazu notwendiger Weglänge, Zusammenklang und Mißverhältnisse zwischen Feinbau und Großbau, tektonische Teufenunterschiede, Bauindividualität und ihre Aufhebung, Änderung der Druckleitung zwischen offener und geschlossener Faltung, Kritik der Polfluchthypothese als Erklärung der irdischen Gebirgsbildung.