

# VERHANDLUNGEN

DER

## GEOLOGISCHEN BUNDESANSTALT

Heft 2

1953

**Inhalt:** E. Clar, Zur Einfügung der Hohen Tauern in den Ostalpenbau. — R. W. van Bemmelen, Die endogene Energie der Erde. — H. Holzer, Über die phyllitischen Gesteine des Pinzgaues. — H. Flügel, Die Querstruktur von Semriach bei Graz. — H. Paschinger, Der Tonaufschluß bei der Stefansbrücke im unteren Silltal. — O. Schmidegg, Die Silltalstörung und das Tonvorkommen bei der Stefansbrücke (südlich Innsbruck). — S. Prey: Streiflichter zum Problem der „Scherlinge“ in der Pyschzone. — H. Holzer und Kl. Küpper jun., Geologische Beobachtungen am Hollingstein (Waschbergzug). — G. Fraisl und W. Heißel, Über die Fossilfunde in den Fuscher Phylliten. — Buchbesprechungen.

NB. Die Autoren sind für Inhalt und Form ihrer Mitteilungen verantwortlich.

**Eberhard Clar, Zur Einfügung der Hohen Tauern in den Ostalpenbau.** Inhalt eines Vortrages in der Geol. Gesellschaft in Wien am 14. November 1952.

In der geologischen Erforschung der Hohen Tauern stehen wir heute unter Führung der Geologischen Bundesanstalt wieder in einer Phase der Detailarbeit, der mehr ins einzelne gehenden Neuerhebung des Beobachtungsbestandes und der sichereren Abklärung grundlegender Fragen der Stratigraphie, der Metamorphose, des Magmatismus und der Tektonik. Dadurch, zusammen mit einer Fülle von Aufgaben kleineren und oft praktischen Rahmens ist die Erörterung der großtektonischen Zusammenhänge mit Recht wenigstens vorläufig in den Hintergrund gedrängt und es können für die Ostalpen nebeneinander die zusammenfassenden Deutungen von Kober, Staub und Kraus ohne lebhafte Debatte bestehen.

Solche Versuche zur zusammenfassenden Erklärung des Gebirgsbaues befruchten die Untersuchungen der Aufnahmegeologie durch die sich aus örtlichem Rahmen allein nicht ergebenden Fragestellungen, solange sie nicht als Thesen behandelt werden, die auch in Einzelheiten nicht mehr abzuändern sind. Gerade als Rahmen- oder Modellvorstellungen regen sie die Beachtung und Überprüfung oft überraschender Zusammenhänge und die fortgesetzte Erprobung ihres Erklärungswertes für Einzelbeobachtungen und für allgemeinere Zusammenfassungen an.

In der Deutung des geologischen Aufbaues und der Stellung der Hohen Tauern im Ostalpenbau vereinigt nach Meinung des Verfassers die Deckenlehre in ihren extremen Fassungen — also etwa in den Grundzügen dessen, was die Synthesen von Kober und Staub gemeinsam haben — überlegene Erklärungswerte. Keine der entgegengestellten Deutungen (wie überwallte Nische, Scherenfenster mit Rahmenteilern verschiedener Herkunft, umgeformte zen-

tralpine Insel mit alten Strukturen oder die neue Deutung von Kraus) vermag für eine ganze Reihe grundlegender Tatsachen (wie Anordnung der Faziesbereiche, Auflagerungsverband der Nordalpen, Belastung und Innenbau der Tauern selbst usw.) eine ebenso einfache und zusammenhängende Lösung bereitzustellen, wie die Deutung der Tauern durch die Deckenlehre als tektonisches Fenster mit gleichzeitiger Annahme einer Heimatberechtigung der Nördlichen Kalkalpen in einem Sedimentationsraum, der südlich des Ablagerungsgebietes des Tauernmesozoikums gelegen war. Ich möchte mich ohne Anführung von Einzelheiten dabei nicht beziehen auf die Schöpfer und Erweiterer der Deckenlehre zu ihrer heutigen, sozusagen schulmäßigen Form, sondern vor allem auf einen unserer großen Meister der unvoreingenommenen Feldgeologie, H. P. Corneliu s. Was er 1940 „Zur Auffassung der Ostalpen im Sinne der Deckenlehre“<sup>1)</sup> geäußert hat, gilt wohl heute wie damals.

Die Achillesferse — wenn man so sagen darf — der Deckenlehre in ihren heutigen Formen liegt neben einer gewiß übertriebenen Schematisierung der Zusammenhänge tektonischer Einheiten vor allem in den Vorstellungen vom Mechanismus der Bewegungen, die zur Erklärung der beobachteten Gesteinsanordnung aufgeboten werden.

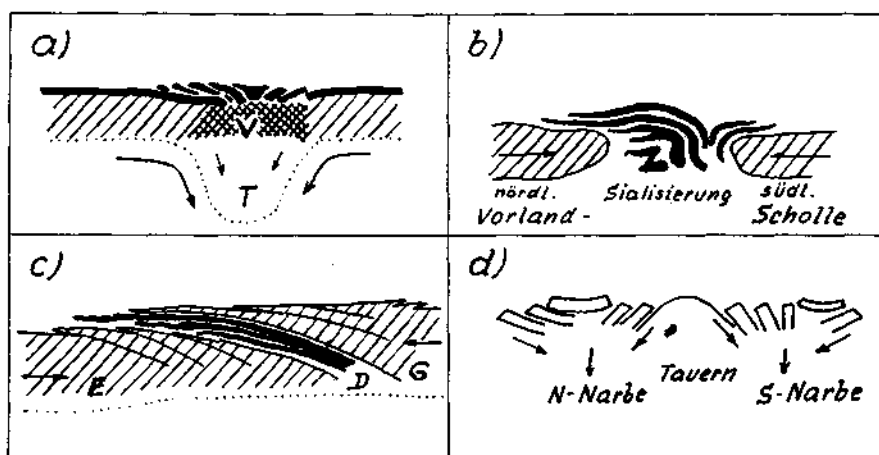


Abb. 1. Schematische Strichskizzen zu den wichtigsten zusammenfassenden Deutungen des alpinen Deckenwalles.

- Die rein geometrisch notwendige „Verschluckungszone“ (V) O. Ampferrers unter dem Deckengebirge gedeutet durch „Unterströmung“ mit Bildung eines Sial-Tiefenwulstes (T).
- Auspressen der Decken zwischen näherrückenden starren Schollen, skizziert nach Abbildungen von L. Kober.
- Aufschiebender Stoß des Gondwanablocks (G) gegen den europäischen Kontinentalsockel (E) mit zwischenliegendem Deckenland (D), nach R. Staub.
- Deutung durch Einsaugen in zwei parallele, inneralpine Verschluckungszonen, skizziert in Anlehnung an E. Kraus.

<sup>1)</sup> Zeitschr. Deutsche Geol. Ges., 92, 1940.

Auch darin ist eine Berufung auf hervorragende Männer der Ostalpenforschung am Platze. So haben u. a. weder der anerkannte Meister in der Auflösung ostalpiner Bewegungsbilder, O. A m p f e r e r, noch der Schöpfer des modernen Einblickes in die Verformung unseres Metamorphikums B. S a n d e r die Vorstellung für annehmbar gefunden, daß der alpine Deckenhaufen durch ein Auspressen zwischen starren Vorlandsschollen zustande gekommen sei oder daß die dünne, noch dazu vielleicht schon früher vorgosauisch angekerbte Sedimentdecke der nördlichen Kalkalpen durch den Stoß einer starren Scholle von Süden über die Wölbung der Tauern getrieben worden sei; sei es nun die alpin-variszische und die adriatische Vorlandsscholle nach K o b e r oder der Stoß des Gondwanablockes gegen den eurasiatischen nach S t a u b (Abb. 1 b und c).

In der Meinung des Verfassers ist es nach dem Vorstehenden nicht nur wert, das „ob“ der von der Deckenlehre geforderten Verschiebungen zu diskutieren, sondern viel mehr als bisher die Möglichkeiten des „wie“. Denn es ist kaum zweifelhaft, daß die Deckenlehre dann eine einmütige grundsätzliche Annahme finden wird, wenn es gelingt, sie mit einer, den feldgeologischen und petrotektonischen Befunden angemessenen Vorstellung des zugehörigen Bewegungsbildes auszustatten.

E. K r a u s hat versucht, in seinen großangelegten Werken neuere Vorstellungen über das Zustandekommen der Einengungszonen unserer Gebirge im einzelnen auf die Alpen anzuwenden. Er geht aus von der „Verschluckungshypothese“ O. A m p f e r e r s. Diese ist eigentlich keine Hypothese, sondern zunächst nur ein einfaches aber zwingendes geometrisches Postulat. Wo die Deckschichten übereinandergestapelt werden, kann die entsprechende Einengung des Untergrundes nur durch dessen teilweises Hinabgehen nach unten, eine Verschluckung, erzielt werden. Die geometrischen Überlegungen über die Zufaltung von Verschluckungszonen, die O. A m p f e r e r 1942<sup>3)</sup> in einer Arbeit über Gleitvorgänge offensichtlich mit Anlehnung an Bauformen des Penninikums angestellt hat, haben allerdings nicht bestätigenden Anklang gefunden; wohl weil das A m p f e r e r näherstehende Inventar der kalkalpinen Bewegungsformen dem Typus dieser Zone nicht gerecht werden kann. Aber dieser Versuch zeigt doch, daß A m p f e r e r geneigt war, ungefähr im Raume des Penninikums eine Verschluckungszone in seinem Sinne zu sehen.

Nach heutigem Stande<sup>3)</sup> ist wohl das beste Bild oder die beste Modellvorstellung für das Zustandekommen eines solchen Massenschwundes in einer Verschluckungszone das der U n t e r s t r ö m u n g, eines abwärtsführenden Massenstromes, dessen physikalische Deutung hier außer acht bleibt<sup>4)</sup>. In dieser Modellvorstellung kommt im Querprofil die Einengung des Untergrundes unter den

<sup>3)</sup> Sitzber. Ak. d. Wiss. Wien, 151, 1942.

<sup>3)</sup> Siehe dazu schon F. H e r i t s c h, Grundlagen der alpinen Tektonik, 1923.

<sup>4)</sup> Siehe u. a. R. S c h w i n n e r, Der Begriff der Konvektionsströmung in der Mechanik der Erde; Gerlands Beitr. Geoph., 58, 1941.

gefalteten und sich überschneidenden Deckschichten durch einen Massenstrom zustande, der von beiden Seiten die Vorlandsschollen herandrückt und etwa in der Gebirgsachse absteigend die „Verschluckung“ bewerkstelligt (Abb. 1a). Die nachweisbare Auswirkung dieses absteigenden Massenstromes ist der „Sial-Tiefenwulst“ unter dem Gebirge, dessen erschließbare Anordnung und Ausdehnung kürzlich für den Mittelabschnitt der Hohen Tauern Exner<sup>5)</sup> so übersichtlich dargestellt hat. Eine Verschluckungszone im Gebirge kann ihrem Sinne nach, sofern entsprechende geophysikalische Daten vorliegen, nur in diesem Sial-Tiefenwulst lokalisiert sein. Sein Wiederaufstieg, ob nun rein isostatisch oder noch tektonisch unterstützt, schafft die Erhebung der eingegengten Zone zum Gebirge.

Die Annahme von absteigenden Massenströmen dieser Art und ihre Auswirkungen in den Deckschichten sind das Gerüst der Deutungen von E. Kraus (das Wort „Abbau“ für diesen Vorgang scheint auch dem Verfasser nicht glücklich und für andere Erscheinungen vergeben). Leider hat Kraus dabei nicht in umfassenderer Anlage den Versuch unternommen, den vorhandenen Ordnungsgedanken der Deckenlehre mit diesem verbesserten Mechanismus auszustatten.

E. Kraus macht die Annahme von zwei im Alpenkörper längsreichenden Verschluckungszonen unter einer nordalpinen und einer südalpinen „Narbe“, je unter den die Tauern im Norden und in einigem Abstände auch im Süden begleitenden Steilstellungszonen. Die Hohen Tauern mit ihren im Querprofil nach Nord und Süd einfallenden durchbewegten Flanken seien geformt unter dem Einfluß dieser beiden einsaugenden „Narben“ (Abb. 1d). Nach dem Eindruck des Verfassers konnten die in den Hohen Tauern arbeitenden Geologen ganz einheitlich diesem Deutungsversuche nicht zustimmen. Denn trotz ungeheuerlicher, noch nicht völlig durchschaubarer Komplikation, trotz Richtungswechsel oder auch Überlagerung von Achsenplänen beherrscht die Tauerntektonik doch sichtbarlich ein großzügiger und einheitlicher Schwung, der nicht sozusagen als ein Durcheinander aus dem Wechselspiel antagonistischer Tendenzen verstanden werden kann. Schon 1940 hat H. P. Cornelius demgegenüber ausgesprochen, daß ein Nebeneinanderlaufen paralleler Einsaugungsstreifen ganz unwahrscheinlich und erst nach Entstehen eines zentralen Tiefenwulstes zu verstehen wäre. Wir müssen in unserer Modellvorstellung mit nur einer Verschluckungszone für das ganze Gebirge auslangen, ohne damit anzuschließen, daß sie sich im Weiterstreichen unter einer durch größere Zwischenmassen angezeigten Gabelung eben geteilt hat.

In einer Ablehnung der Deutung von E. Kraus sei jedoch der weiterführenden Gedanken in ihr nicht vergessen; das ist in unserem Zusammenhange die scharfe Betonung, daß wir uns das Werden des Gebirgsgefüges mehr als üblich als eine Anschoppung nach unten („Hinabbau“) mit erst späterem Aufsteigen vorstellen sollen;

<sup>5)</sup> Ch. Exner, Der rezente Sial-Tiefenwulst unter den östlichen Hohen Tauern; Mitt. Geol. Ges. Wien, 39.—41. (1946—48), 1951.

weilers auch die kritische Einstellung gegenüber der scharfen Phasengliederung aus der Vorstellung heraus, daß ein tektonisch versinkender, dabei aber in Funktion bleibender Sedimentationstrog seine Bewegungen nicht vollständig durch Erosionsdiskordanzen anzeigen wird.

Wenn man nun die Modellvorstellung des einsaugenden Massenströmens unter dem Gebirge anwenden will, wird man doch nicht fordern, daß die Strömungsbilder im Gebirge selbst sichtbar werden, nur in den tektonisch tiefsten Zonen wird die Bewegungsform dem nahe kommen können. Einem solchen Massenströmen vergleichbar sind, wenn irgendwo in den Alpen aus alpidischer Zeit, am ehesten Bewegungsbilder im Penninikum.

Bei Betrachtung in genügend großen (Kilometer-) Bereichen kann man in diesen Bewegungsbildern wohl ein Strömen, eine raumstetige Bewegung kleiner Teilchen sehen mit dem nach B. Sander typischen Merkmal der „Unzerrissenheit verformter Vorzeichnungen“. Beispiele für solche geben uns etwa die schmalen „verwalzten“ Schichtbänder und Deckenlamellen, die oft über Verformungen hinweg auf weite Strecken verfolgbar bleiben, obzwar ihnen keinerlei mechanische Selbständigkeit mehr zuzusprechen ist und obwohl es sich in der Analyse durch B. Sander am Tauernwestende um „gemischte Areale“, das ist Teildecken- und Teilwurzel-land handelt. Mit einem solchen Massenströmen unter hoher Belastung, meist laminar, stellenweise mit den Fließwirbeln der Falten, sind wohl auch die Querwalzen von Exners Tiefensog und tief-taurider Tektonik<sup>6)</sup> vereinbar. Wenn sich so die Bewegungsform dieser Zone dem annähert, was man als Massenströmen im Untergrund des Gebirges zu erwarten hat, so braucht es sich darin noch keineswegs um die gegenüber der Gesamtheit des oberflächlich sichtbaren Gebirgsgefüges „aktive“ Zone handeln.

In diesem Bild des Massenströmens ist die heutige, scharf her-austretende Kuppelform der Tauern nicht befriedigend. Diese Form ist, um mit Ampferer zu sprechen, nicht bewegungs-fähig, sicherlich aber keine notwendige Beigabe dieses Bewegungs-bildes.

Nachdem schon A. Winkler-Hermaden 1923 eine jüngere, abtrennbare Phase im Sonnblick erkannt hatte, sprechen insbesondere Exner, aber auch Schmidegg verschiedentlich von einem (späteren) Auftauchen oder Herausheben der Tauern aus dem Ost-alpin und eine spätere Verschärfung der Kuppelform ist vor allem durch Exners Pochartgewölbe bewiesen, durch morphologische Studien und den Geröllbestand des Tertiärs (A. Winkler-Hermaden) nahegelegt. Damit ist aber auch, von Gedanken über ein verständlicheres Bewegungsbild ausgehend, die Frage zu stellen, ob diese Kuppelform der Tauern zur Gänze — bzw. fast zur Gänze mit Ausnahme einer Anlage dazu — sekundär, in theoretisch trenn-

<sup>6)</sup> Dazu und als ausgezeichnete kurze Übersicht heute wichtigster Tauernfragen siehe Ch. Exner, Geol. Probleme der Hohen Tauern, Verh. Geol. B.-A. Wien, Sonderheft C, 1952.

barer Phase als rückformbare Verkrümmung eines früher gestreckteren Bewegungshorizontes gewölbt sein kann.

Da diese Frage anscheinend noch nicht in so scharfer Form gestellt worden ist, fehlen nach Einblick des Verfassers noch zwingende Belege dafür oder dagegen; sie ist jedoch einer feldgeologischen, gefügekundlichen und petrotektonischen Überprüfung zugänglich. Während in den flacheren Firstteilen der Kuppel eine entsprechende rückformbare Verkrümmung quergerichteter B-achsialer Bauelemente bereits erwiesen ist, wäre in den steil abtauchenden Flanken eine starke Überformung des älteren Gefüges in randparallelen Streifen zu erwarten. Im Süden wurde ein solcher Fall kürzlich von G. Frasl<sup>7)</sup> berichtet, am Nordrand der östlichen Tauern ist die Frage noch offen, während sie vielleicht im Westen schon aus den vorhandenen Achsenstudien beantwortet werden könnte. Verfasser denkt hier an die jungen O—W-Achsen, die nicht tektonischen Transport, sondern nur Einengung anzeigen. Die vermutete Aufwölbung der Kuppel kann sowohl nur mit postkristalliner, wahrscheinlicher aber auch schon mit präkristalliner Verformung verbunden gewesen sein.

Eine spätere Aufwölbung der Tauernkuppel würde noch schärfer als in der üblichen Fassung der Deckenlehre bedeuten, daß das heutige Nebeneinander von Tauerninnerem und weiterem Rahmen ein früheres Untereinander sein kann, daß wir also stetige präkristalline Verformungen in der Tiefenzone des Tauerninneren in Parallele setzen dürften zu brechenden Verformungen nach zuordenbarem Plane im Rahmen. Als erläuterndes Beispiel ist an die Richtungsübereinstimmung des „dinarischen Ablenkens“ der Mölltalinie im Drautal mit dem NW-Streichen im Sonnblickgebiete gedacht; ebenso an die auffällige Diskrepanz der Dichte und auch des Ausmaßes der Bruchverstellungen einer jungen „germanotypen“ Tektonik zwischen Tauerninnerem und Ostalpin.

Machen wir nun diese Vermutung einer späteren Aufwölbung der Tauernkuppel zur Annahme und versuchen wir damit gemäß obigen Überlegungen eine schematisierte Modellvorstellung des Bewegungsbildes und anderer Erscheinungen in einem Ostalpenquerschnitt durch die Tauern aufzubauen, so erweist sie sich als verblüffend arbeitsfähig.

Durch die gedachte Rückformung werden die Tauern noch besser vorstellbar das, als was sie B. Sander schon 1916<sup>8)</sup> gekennzeichnet hat: ein gegen Süden absteigender Bewegungshorizont mit wachsenden Relativverschiebungsbeträgen gegen Norden in jeweils höheren Niveaus. Die letztere Kennzeichnung ist ohne Änderung des Bewegungsbildes auch zu formulieren als wachsende Relativverschiebungsbeträge gegen Süden in jeweils tieferen Niveaus. Und in dieser Fassung ist dieses Bewegungsbild nun vorstellbar als Hangendbereich eines gegen Süden absteigenden tieferen Massen-

<sup>7)</sup> Aufnahmsbericht Bl. Rauris, Verh. Geol. B.-A. Wien, 1952.

<sup>8)</sup> Zur Geologie der Zentralalpen, Verh. Geol. R.-A. Wien, 1916.

stromes, über dem die Verformungsart dann allmählich in Schollen-Zerlegungen und Block-Verschiebungen abwandelt.

In der beigegebenen Abb. 2 soll in a) ein Querschnitt durch den ostalpinen Sedimentationsraum skizziert sein, unter dem ein Massenstrom gegen Süden in Gang gebracht sei, der in einer „Verschluckungszone“ auf den zur Herstellung eines Gleichgewichtes oder eines Widerstandes notwendigen Gegenstrom trifft und mit ihm steil absteigt. Die eingetragene Untergrenze der Kruste kann, aber muß nicht, als Sial-Sima-Grenze aufgefaßt werden. Ohne mögliche Ursachen (wie ehemalige Formung der Sial-Untergrenze), die heute noch kaum schärfer faßbar sind, zu diskutieren, sei die Anordnung so, daß: der mit H bezeichnete Bereich ohne wesentliche Verformung herandrifft, der Bereich P hingegen als damals labilster

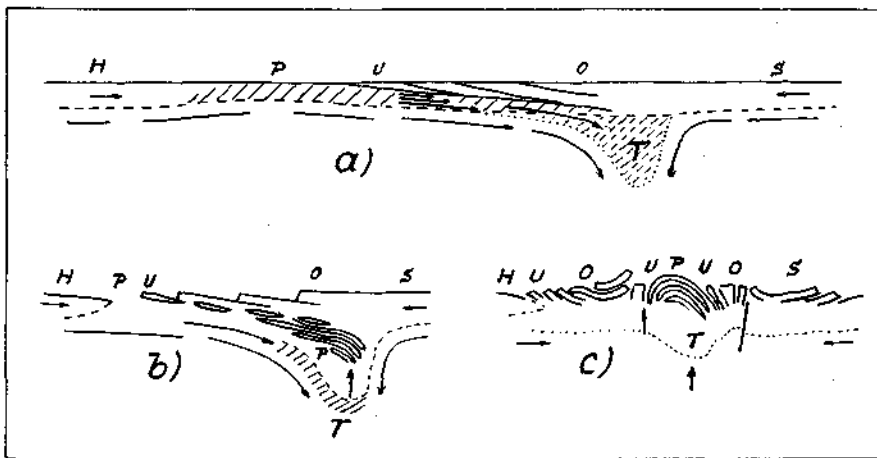


Abb. 2. Schematische Strichskizzen zu der im Text erläuterten Modellvorstellung.  
 a) Einschleppen des Pennin-Bereiches und anschließender Krustenteile durch Unterströmung in den Tiefenwulst (T) der Verschluckungszone.

b) Zentraler Sial-Transport nach oben bei weiterem Ausbau des Tiefenwulstes (Schraffen) und gleichzeitiger Einengung.

c) Rezente Annäherung an einen Ruhezustand.

Sonstige Bezeichnungen siehe Text.

Geosynklinalstreifen nachgibt, eingemuldet und eingeeengt wird, so daß ihn allmählich der Massenstrom erfaßt und mitflößt; mit zunehmender Tieferschaltung geht dabei auch seine Bewegungsform in Strömen über, während der Bereich U noch erfaßt und in Schollen zerlegt, aber nicht mehr stetig durchbewegt wird und in den höheren Teilen von O infolge zunehmender Entfernung vom absteigenden Massenstrom im wesentlichen nur mehr Verschiebungen sich verformender Blöcke eintreten. Die eingetragenen Pfeile sollen eine zunehmende Relativverschiebung jeweils tieferer Niveaus andeuten.

Als Ergebnis dieser Bewegungen ist eine Massenanordnung zu erwarten, wie sie in b) der Abb. 2 zu skizzieren versucht wird. Es ist

dies bereits grundsätzlich die Massenanordnung, die die Deckenlehre annimmt, jedoch ohne die Kuppelform der Tauern. Die oben verwendeten Buchstaben bedeuten dann: S Südalpen, O Oberostalpin, U Unterostalpin, P Pennin, H Nordrand der Geosynklinale mit helvetischer Sedimentdecke.

Das skizzierte Bewegungsbild ist naturgemäß in einigen wesentlichen Zügen nur eine Umkehrung der bislang angenommenen Decken-„Schübe“, aber doch nicht nur eine Umkehrung. Zunächst fehlt im Gegensatz zu letzteren jegliches „Übersteigen“ einer (erst später aufsteigenden) Tauernkuppel und da diese Bewegungen keine wesentliche Gebirgserhebung begleitet, jeder Transport entgegen der Schwere. Die mechanische Bedeutung dieses Unterschiedes ist jedem einsichtig, der einmal Lasten verladen hat oder Ski läuft. Nur in der Größe der Reibung werden sich die beiden Bilder nicht unterscheiden. Gegenüber dem durch sie übertragenen Driftbestreben des tiefen Massenstromes muß der Platte des Oberostalpin mit spitz keilförmigem Querschnitt immerhin auch noch hier die nötige Steifheit verliehen werden, daß sie unter Verformung liegen bleibt. Dazu kann man sich vorstellen, daß der Schubwiderstand in der fließenden Zone geringer ist als an „totgelaufenen“ versteilten Schubflächen der Deckschichten; man könnte aber auch umgekehrt schließen, daß eben schon der Zuschnitt der liegenbleibenden ostalpinen Decke gerade durch dieses nicht im einzelnen überprüfbare Verhältnis bestimmt ist.

Nebenbei sei hier vermerkt, daß es in einem solchen Bewegungsbilde nur mehr wenig weiterführen dürfte, über das Maß der „Autochthonie“ in verschiedenen Gebirgsstreifen zu debattieren. Denn verbindet man sinngemäß mit dem Begriff des Strömens auch den einer Ortsveränderung gegenüber einem Bezugssystem, in dem das Nichtströmende als ruhend gedacht ist, so haben gerade die bislang als relativ autochthon betrachteten innersten Pennintteile korrelat zu stärkster Durchbewegung auch stärkste Ortsveränderung, während in den tektonisch höchsten, wenig verformten Massen neben der Erhaltung „typisch autochthoner“ Strukturen der tiefere Untergrund weitgehend ausgewechselt sein kann. Der Begriff der Autochthonie bleibt nur sinnvoll, wo der bezügliche Untergrund definiert ist, wie im Verhältnis der helvetischen Decken zu den Zentralmassiven.

In unserer Skizze ist angenommen, daß die „Verschluckungszone“ in ihrer Lage relativ zum ruhend gedachten Oberostalpin von Anfang festgelegt gewesen sei. Das ist nicht notwendig, sondern es mag die Vorstellung etwas erleichtern, wenn wir sie weniger weit südlich des Penninraumes (nicht in ihm) beginnen und im Laufe der Gebirgsbildungsära unter fortschreitender Aufzehrung des Ostalpinuntergrundes weiter nach Süden wandern lassen. Dann ist auch das plötzliche Anschwellen des altkristallinen Untergrundes im Oberostalpin südlich von ihr nicht Ursache, sondern Wirkung ihres Endstandes. Ob diese Vorstellung leistungsfähiger ist, wird vielleicht an einer Analyse baugeschichtlicher Daten unterscheidbar werden.



In unserer Modellvorstellung sei also nun dort, wo die von den Seiten herankommenden Tiefenströme sich nach abwärts wenden, in der oben skizzierten Weise durch Mitströmen von Sial ein Sial-Tiefenwulst gebaut; seine höchsten Teile werden kennzeichnende Merkmale des Bewegungsbildes der Tauerntektonik aufweisen. Wenn die Anschoppung solcher Massen im Zentrum zwischen den beiden absteigenden Strömen ein gewisses Ausmaß erreicht hat, kann ein weiterer Anbau nur nach außen und unten geschehen. Mit der Vorstellung eines Anschoppens werden aber gleichzeitig, etwa im Sinne der von W. Schmidt<sup>9)</sup> dafür abgeleiteten mechanischen Überlegungen, auch „Einwickelungen“ von geradezu jedem beliebigen Ausmaße verständlich, ja werden zu einer fast notwendigen Beigabe des Bewegungsbildes<sup>10)</sup>. In der Skizze sei dies alles nur durch eine schematische Linie vom Stil der „Simplontektonik“ angedeutet.

Ein Aufsteigen dieses Tiefenwulstes — oder von Teilen von ihm — nach oben kann nun jedenfalls nicht nur auf isostatischem Wege und nicht erst dann eintreten, wenn die Tiefenströmung zur Ruhe gekommen ist. Es müssen vielmehr auch dann, wenn die Tiefenströmung weitergeht und nach außen und unten weitere Sialmassen anbaut, in den inneren Teilen starke Auftriebstendenzen wirksam werden, die dem Wachstum des Tiefenwulstes im Gleichgewicht mit der Schleppkraft der absteigenden Strömung eine Grenze setzen. Und es ist zu erwarten, daß dabei alle geologisch denkbaren Mittel in Bewegung gesetzt werden, um aus den von der Strömung nicht mehr unmittelbar erfaßten inneren Teilen des Wulstes Sial nach oben zu befördern. Dieser Zustand müßte sich folgerichtig aus dem ersten ohne eine ganz scharfe zeitliche Phasentrennung allmählich entwickeln, wobei wir wieder eine der grundlegenden Kennzeichnungen des Bewegungsbildes durch B. Sander einbauen können, das „Überschreiten auftauchender Gneisschwellen“.

Als geologisch zulässige oder notwendige Mittel zum Transport von Sial nach oben sind gruppenweise folgende zu erwarten:

1. Tektonisches Aufsteigen vorgeformter Massen; dem wollen wir die Verkrümmung zur Kuppelform zuschreiben; die unterstützt sei durch weitere Einengung, damit Höhenzunahme des Streifens und isostatischen Auftrieb, ferner allenfalls auch durch Druckwirkungen aus der Ablenkung der von den Seiten herankommenden Massenströme. Mit dieser Vorstellung gehen wir über zur Skizze c) unserer Abb. 2, aus der weitere Folgerungen unten angeführt werden.

2. Magmenaufstieg; ganz im Sinne der von H. Stille seit längerem vertretenen Auffassung wird es in der Tiefe des Sialwulstes zu Wiederaufschmelzungen kommen, durch welche Sialmassen von höherer Teilbeweglichkeit, d. h. als in der Hauptmasse palingene Magmen des synorogenen und subsequenten Magmatismus

<sup>9)</sup> Tektonik und Verformungslehre, 1923.

<sup>10)</sup> Von diesem Gesichtspunkt aus erscheint dem Verfasser z. B. der Gedanke einer Entwicklung der breccienführenden Brenakogeldecke im westlichen Sonnblickgebiet von oben her um die „Deckenstirn“ von Wörth herum weiter diskutierbar.

bereitgestellt werden. Beteiligung primärer saurer Differentiate ist damit nicht ausgeschlossen. Ebenso sei gleich darauf hingewiesen, daß die vorgeschlagene Modellvorstellung nicht verlangt, daß alle granitischen Massen erst dieser tektonischen Umwälzung oder einer einzigen Phase in ihr zugeordnet werden. Denn es ergibt sich sozusagen zwangsläufig, daß auch in der „penninischen“ Zone deren vermutlich ebenfalls schon variszisch gefalteter Untergrund mitverarbeitet sein müßte, wobei also die Mitverwendung variszisch vorgeformten Baustoffes anzunehmen, die Erhaltung variszischer Bauformen selbst aber in diesem Bewegungsbilde unwahrscheinlich wäre.

3. Lösungsbewegungen; solche werden notwendig verbunden sein mit den beiden vorgenannten Vorgängen und sind ohne Schwierigkeit vorstellbar in einem, klassische Batholithintrusionen ins Dachgebirge weit übertreffenden Ausmaße, so daß sie ebenfalls als wesentliches Mittel des Stofftransportes aufscheinen können. Die Modellvorstellung gibt in gleicher Weise Raum für Granitisationen, für hydrothermale Stoffverschiebungen im Zusammenhang mit einer in bezug auf die eigentliche Einströmbewegung postkinematischen, metamorphen Kristallisation (Tauernkristallisation) und schließlich in deren Gefolge auch für das Abwandern pneumatolytischer bis hydrothermalen Erzlösungen, die gleichzeitig und ohne eine systematische Trennbarkeit als Differentiate aus der Kristallisation aufsteigender Magmen und aus den Lösungsbewegungen der „regionalen“ Metamorphose aufgefaßt werden müssen. Die Breite der aufeinanderfolgenden Metallzonen dieser Vererzung ist vergleichsweise ungewöhnlich groß, ebenso die Metallteufe in Einzellagerstätten. Beides ist letztlich diktiert vom Wärmegefälle im betreffenden Bereiche zur Zeit der Vererzung und wird dadurch verständlich, daß dieses Wärmegefälle eben das einer „regionalen“ Metamorphose war, nicht das einer normalen Plutonit-Intrusion. Wenn sich die grundsätzlich gleichartige zonare Vererzung über das Tauernostende hinaus durch die steirisch-kärntnerischen Alpen bis in den Wechsel und die Karpaten fortsetzt, so ist dies im Sinne unseres Bildes wohl nur als ein Hinweis darauf zu deuten, daß sich auch unter der Hebungszone des oberostalpinen Kristallin der Tiefenwulst mit gleichartigen Erscheinungen — wenn auch nicht mit den gleichen tektonischen Elementen des Pennin — nach Osten fortsetzt.

Schließlich ist noch anderer Auswirkungen des hier als Modellvorstellung skizzierten Bewegungsbildes zu gedenken. Wir verbinden in unserer Vorstellung die Aufkuppelung der Tauern als Aufsteigen aus dem zentralen Sial-Tiefenwulst ursächlich mit einem Fortschreiten der Einengung des Gesamttraumes. Darin ist, wie die einfachen Linien der Skizze 2c) im Grundsatz anschaulich machen sollen, in verschiedenen Entwicklungsstadien Raum gegeben u. a. für folgende Vorgänge: Ein Abwandern und Beiseiteschieben von Deckschichten der sich erhebenden Aufwölbung, wobei nun tatsächlich wenigstens lokal Gefälle auftreten sollen, die Schweregleitungen in den Deckschichten für sich allein oder in Über-

lagerung mit Seitenschüben und Einengung in Gang bringen könnten. In den durch die zentrale Wölbung nun oberflächlich oder nur untergrundmechanisch getrennten Bereichen nördlich und südlich von ihr sind nun Bewegungen zu erwarten, wie sie in den Deutungen von E. Kraus das Wesen des Baues ausmachen; nämlich etwa das beidseitige im Modellschnitt gegen Nord und Süd gerichtete Ausschleichen hoher Einheiten, z. B. mit den bekannten Südüberschiebungen am Kalkalpensüdrand, und das zunehmende Einbeziehen jüngerer Randablagerungen in den Gebirgsbau. Ferner schafft fortdauernde Einengung zugleich mit dem Auftauchen einer zentralen Schwelle wieder die Voraussetzungen, aus denen W. Schmidt die weitverbreitete Steilstellung älterer Überschiebungsbahnen ableitet.

Fortdauernde Aufwölbung und der Aufstieg der zentralen Gebirgsteile läßt diese allmählich unter Nachlassen der Lösungsbewegungen zu einer Art Block erstarren, der brechender Verformungen fähig wird und randlich abreißen kann. Beobachtungsvorlagen für diesen Vorgang würden etwa die Nordrandstörung der mittleren Tauern von W. Heißel oder in großartigster Form die Insubrische und Pusterer Linie (H. P. und M. Cornelius) als Abrißlinie des aufsteigenden Sial-Tiefenwulstes geben. Verf. glaubt, daß die Vorstellung von Abrißbewegungen des aufsteigenden Tiefenwulstes schon in früheren Phasen der Entwicklung — immer die angedeutete und nicht zureichend erklärte Asymmetrie des Strömungsbildes vorausgesetzt — eine verständliche Deutung enthalten kann für die Entwicklung eines scheinbar posttektonischen Plutonismus und des subsequenten Magmatismus südlich der Gebirgsachse. Wir könnten damit wieder zurückkehren zu einem der weitblickenden Gedanken von B. Sander, daß nämlich die „periadriatischen“ Intrusiva und die oder manche der „Tauernzentralgneise“ gemeinsamer Herkunft, aber verschiedenen tektonischen Schicksales seien.

Die Möglichkeiten einer konkreten zeitlichen Aufgliederung und Zuordnung des hier skizzierten Bewegungsbildes sind bislang nur roh überprüft. Es bestehen in dieser Hinsicht wohl genau die gleichen Fragen, Probleme und Aufgaben, wie in den ausgearbeiteten Fassungen der Deckenlehre. Ebenso soll hier nicht darauf eingegangen werden, welche Abänderungen notwendig sind, um eine analoge Modellvorstellung für westalpine Bereiche zu entwerfen. Der besonders von E. Kraus bearbeitete Gedanke, daß Zonen vergleichbaren tektonischen Schicksales nicht auch überall gleichzeitig aus dem Bereich der Sedimentation ausgeschaltet worden sein müssen, wird dabei von Nutzen sein.

Abschließend sei nochmals hervorgehoben, daß das Vorstehende keine neue Synthese der Ostalpen sein soll. Wohl aber sollte durch die gedrängte Skizzierung einer Art Modellvorstellung der möglichen Bewegungsvorgänge in einem schematisierten Ostalpenquerschnitt gezeigt werden, daß es möglich sein muß, die weittragenden positiven Erklärungswerte der Deckenlehre zu vereinigen mit dem oft ohne oder gegen sie erzielten, aber durch ihre Fragestellung angeregten neueren Fortschritt des Einblickes

in den Mechanismus gebirgsbildender Bewegungen in den Ostalpen. Der eigentliche Zweck der vorstehenden Erörterungen aber wird erfüllt, wenn die ostalpine Aufnahmsgeologie aus anderer Formulierung vorhandener oder vielleicht auch neuartiger Fragestellung weitere Anregungen schöpfen kann.

**R. W. van Bemmelen** (Utrecht), Die endogene Energie der Erde. (Amer. Journ. of Science, Vol. 250, Februar 1952.) Übersetzung: H. Küpper.

#### Zusammenfassung.

Im Kern der Fragestellung steht die Quelle und der Charakter der endogenen Energie der Erde. Ist diese thermischen oder chemischen Ursprungs? Das thermische Konzept mündet in eine Gruppe geophysikalischer und geotektonischer Hypothesen, in welchen Konvektionsströmungen eine wichtige Rolle spielen. Die Vorbedingung für Konvektionsströmungen ist chemische Homogenität des Substrates, in welchem die Strömungen vor sich gehen. Moderne kosmochemische und geochemische Erwägungen jedoch und ebenfalls seismologische Beobachtungen scheinen in Widerstreit mit der genannten Vorbedingung zu sein. Aus diesem Grunde können die Hypothesen, welche ausschließlich die thermischen Quellen der endogenen Energien in Betracht ziehen, vielfältigen Aspekten der geologischen Evolution nicht gerecht werden.

Andererseits zeigen geologische Beobachtungen, daß chemische Prozesse auf ganz normale und systematische Weise mit tektonischen Prozessen verknüpft sind (Vulkanismus, Plutonismus, Metamorphose). Es ist zu erwägen, ob die kosmische Abkühlung der Erde, möglich eine plötzliche Abkühlung infolge der Abtrennung des Mondes in einem frühen Entwicklungsstadium, den Silikatmantel der Erde aus seinem chemischen Gleichgewicht gebracht hat. Das Streben nach Wiederherstellung des physikalisch-chemischen Gleichgewichtes, besonders im äußeren Teil des Silikatmantels, auf dem Wege über Kettenreaktionen, aber auch wieder verzögert durch Unterkühlung, wird als die fundamentale Quelle der endogenen terrestrischen Energie betrachtet, welche wirksam erscheint seit den großen Umwälzungen, die am Anfang der Entwicklung unseres planetarischen Systems stehen.

#### Einleitung.

Die Quelle und Herkunft der endogenen Kräfte ist eines der fundamentalen Probleme der Geologie. Seit der Entstehung unseres Planeten haben sich Deformationen und Transformationen im Silikatmantel der Erde abgespielt. Diese Prozesse dauern auch heute in manchen Gebieten fort und äußern sich in Erdbeben, gravimetrischen und magnetischen Anomalien. Jegliche Betrachtung über Bedeutung und Wechselbeziehung geologischer und geophysikalischer Phänomene leitet über zur Fragestellung nach dem Ursprung der endogenen Energie.