

Über den Wert von flächenhaften Abwicklungsversuchen für die Erkenntnis tektonischer Vorgänge

(Mit 8 Abbildungen auf 2 Tafeln.)

Von E. Spengler.

Das am wenigsten von hypothetischen Erwägungen beeinflusste, fast rein induktive Bild einer geologischen Aufnahme gibt in gut aufgeschlossenen Gebieten eines alpinotyp gestörten Gebietes die nicht abgedeckte geologische Karte großen Maßstabes, wenn die Stratigraphie völlig gesichert ist.

Aber schon wenn man versucht, auf Grund der geologischen Karte ein Profil zu zeichnen, kommt ein deduktives, mehr oder minder hypothetisches Moment in die Zeichnung hinein. Dieser hypothetische Einschlag der Profile ist dann sehr gering, wenn es sich um ein tief zertaltes Gebiet handelt und die Profile nicht in größere Tiefe als bis zur Sohle der Täler gezeichnet sind, oder wenn künstliche Tiefenaufschlüsse (Bergwerksschächte, Bohrungen, Tunnels) vorliegen, kann hingegen außerordentlich groß werden, wenn die Profile in große, unzugängliche Tiefen hinabgezeichnet sind. Als ein Beispiel von Profilen, die fast frei von hypothetischen Momenten sind, wären etwa die Profile in HEIM's Sântiswerk zu nennen, als ein Beispiel von Profilen hingegen, die in sehr hohem Maße hypothetisch sind, die Profilvereihe in R. STAUB's Werk: „Der Bau der Alpen“, die bis in 10 km Tiefe unter den Meeresspiegel hinabgezeichnet sind.

Nun steht uns in der flächenhaften (nicht einzelne Profile betreffenden) Abwicklung, die ich in meiner Arbeit: „Versuch einer Rekonstruktion des Ablagerungsraumes der Decken der Nördlichen Kalkalpen“¹⁾ versucht habe, ein Mittel zur Verfügung, tektonische Profile zwar nicht auf ihre Richtigkeit — das ist nur durch Beobachtung in der Natur möglich — aber auf ihre geometrische Möglichkeit nachzuprüfen. Die sich durch flächenhafte Abwicklung ergebende paläogeographische Karte, die das Kartenbild vor Eintritt der Orogenese darzustellen versucht, ist bei dem Vorhandensein

¹⁾ I. Teil: Der Westabschnitt der Kalkalpen. (Jahrb. Geol. Bundesanst. Wien 1953.) — II. Teil: Der Mittelabschnitt der Kalkalpen (ebenda 1956). — III. Teil: Der Ostabschnitt der Kalkalpen (in Vorbereitung).

einer genügenden Anzahl von Parallelprofilen nur wenig hypothetischer als die Profile selbst.

Inwieweit solche Abwicklungsversuche zur Nachprüfung von Profilen verwendet werden können, soll an einem möglichst krassen schematischen Beispiel erläutert werden. Die als Grundlage für die Zeichnung von Profilen verwendete geologische Karte soll in Abb. 1 dargestellt sein. Mit unterbrochenen Schraffen soll eine ältere Formation, z. B. Trias, mit Kreuzschraffen eine jüngere, z. B. Jura, bezeichnet sein. Im Nordteil der Karte würde die Trias als Kern eines E—W streichenden Sattels unter dem Jura zutage treten, im Südteil wäre sie deckenförmig über den Jura überschoben. Der Jura würde im westlichen Teil der Karte unter der Triasdecke in einem kreisförmigen Fenster zutage treten. Wir wollen nun annehmen, daß das westlich von der gestrichelten Linie gelegene Gebiet vom Geologen A, das östlich dieser Linie gleichzeitig und unabhängig vom Geologen B aufgenommen wurde. Beide Geologen bemühen sich, die Profile durch ihre Arbeitsgebiete so zu zeichnen, daß sich ein möglichst geringer Zusammenschub ergibt. Daher zeichnet A sein Profil wie Abb. 2 A, B hingegen wie Abb. 2 B (was ohne Kenntnis der Aufnahmen des A möglich wäre).

In beiden Profilen ist das an der Erdoberfläche nicht zutage getretene vortriadische Grundgebirge mit schiefen Schraffen bezeichnet.

Versucht man nun mit Hilfe der geologischen Karte Abb. 1 und der beiden Profile Abb. 2 den vortektonischen Zustand zu rekonstruieren, so ergibt sich die paläogeographische Karte Abb. 3, in welcher der Ablagerungsraum der jetzt noch an der Erdoberfläche sichtbaren Trias-Jura-Sedimente ohne Signatur gelassen, der Ablagerungsraum der jetzt gänzlich von der Überschiebungsdecke“ verhüllten Trias-Jura-Sedimente schraffiert wurde, während der Ablagerungsraum derjenigen Trias-Jura-Sedimente, welche nach der Orogenese an der Deckenstirn und im Fenster gänzlich der Erosion zum Opfer fielen, durch Punktierung bezeichnet wurde. In Abb. 3, 4 und 5 ist nicht nur die Überschiebung rückgängig gemacht, sondern auch die Faltung ausgeglättet worden. Nach Abb. 3 ist also die Decke im Gebiete A um den Betrag $c-a$, im Gebiete B hingegen um den viel kleineren Betrag $b-a$ nach Norden bewegt worden. Das ist nur dann möglich, wenn jetzt an der Grenze zwischen A und B eine Scherfläche innerhalb der Decke verläuft, die sich als eine nur auf die Decke beschränkte Blattverschiebung auch an der Erdoberfläche bemerkbar machen muß, an der der Westflügel stärker nach N verschoben wäre. (Es kann sich natürlich auch um eine Schar paralleler Scherflächen handeln.)

In Abb. 3 würde die Blattverschiebung, die zur Überschiebung „korrelate Scherfläche“ (SCHWINNER 1928, S. 34; CORNELIUS 1949, S. 349), nur bis zum Punkt d nach Süden reichen. Südlich dieses Punktes bleiben

auch nach erfolgter Überschiebung beide Teile der Decke in ungestörtem Zusammenhang. Es ist klar, daß die Verschmälerung durch die Orogenese zu beiden Seiten der Strecke a—d gleich groß sein muß. Da aber im Westteil diese Verschmälerung gänzlich durch den Deckenschub erreicht wurde, im Ostteil aber die viel kleinere Überschiebung b—a erfolgt ist, muß der größere Deckenschub im W durch stärkere Faltung (oder Schuppung) innerhalb der Decke im E kompensiert sein, welche eine Verschmälerung um den Betrag b—c bewirkte. Das Profil B ist daher auch im Falle des Ausgangszustandes Abb. 3 nur dann richtig, wenn die Decke in B stärkere Faltungen (oder Schuppungen) aufweist als in Profil A.

Wenn man aber annimmt, daß nicht die Trias auf den Jura aufgeschoben, sondern der Jura unter die Trias unterschoben ist, so würde Abb. 4 den vortektonischen Zustand darstellen. Im Raume A wäre der Jura um den Betrag e—g, im Raume B um den viel kleineren Betrag f—g nach S unter die Trias geschoben worden. In diesem Falle müßte eine nur auf die tiefere tektonische Einheit beschränkte Blattverschiebung vorliegen.

Wenn sich aber weder eine nur auf die höhere, noch eine nur auf die tiefere tektonische Einheit beschränkte Blattverschiebung nachweisen läßt, ist das Profil B falsch. Es wäre dann richtig, wenn dort die tiefere Einheit ebensoweit unter die höhere hineingezeichnet wäre wie in Profil A. Den vortektonischen Zustand würde das paläogeographische Kärtchen Abb. 5 zeigen. Daraus ergibt sich der Satz: „Wenn zwei oder mehrere nahe nebeneinander²⁾ gelegene Parallelprofile bei der Abwicklung zu sehr verschiedenen Mindestschubweiten führen, dann gilt die größte unter diesen Schubweiten als die kleinstmögliche Schubweite der Decke“ (SPENGLER 1953, S. 9).

Aus allen diesen Ausführungen ergibt sich nur die selbstverständliche Tatsache, daß eine plötzliche Änderung des Ausmaßes des Zusammenschubes im Streichen unmöglich ist (CORNELIUS 1949, S. 345³⁾). Es muß daher jeder Geologe beim Zeichnen eines

²⁾ Dieser Zusatz ist deshalb nötig, weil die obigen Ausführungen nur dann gelten, wenn die Entfernung der Profile A und B voneinander gering ist, d. h. höchstens wenige km beträgt. Bei größeren Entfernungen ist es möglich, daß die Überschiebungswerte der Decke (bzw. die Unterschiebungswerte ihrer Unterlage) im Streichen scheinbar stetig zu- oder abnimmt. Wahrscheinlich sind auch hier sehr viele parallele Blattverschiebungen vorhanden, die so klein sein können, daß sie sich bei der geologischen Aufnahme im Gelände nicht bemerkbar machen. Nur auf diese Weise ist wohl das östliche Ende der Staufen—Höllengebirgs-Decke im östlichen Sengengebirge zu erklären (Spengler 1928, S. 9).

³⁾ Eine Ausnahme besteht nur bei den mit Rotation verbundenen Schubbewegungen, auf die S. 308 eingegangen wird.

Bei Spengler 1953, S. 9, Z. 5 von unten, steht infolge eines Druckfehlers 395 statt 345.

Profiles nach Möglichkeit auf die Verhältnisse im Arbeitsgebiet seiner Nachbarn Rücksicht nehmen.

Nur in einem Falle ist eine Decke nicht durch andersartigen Zusammenschub in der Nachbarschaft kompensiert — wenn es sich um eine durch Freigleitung entstandene Schubmasse handelt. In diesem Falle aber muß ein Abreißen der Decke von ihrem Hinterlande erfolgt sein und zwischen Decke und Hinterland eine Freilegung des stratigraphisch Liegenden der in Bewegung geratenen Gesteinsmasse erfolgt sein. Diese an ein Fenster erinnernde, aber schon bei der Bewegung entstandene Freilegungszone muß mindestens so breit sein wie die Schubweite der Decke. Wahrscheinlich wird die Breite dieser Zone in der Regel sogar größer sein als die Schubweite, weil anzunehmen ist, daß sich die abgleitende Decke — ähnlich wie z. B. der im Winter von den Dächern abgleitende Schnee — in Falten legte. Das Vorhandensein einer solchen Freilegungszone hinter einer durch Freigleitung entstandenen Decke wird deshalb nur schwer nachweisbar sein, weil es sich schwer entscheiden läßt, ob das Vorhandensein einer Lücke hinter der Decke schon eine tektonische Ursache hat, oder die Wirkung eines nachträglichen Erosionsvorganges ist.

Selbstverständlich gilt das oben an dem schematischen Beispiel Erläuterte nicht nur für die in den nördlichen Ostalpen herrschenden nordvergenten Bewegungen, sondern auch für Bewegungen in allen anderen Richtungen, besonders auch für die westvergenten Bewegungen in den Nördlichen Kalkalpen.

Besonders schwierig ist die Abwicklung von Drehbewegungen, wie sie z. B. bei der Achantaler Schubmasse bei Achenkirch angenommen werden müssen (vgl. dazu meine Ausführungen 1953, S. 45—50; 1956). In dem schematischen Kärtchen Abb. 6 soll eine Drehbewegung nach Art der Achantaler Schubmasse dargestellt werden⁴⁾. Wenn sich die rechteckige Masse abcd um den Punkt d in dem dem Uhrzeiger entgegengesetzten Sinne um den Winkel α dreht, sich dabei auf die nördlich angrenzende Masse hinaufschiebt und die östliche Fortsetzung der gedrehten Masse wieder in W—E-Richtung verläuft, sollte dabei der Sektor abc' an der Vorderseite der Schubmasse und ein Hohlraum von der Gestalt der punktierten Fläche hinter der Schubmasse aufreißen. Der Sektor abc' an der Vorderseite scheint bei Achenkirch wirklich vorhanden zu sein (SPENGLER 1953, S. 47; S. 49, Abb. 6, mittleres Kärtchen), aber der Hohlraum hinter der Schubmasse ist nicht aufgerissen, sondern blieb schon während der Drehbewegung durch von W und S nachdrängende Gesteinsmassen geschlossen (Pfeile!). Das ist aber nur dann möglich, wenn die nachdrängenden Ge-

⁴⁾ Die Verhältnisse an der Achantaler Schubmasse sind im einzelnen verwickelter als es die schematische Abb. 6 zeigt. Vgl. dazu Abb. 2 bei Spengler 1956.

steinsmassen westlich des Meridians c'—b und der Strecke a—d von einer zur Bewegung korrelierten Scherflächenschar durchsetzt sind. Bei Achenkirch handelt es sich offenbar um das primäre Westende der Staufen—Höllengebirgs-Decke, deren Schubweite durch die Länge der zwei nordgerichteten Pfeile veranschaulicht wird. Mit den gestrichelten Geraden ist die Lage vor Eintritt der Drehbewegung bezeichnet.

Ein weiterer Fall, in dem Abwicklungsversuche zu der Erkenntnis führen können, daß zwei oder mehrere Profile einander widersprechen, ist dann gegeben, wenn durch die Abwicklung zwei gleichaltrige Gesteinsmassen an dieselbe Stelle im Ablagerungsraum gelangen, was selbstverständlich unmöglich ist. Auf einen derartigen Fall hat bereits A. SPITZ (1919) hingewiesen. Wenn man nämlich die ARGAND'schen Deckenprofile durch die Westalpen, wo sich eine Drehung aus dem SW-Streichen über S- in E-Streichen vollzieht, abwickelt, so überkreuzen sich die abgewickelten Profile, wodurch ihre Unmöglichkeit bewiesen ist.

Schließlich läßt sich durch Abwicklung zeigen, daß sonst denkbare tektonische Gebilde vom geometrischen und mechanischen Standpunkt aus sehr unwahrscheinlich, vielleicht sogar unmöglich sind. Dazu gehört vor allem die nach allen Seiten überschobene „Pilzfalte“ und „Autochthone Klippe“, die ja nur ein extremer Fall der Pilzfalte ist, bei dem der Stiel gänzlich abgequetscht ist. Vor allem muß festgestellt werden, daß der Raum, den die Gesteinsmasse der Pilzfalte oder der autochthonen Klippe vor Eintritt des tektonischen Vorganges einnahm, mindestens ebenso groß gewesen sein mußte wie die heutige Ausdehnung der Klippe. In den meisten Fällen aber war er wesentlich größer, denn die Klippen liegen uns heute in durch die Erosion stark beschädigter Form vor, da ja der tektonische Vorgang schon viele Millionen Jahre zurückliegt. Durch den tektonischen Vorgang müßte das Loch, welches durch die Herausfaltung oder Herausschiebung der Pilzfalte in der Schichtenfolge entstanden ist, durch einen gegen das Zentrum gerichteten allseitigen Druck sehr verkleinert, ja bei der autochthonen Klippe auf Null reduziert worden sein.

Wenn z. B. die Pilzfalte ursprünglich im Kartenbild kreisförmig war (Abb. 7), so würde der äußere Kreis den ursprünglichen Umfang des „Hutes des Pilzes“ vor Einsetzen der Erosion bedeuten, die zackige Linie den Umfang der heute vorliegenden, durch die Erosion beschädigten Ruine der Pilzfalte, der innere Kreis den Umfang des „Stieles des Pilzes“ bedeuten.

Wenn z. B. am Rande der Pilzfalte Trias auf Jura überfaltet ist, würde die zackige Linie die heutige Überschiebungslinie an der Erdoberfläche bedeuten, der innere Kreis die Grenze zwischen Trias und Jura an der Stelle unterhalb der Erdoberfläche, wo der Triasstiel am schmalsten ist, während der große äußere Kreis die ehemalige Grenze von Trias und Jura nach erfolgtem tektonischen Vorgang, aber vor Einsetzen der Erosion bedeuten würde.

Es müßte also das „Loch“, welches durch die Herausfaltung des Pilzes in der ringsum ungestörten Schichtenfolge entstanden ist, zu Beginn des tektonischen Vorganges den Umfang des großen Kreises gehabt haben und während des tektonischen Vorganges durch gegen das Zentrum des Kreises gerichtete Kräfte (Pfeile!) bis zu dem durch den kleinen Kreis angegebenen Umfang verkleinert worden sein, was eine starke Dehnung des Gesteins in der Richtung gegen das Zentrum bei gleichzeitiger Kontraktion in der Richtung der Peripherie des Kreises bedeuten würde.

Die Punkte a und b in Abb. 7 haben durch den tektonischen Vorgang ihre Lage behalten (sind allerdings heute durch den nachtektonischen Erosionsvorgang verschwunden), die ihnen ursprünglich unmittelbar benachbart gewesenen Punkte A und B hingegen sind in die Lage A' und B' gelangt. Die Entfernung der Punkte A und B voneinander ist also kleiner, die Entfernung von den entsprechenden mit Kleinbuchstaben bezeichneten Punkten hingegen größer geworden.

Man könnte sich allenfalls vorstellen, daß solche gegen das Zentrum gerichtete Kräfte durch eine absteigende Magmaströmung unter diesem ausgelöst wurden. Aber die Wahrscheinlichkeit eines solchen Vorganges ist um so geringer, je kleiner die Pilzfalte oder die autochthone Klippe ist. Es ist daher schon aus diesem Grunde sehr unwahrscheinlich, daß ein so kleines Gebilde wie die Deckscholle des Krabachjochs oder gar der Hasenfluh eine autochthone Klippe ist, wie Max RICHTER 1953, S. 61 und S. 65, annimmt. Dazu kommt, daß es sich hier offenbar um ein verhältnismäßig nahe unter der Erdoberfläche entstandenes tektonisches Gebilde handelt, wo Kalkstein und Dolomit auf die oben erwähnten Zug- und Druckkräfte noch nicht mit plastischer Deformation reagieren.

Aber selbst wenn sich die Gesteine der Kalkalpen dehnen ließen, ohne zu zerreißen, müßten sich infolge des gegen das Zentrum des Kreises stetig zunehmenden peripheren Druckes⁵⁾ gegen das Zentrum an Intensität zunehmende radial streichende Falten⁶⁾ in der Unterlage der Pilzfalte oder autochthonen Klippe bilden, wovon im Untergrunde der Krabachjochklippe nichts zu sehen ist.

Die Sache wird auch nicht wesentlich anders, wenn man als primäre Form der autochthonen Klippe statt des Kreises eine Ellipse, ein Dreieck, Viereck oder eine unregelmäßigere Form annimmt.

Nur dann, wenn die ursprüngliche Form des tektonischen Gebildes eine sehr langgestreckte Gestalt hatte (Abb. 8), ist es leicht möglich, daß wirklich eine Pilzfalte oder eine autochthone Klippe vorliegt. Hier genügen

⁵⁾ Genauer: Eines in der Richtung der Tangente zur Peripherie des Kreises wirkenden Druckes.

⁶⁾ Zur Veranschaulichung des Vorganges schneide man aus einem Kleiderstoff ein kreisförmiges Stück heraus, schließe das entstandene Loch durch Zusammenziehen des Stoffes, wobei sich vom Loch ausgehende radiale Falten bilden müssen, und näh: das herausgeschnittene Stück wieder darauf.

zwei gegeneinander gerichtete Kräfte wie bei einer normalen Antiklinale, um das Gebilde zu erzeugen (LOTZE, Abb. 9).

Albert HEIM scheint bei der Pilzfalte, deren Profil in der „Geologie der Schweiz“ II/1, S. 18, Fig. 6 A, abgebildet ist, eine Pilzfalte nach dem Schema Abb. 8 und LOTZE, Abb. 9, zu meinen, also ein Gebilde, welches nur in der Schubrichtung einen pilzförmigen Querschnitt zeigt, in der Richtung des Streichens jedoch nicht. Das ergibt sich aus den Worten auf S. 19: „beidseitig überliegendes pilzförmiges Faltenpaar, eine Pilzfalte“.

In Abb. 8 bedeuten die beiden äußeren Geraden die Ränder der Pilzfalte vor Einsetzen der nachtektonischen Erosion, die beiden inneren Geraden die heutige Begrenzung des Stieles (bei einer voll entwickelten autochthonen Klippe wären die beiden inneren Geraden durch 1 Gerade ersetzt; siehe LOTZE, Abb. 9, unterste Fig.), die gezackte Linie die heutige Form der durch die Erosion beschädigten Ruine der Klippe.

Die Punkte a, b und c haben durch den tektonischen Vorgang ihre Lage behalten (sind allerdings heute durch den nachtektonischen Erosionsvorgang verschwunden), die ihnen ursprünglich unmittelbar benachbart gewesenen Punkte A, B und C sind in die Lage A', B' und C' gelangt. Im Gegensatz aber zu Abb. 7 ist hier die Entfernung der Punkte A und B voneinander gleichgeblieben. Wickelt man diese Pilzfalte ab, so gelangen die Punkte A, B und C wieder in ihre ursprüngliche Lage und es zeigt sich, daß durch den tektonischen Vorgang der Raum mindestens um den Betrag der Pfeillängen schmaler geworden ist als der Ablagerungsraum.

Auch hier gilt der Satz, daß der Zusammenschub im Streichen nicht plötzlich zu Ende sein kann. Daher muß eine Pilzfalte oder autochthone Klippe nach Schema Abb. 8 an beiden Enden in einen normalen Sattel übergehen, der dann im Streichen durch Verflachen in söhnliche Lagerung übergehen kann.

Das scheint mir — soweit ich es ohne Kenntnis der geologischen Verhältnisse in der Natur und der sonstigen geologischen Literatur über die Pyrenäen beurteilen kann — bei der von LOTZE S. 1—5 beschriebenen Klippenreihe in den westlichen Zentralpyrenäen der Fall zu sein. Sehr wichtig scheint mir die Tatsache zu sein, daß die Klippe des Igounee-Massivs nicht auf allen Seiten auf Kreide aufragt, sondern daß an ihrem W- und E-Ende der Zwischenraum zwischen ihr und der nächsten Klippe von steil aufgerichteter Trias eingenommen wird (siehe tektonische Übersichtskarte bei LOTZE, Abb. 1), so daß der die Klippe mit dem Untergrund verbindende „Stiel“ unmittelbar zu sehen ist, den LOTZE in den Abb. 5 und 9 im Profil dargestellt hat. Ich zweifle daher nicht daran, daß LOTZE diese Klippen mit Recht als autochthone Klippen deutet¹⁾.

¹⁾ Ein ganz anderer Fall liegt bei Lotze, Abb. 6, 7, 8, vor. Hier handelt es sich offenbar nicht um Pilzfalten, sondern um Salzstöcke, die besonderen Gesetzen unterworfen sind.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei der Klippe des Krabachjochs in den Lechtaler Alpen. Hier ist nach AMPFERER's Karte und nach der tektonischen Skizze RICHTER's (S. 64, Abb. 8) weder am Westende (westlich der Rüchispitze) noch am Ostende [unterhalb des Schwarzen Kranzes⁸⁾] eine Andeutung eines Stieles zu sehen, welcher die Klippe mit ihrem Untergrunde verbindet, sondern die Klippe ruht auf allen Seiten auf Kreideschiefern auf. Es ist daher gar kein Anhaltspunkt für die Deutung als autochthone Klippe vorhanden. Dazu kommt noch, daß die Krabachjochklippe, wie AMPFERER 1914 gezeigt hat, aus zwei Decken besteht: einer tieferen, aus Hauptdolomit, Rhät und Jura aufgebauten (Inntaldecke nach AMPFERER, Untere Krabachjochdecke nach SPENGLER 1951) und einer höheren, aus Mittel- und Obertrias aufgebauten (Krabachjochdecke nach AMPFERER, Obere Krabachjochdecke nach SPENGLER), die überdies eine vom Schichtkopf des Südrandes der Kalkalpen abweichende Fazies besitzt. Es müßte sich also hier der Vorgang der Bildung einer autochthonen Klippe an derselben Stelle zweimal vollzogen haben, was wohl der Gipfel der Unwahrscheinlichkeit wäre.

Bei einem „Herauswürgen“ im Sinne von RICHTER müßten die Triaskalke und Dolomite in eine chaotische tektonische Breccie verwandelt worden sein, eine so gute Erhaltung des Schichtverbandes sogar in den Tonschiefern und Mergeln der Partnachschiechten und in den Sandsteinen und Rauhacken der Raibler Schichten, wie es die Obere Krabachjochdecke zeigt, wäre unmöglich.

Es bleibt also gar nichts anderes übrig, als die Klippen des Krabachjochs und der Hasenfluh als durch die Erosion isolierte Reste von zwei Decken zu betrachten, welche aus dem Raume südlich des heutigen Südrandes der Kalkalpen an ihre jetzige Stelle geschoben wurden, wobei aber kein Fernschub erforderlich ist. Für die untere Decke würde eine Schubweite von 11 km, für die obere eine solche von 17 km genügen, wie ich es 1953 in der Karte Taf. I angenommen habe. Bezüglich der Fallesinspitze möchte ich mich erst äußern, bis die neue Arbeit von R. HUCKRIEDE (Marburg) erschienen ist.

(Bei der Schriftleitung eingegangen am 26. Jänner 1956.)

⁸⁾ Vgl. dazu Ampferer 1914, Tafel XIV, und Ampferer 1932, Abb. gegenüber S. 101.

LITERATUR.

- Ampferer, O.: Über den Bau der westlichen Lechtaler Alpen. — Jb. Geol. R.-A., Wien 64, 1914.
- Geologische Karte der Lechtaler Alpen (Arlberg-Gebiet). Samt Erläuterungen. — Geol. B.-A., Wien 1932.
- Cornelius, H. P.: Zur Selbstverzerrung der Faltenzüge im Gefolge der Orogenese. — Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., Abt. I, 153, Wien 1949.
- Heim, Albert: Das Säntisgebirge. — Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, N. F. XVI, 1905.
- Geologie der Schweiz, Leipzig 1919—1921.
- Lotze, F.: Über „autochthone Klippen“, mit Beispielen aus den westlichen Pyrenäen. — Nachrichten d. Gesellsch. d. Wiss. Göttingen, math.-phys. Kl., Fachgr. IV, Bd. 1, 1934—40. Erschienen 1941.
- Richter, M. und Schöneberg, R.: Über den Bau der Lechtaler Alpen. — Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 105, 1953. Erschienen 1954.
- Schwinner, R.: Der Begriff „Scherung“ in der Tektonik. — Centralbl. f. Min., Geol. u. Paläont. 1928.
- Spengler, E.: Über die Länge und Schubweite der Decken in den nördlichen Kalkalpen. — Geolog. Rundschau XIX, Berlin 1928.
- Zur Verbreitung und Tektonik der Inntaldecke. — Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 102, 1950, erschienen 1951.
- Versuch einer Rekonstruktion des Ablagerungsraumes der Decken der Nördlichen Kalkalpen. — Jb. Geol. B.-A. Wien, I. Teil, 96, 1953; II. Teil, 99, 1956.
- Spitz, A.: Fragmente zur Tektonik der Westalpen und des Engadin. V. Betrachtung über die Bogenform der Westalpen. — Verh. Geol. R.-A., Wien 1919.
- Staub, R.: Der Bau der Alpen. — Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, N. F. 52, 1924.

E. Spengler: Über den Wert von flächenhaften Abwicklungsversuchen für die Erkenntnis tektonischer Vorgänge

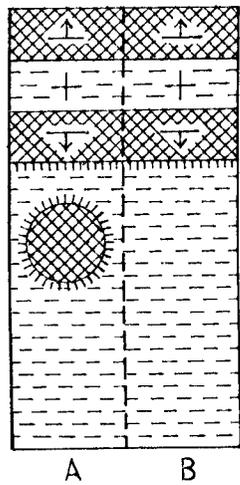


Abb. 1

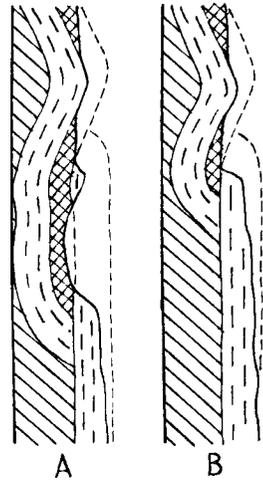


Abb. 2

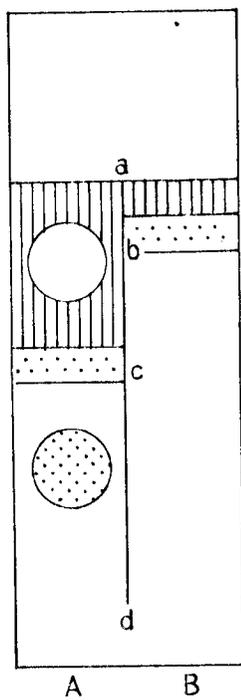


Abb. 3

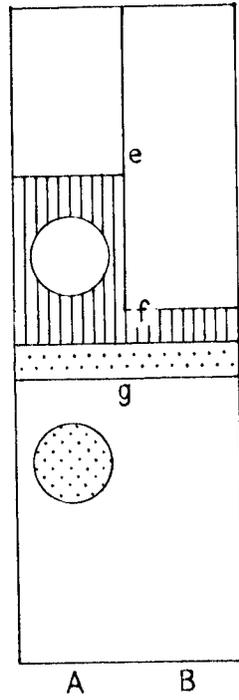


Abb. 4

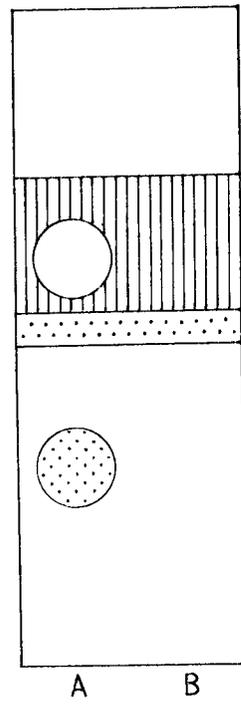


Abb. 5

E. Spengler: Über den Wert von flächenhaften Abwicklungsversuchen für die Erkenntnis tektonischer Vorgänge

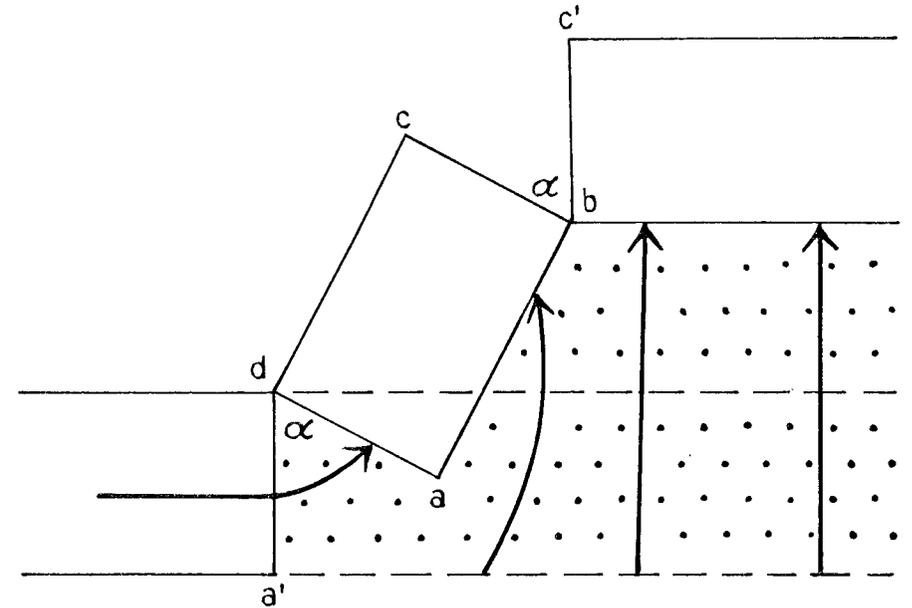


Abb. 6

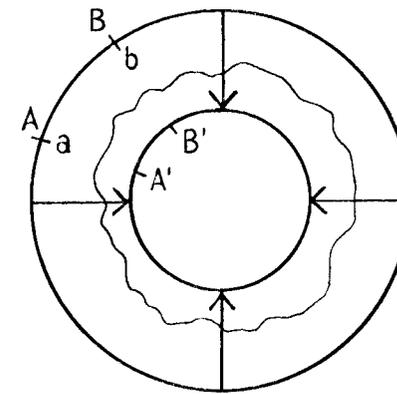


Abb. 7

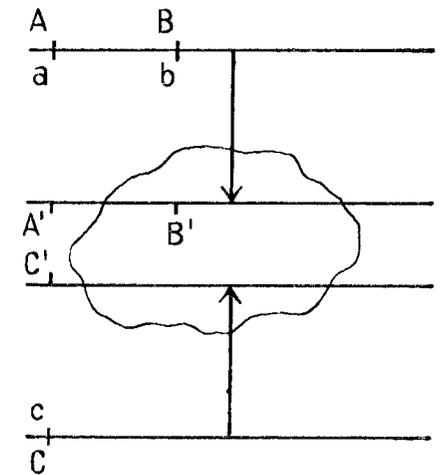


Abb. 8