

Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse  
vom 24. Februar 1949

Sonderabdruck aus dem Anzeiger der math.-naturw. Klasse der  
Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Jahrgang 1949, Nr. 4

(Seite 86 bis 93)

Das korr. Mitglied Hans Peter Cornelius legt ferner eine kurze Mitteilung vor:

„Zur Kritik der Gleithypothesen der Gebirgsbildung“ von Hans Peter Cornelius.

Der Gedanke, den faltenden Zusammenschub, wie er das wesentlichste Charaktermerkmal des Kettengebirges darstellt, auf Gleitbewegungen im Schwerfeld zurückzuführen, ist nicht neu. Zum erstenmal ausgesprochen wurde er anscheinend, wie ich einem sehr dankenswerten Sammelreferat von Gb. Dal Piáz entnehme, von L. Bombicci (1882), speziell im Hinblick auf den nordöstlichen Appennin. Bekannter geworden sind die gleichzeitigen Versuche von Ed. Reyer (1888, 1892). Allein einmal waren die von ihm angeführten Beispiele z. T. wenig überzeugend, z. T. direkt unrichtig beobachtet<sup>1</sup>; und anderseits konnte er gegenüber der Autorität von Ed. S u e s s nicht aufkommen.

So blieb die Gleithypothese zunächst ziemlich unbeachtet; bloß H. Schar dt hat sie von seiner ersten Arbeit (1893) an für die Bewegung der Préalpes-Decken vertreten (genauer für deren zweite, abwärtsgerichtete Phase, nachdem sie in einer ersten durch Zusammenpressung bis zu ihrer höchsten Höhe aufgestiegen sein sollten). Im Zusammenhang mit der Erkenntnis der großen flachen Überschiebungen wurde sie dann in unserem Jahrhundert von verschiedenen Seiten wieder hervorgeholt; so vor allem von A m p f e r e r (1906 und viele spätere Arbeiten, die nicht alle hier angeführt werden können). Viele andere sind ihm gefolgt (vgl. das erwähnte Sammelreferat von Gb. Dal Piáz); darunter ein weiterer Klassiker der Alpengologie: M. L u g e o n und E. G a g n e b i n, 1941, wollen die Wanderung der Romanischen Decken der Westschweiz, bzw. Savoyens — von welchen vor rund einem halben

---

<sup>1</sup> Dies nach K a y s e r s Lehrbuch der Geologie II, 7. u. 8. Auflage, S. 324.

Jahrhundert die Erkenntnis des Deckenbaues der Alpen ausging — an den heutigen Ort als Gleitung unter dem Einfluß der Schwere deuten. In erster Linie beziehen will ich mich im folgenden jedoch auf E. H a a r m a n n und R. W. v a n B e m m e l e n, welche die Gleithypothese in ihre Universal-Hypothese zur Erklärung der Gebirgsbildung eingebaut haben.

Beide unterscheiden Primär- und Sekundär-Tektogenese<sup>2</sup>. Die erstere umfaßt vertikale Hebungen mit magmatischem Antrieb, „Geotumoren“ H a a r m a n n s, der sie auf Gleichgewichtsstörungen infolge von Verlagerungen der Erdachse zurückführt, welche ihrerseits durch kosmische Einflüsse, vermutlich Änderungen der Gravitationskraft der Sonne (!?), bedingt sein sollen. Das ist eine Kette von v o l l k o m m e n h y p o t h e t i s c h e n Vorgängen! Ansprechender ist die Erklärung, die v a n B e m m e l e n seinen „Undationen“ zu Grunde legt: Herausdifferentiation leichteren, sialischen Magmas aus dem primären, die Sialkruste unterlagernden Salsima; ersteres steigt nach oben und veranlaßt dort, wo es sich ansammelt, Auftreibungen der Kruste.

Sekundär-Tektogenese soll nun dadurch zustande kommen, daß von diesen Hebungsgebieten die Schichten unter der Einwirkung der Schwere in die benachbarten Senken abgleiten, sich dabei falten und übereinanderschieben. D. h. alles, was wir als Kennzeichen eines Faltengebirges anzusehen gewohnt sind, wird in dieser Weise aufgefaßt. Verschmälerung des gefalteten Krustenstreifens wird damit ebenso ausgeschaltet<sup>3</sup> wie das Problem, was mit den tieferen, nicht in die Faltung eingehenden Krustenteilen geschieht. Das mag als ein Vorzug dieser Hypothesen erscheinen; ebenso, daß die Bewegung auf eine überall wirksame, in ihrer Wirkungsweise wohlbekannte Kraft zurückgeführt wird. Daß die Erhebung der gefalteten Zonen zum Gebirge in einem nachträglichen, neuerlichen Akt vertikaler Hebung gesucht wird, stimmt in der Hauptsache mit den Beobachtungen überein.

<sup>2</sup> Die Neuprägung des Wortes „Tektogenese“ für Orogenese scheint mir eine überflüssige Bereicherung unserer ohnehin mit Fachausdrücken reichlich überladenen Nomenklatur. Philologische Bedenken sollten nie maßgebend sein für die Ersetzung eines alteingebürgerten Fachausdruckes durch einen neuen! Der ganze Effekt ist, daß wir anstatt eines solchen glücklich zwei haben, da ein Teil der Autoren am alten festhält, ein Teil den neuen vorzieht.

<sup>3</sup> A m p f e r e r ist da weit vorsichtiger: er schreibt (1942, S. 10) ausdrücklich, „...daß man mit den Gleitfaltungen n i e m a l s e t w a d a s v o l l e A u s m a ß d e r Gebirgsbildung, sondern nur jeweils Teile derselben erklären kann. Es handelt sich also hier nicht um eine Theorie der Gebirgsbildung, sondern nur um Teilerklärungen...“ (Sperrungen von mir). — Ebenso kommen L u g e o n und G a g n e b i n nicht aus ohne Zusammenpressen des Untergrundes, über welchem sodann die Deckschichten unter Schwere-Wirkung abgleiten.

Aber wie sieht es sonst mit der Wahrscheinlichkeit dieser Hypothesen aus?

Da ist zunächst ein fundamentaler, methodischer Fehler festzustellen: um das Dasein des bestehenden Gebirges zu erklären, benötigen die Gleithypothesen ein anderes, zumeist überhaupt nicht nachweisbares (s. unten!), von weitaus größerer Höhe und weitaus größerer Masse! Denn eine abgleitende Masse kann sich niemals zu mehr als einem Bruchteil der Höhe anhäufen, von welcher sie herkommt — das wäre im Widerspruch mit dem Energie- wie mit dem Entropiesatz; und sie kann auch nie mehr als einen Bruchteil der Bodenerhebung umfassen, von welcher die Abgleitung erfolgt. Die Gleithypothesen müssen also eine um ein vielfaches größere Masse der Erdkrinde bemühen, als die ist, deren Bewegung erklärt werden soll. Mehr noch: sie müssen nicht nur die Hochhebung jener hypothetischen Masse in Szene setzen, sondern, da eine solche heute nicht mehr existiert, auch für ihr Wieder-Verschwinden besorgt sein. Das allein sind Gründe genug, um den Wahrscheinlichkeitsgehalt jener Hypothesen außerordentlich gering zu veranschlagen.

Darüber hinaus müßte der Geologe fordern, daß für die einstige Existenz solcher Aufwölbungen geologische Belege aufzufinden wären. Aber wie steht es z. B. mit der „Meso-Undation“, von der nach van Bemmelen 1933 die Decken der Alpen abgeglitten sein sollten? Er sucht sie im Bereich der Adria und Po-Ebene; aber da war, nach allem was sich aus den randlichen Sedimenten schließen läßt, um die kritische Zeit im Jungmesozoikum fast überall Meer (die Zeichen von Landnähe im Vicentin hören mit dem Lias auf; sie sind vielleicht überhaupt eher auf einzelne vulkanische Inseln zu beziehen als auf eine zusammenhängende adriatische Landmasse). Und wie soll man sich mit der Existenz der südalpinen Zone mit ihren südwärts gerichteten Schuppen abfinden? Sollen auch sie nach N abgeglitten sein? Oder sollen die Nordalpen-Decken über sie hinweggegangen sein? Weder das eine noch das andere wird einem Kenner der Verhältnisse zusagen! Man möchte glauben, daß van Bemmelen deshalb diese Schwierigkeiten unterschätzt hat, weil er das Opfer einer gewissen, die Südfaltung bagatellisierenden Literatur geworden ist.

Versucht man nun aber, die Heimat der nordalpinen (oberostalpinen) Decken in die Alpen selbst zu verlegen und damit die hypothetische Meso-Undation, so fehlt auf dem zentralalpinen Altkristallin der Platz dafür. Denn dieses hat an mehreren Stellen Reste seiner eigenen Trias-Bedeckung gewahrt, im Brenner-

gebiet sogar als fast geschlossene Brücke (Kalkkögel-Tribulaun); und ihr fehlt der Grauwackensockel, der die nordalpine Trias mit Transgressionsverband trägt: ein Gegensatz, der es verbietet, die ganze Nordalpen-Trias auf den Zentralalpen wurzeln zu lassen.

Ampferer 1942 verlegt, im Bewußtsein dieser Schwierigkeiten, die Heimat seiner nordalpinen Gleitdecken unter die Zentralalpen. Diese hätten eine Verschluckungszone nachträglich zugeeckt, in welcher das Heimatgebiet jener Decken verschwunden wäre. Daß auch dieser Ausweg ungangbar, zeigen die östlichen Nordalpen, wo die Kalkalpen von der (durch variskische Bewegungsflächen unterteilten) Grauwackenzone, diese vom Altkristallin normal unterlagert wird.

In dem pannonischen Bereich ist ebensowenig Platz für eine „Meso-Undation“. Denn in ihn reicht die südalpine Trias des Bakony hinein und verrammelt den Weg von dem angeblichen Störungszentrum zu den westkarpathischen Decken. Denn über den Bakony können diese unmöglich geglitten sein!

Einzig im Falle der Tyrrhennis ist an dem für ein solches Gebilde geforderten Ort wenigstens eine alte Landmasse nachweisbar. Sie hat das süd- und mittelitalienische Tertiär mit Geröllern beliefert. Aber diese Gerölle sind bereits im Alttertiär Kristallingesteine; zu einer Zeit also, da das erst im jüngeren Tertiär gefaltete Mesozoikum des Südpennins noch auf jener Landmasse gelegen haben müßte, wenn man seine Faltung auf ein Abgleiten von ihr zurückführen will.

Jede Gleitung erfordert ein entsprechendes Gefälle. Und das können die Gleithypothesen in den seltensten Fällen nachweisen! Eine Ausnahme machen Lugeon und Gagnebin, wenn sie wenigstens für das Einwandern der Préalpes-Decken in die Molasse-Vortiefe auf das dortige Senkungsgebiet hinweisen; ob freilich das Gefälle groß genug war, um eine Gleitung zu ermöglichen, ist auch hier eine andere Frage! Ampferer glaubt im Falle der helvetischen Decken der Glarner Alpen das Gefälle in deren heutigem Abstieg von der Scheitelzone über das Aarmassiv zu der Senkungszone im Norden verwirklicht zu sehen. Dieser Abstieg mag suggestiv wirken. Allein wer da ein Abgleiten im Schwerefeld sehen will, der bedenke, daß die helvetischen Decken ja nicht auf dem Aarmassiv zu Hause sind; daß er sie also zuerst entgegen der Schwere von Süden auf das Massiv hinaufschaffen müßte! Und weiter, daß die helvetischen Decken auch dort, wo das Aarmassiv im Untertraucht, ihren tektonischen Stil beibehalten — bis

ins Allgäu hinein! Und zu allem Überfluß ist die Erhebung des Aarmassivs mindestens zum großen Teil erst nach der Bewegung der helvetischen Decken erfolgt. — Weitere Einwendungen, die Oberholzer und Heim erhoben haben, sollen hier nicht wiederholt werden; nur auf eines sei noch hingewiesen: die helvetischen Decken sind nicht auf einen Tiefseeboden aufgefahren, sondern „branden“<sup>4</sup> an einem von der Erosion bereits durchtalteten Gebirge. Eine Gleitbewegung müßte also auf trockenem Lande vor sich gegangen sein und nicht untermeerisch, wofür eventuell ein schwächeres Gefälle ( $4,4^{\circ}$  nach Arn. Heim) genügen könnte; dies allerdings auch nur unter der Voraussetzung, daß es sich um breiig-weiche Massen handelt.

Man hat manchmal den Eindruck, daß die Gleithypothesen letzteres annehmen<sup>5</sup>. Es genügt, diesbezüglich auf die Beweise aufmerksam zu machen, die schon vor 70 Jahren Albert Heim (1878/II, S. 5 ff.) beigebracht hat, dafür, daß die tektonischen Deformationen in den Alpen schon diagenetisch verfestigte Gesteine betroffen haben; eine Erkenntnis, die wohl auf die allermeisten Fälle verallgemeinert werden darf. Gar nicht zu reden von Bewegungsflächen, die in diskordante Schichtfolgen älterer orogener Zyklen, ja ins kristalline Grundgebirge eingreifen (ostalpine Decken!). Wenn da Gleitungen unter dem Einfluß der Schwere erfolgen sollen, dann reicht ein Gefälle von  $10\text{--}20^{\circ}$  bestimmt nicht aus. Auch dann nicht, wenn man mit Ampferer eine Erleichterung der Bewegung durch häufige Erdbeben annimmt. Kennen wir doch genug z. T. viel steilere Böschungen auch in seismisch aktiven Gebieten — bis zu Höhen von vielen 1000 m — denen es garnicht einfällt, zu gleiten!<sup>6</sup>

<sup>4</sup> Das Bild der Brandung gibt zwar den Eindruck, den das Querprofil bietet, treffend wieder; es ist aber insofern unglücklich gewählt, als es naiven Gemütern die Vorstellung zu suggerieren geeignet ist, die Auffahrt der Decken auf das Molasse-Vorland sei durch die lebendige Kraft einer vorausgehenden schnellen Abwärtsbewegung bedingt.

<sup>5</sup> Ampferer 1941 spricht die Bedingung für die von ihm angenommene Ableitung der liegenden Falten im Sonnwendgebirge klar aus, daß dieselbe die Gesteine im „teigweichen“ Zustande betroffen habe. Diese Bedingung ist zweifellos nicht erfüllt, da das wichtigste Material dieser Falten gewachsene Riffkalke sind, die sich vom Moment ihrer Ablagerung weg niemals in weichem Zustande befunden haben.

<sup>6</sup> Das „Beispiel von Sekundärtektogenese“, das van Bemmelen 1934 aus Java beschreibt, betrifft meines Erachtens eine einfache lokale Abrutschung großen Stils, wie wir sie von zahllosen Orten kennen. Was sie mit „Tektogenese“ zu tun haben soll, ist nicht ersichtlich.

Wenn es sich bei den alpinen Decken um Gleitgebilde handelte, dann wäre ganz unwahrscheinlich die weite Kontinuität im Streichen, wie wir sie von vielen Decken kennen. Auch wenn wir absehen von Fällen, wo eine solche Kontinuität nur konstruiert ist — manche Tektoniker sind bekanntlich groß in solchen Konstruktionen! — so bleibt doch immer noch genug wirklich beobachtetes übrig: die Wildhorn-Drusbergdecke fast durch die ganze Erstreckung der helvetischen Alpen; die Préalpes médianes von Sulens bis zu den Mythen; die Lechtal-Lunzer Decke vom Rhätikon bis zum Wiener Becken (wenn nicht bis in die Tatra!); usw. Einheitliche oberflächliche Massenbewegungen von solcher streichender Erstreckung sind wohl unannehmbar!

Am größten aber werden die Schwierigkeiten dort, wo eine Decke eine scharfe Bogenkrümmung mitmacht. Solche Fälle sind allerdings Ausnahmen; aber sie kommen vor: „axialer Karbonfächer“ bzw. St. Bernhard-Decke der Westalpen. Van Bemelen (1933, S. 689) meint solche Fälle mechanisch einwandfrei nur erklären zu können mit der Annahme, daß das Material vom Zentrum gegen außen gegliitten wäre. Allein bei einer Abgleitung nach z. T. diametral entgegengesetzten Richtungen könnte nie ein schön geschlossener Bogen herauskommen: er müßte unbedingt zerreißen!

So enthüllen die Gleithypothesen eine Menge von Widersprüchen, sobald man sie an konkreten Tatsachen prüft. Dies gilt auch von anderen Hypothesen, welche sogenannte Sekundärtektonogenese zu Hilfe nehmen; z. B. der von Rittmann aufgestellten thermodynamischen. So ansprechend sie bezüglich der magmatischen Vorgänge ist, versagt sie gänzlich bei der Erklärung dessen, was doch eigentlich das Wesen der Kettengebirgstektonik ausmacht: der Faltungs-(bzw. Überschiebungs-)Erscheinungen.

Alles in allem: die angeführten Hypothesen sind durchaus nicht geeignet, die Erscheinungen unserer Faltengebirge verständlich zu machen. Ohne eine entsprechende Annäherung der beiderseitigen Vorländer kommt man nun einmal nicht aus. Womit jedoch weder für die Kontraktions- noch für die Kontinentaldrift-Hypothese eingetreten werden soll; mit der Annahme des Motors in der heißen Tiefe unter dem Kettengebirge scheint mir Ampferer unbedingt im Recht! Und ebensowenig sei natürlich behauptet, daß die Schwerkraft für die Ausgestaltung der Tektonik belanglos wäre; ist doch ihrer Einwirkung kein Gegenstand auf Erden entrückt. Speziell für tiefere tektonische Bereiche — penninische Zone! — scheint mir ein Fließen im Schwerfeld durchaus diskutabel.

### Angeführte Literatur:

- Ampferer, O.: Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen. — Jb. geol. Reichsanst. 56, S. 539—622; Wien 1906.
- Über die Gleitformung der Glarner Alpen. — Sbr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl. Abt. I, 143, S. 109—121; Wien 1937.
- Tektonische Nachbarschaft Karwendel—Sonnenwend-Gebirge. — Sbr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl. Abt. I, 150, S. 181—199; Wien 1941.
- Über die Bedeutung von Gleitvorgängen für den Bau der Alpen. — Ebendort 151, S. 9—26; Wien 1942.
- van Bemmelen, R. W.: Die Anwendung der Undationstheorie auf das alpine System in Europa. — Proc. Akad. Wetensch. Amsterdam 36, S. 686—693; Amsterdam 1933.
- Ein Beispiel für Sekundärtektogenese auf Java. — Geol. Rdschau 25. S. 175—194; Berlin 1934.
- The Undation Theory of the development of the Earth's Crust. — C. R. XVI. Intern. Geol.-Kongr. Washington, 1935.
- Bombicci, L.: Il sollevamento dell'Appennino bolognese per diretta azione della gravità e delle pressioni laterali, con appendice sulla origini e sui reiterati trabocchi delle argille scagliose. — Mem. Acc. Sci. Bologna, ser. IV, 3, S. 641; Bologna 1882 (cit. nach Dal Piaz).
- Dal Piaz, Gb.: L'influenza della gravità nei fenomeni orogenetici. — Atti Accad. Sci. Torino 77/78, S. 1—36; Torino 1943.
- Haarmann, E.: Die Oszillationstheorie. Eine Erklärung der Krustenbewegungen von Erde und Mond. — Stuttgart 1930.
- Heim, Alb.: Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung. Zürich 1878.
- Lugeon, M. und Gagnebin, E.: Observations et vues nouvelles sur la géologie des Préalpes romandes. — Bull. Lab. Géol. etc. Univ. Lausanne No. 72; Lausanne 1941.
- Oberholzer, J. und Heim, Alb.: Zu Otto Ampferers „Gleitformung der Glarner Alpen“ und „Flimser Bergsturz“. — Ecl. geol. Helv. 27, S. 507 bis 516; Basel 1934.
- Reyer, E.: Theoretische Geologie. — 1888. Ursachen der Deformationen und der Gebirgsbildung. Leipzig 1892.
- Rittmann, A.: Zur Thermodynamik der Orogenese. — Geol. Rdsch. 33, S. 485 bis 498; Stuttgart 1942.