

sind jünger als der kretazisch-tertiäre Deckenbau. Die „norische Ueberschiebung“ trennt zwei verschiedene Komplexe der Grauwackenzone (Metz, 4 b, 1937), zwei beträchtliche Verschiedenheiten der Metamorphose und zwei verschiedene Baustile, denn das obere Stockwerk zeigt nie eine so weitgehende, bis in das Handstück gehende Verschuppung wie die untere Decke. Die Magnesitlagerstätten: haben gegenüber den Cu- und Fe-Vorkommen eine gewisse Selbständigkeit, was auch durch die tektonische Stellung klar wird (hauptsächliche Beschränkung auf die untere Grauwackendecke!). Die Cu—Fe-Vererzung dagegen steigt bis in die Trias der Kalkalpen auf. Die „norische Linie“ ist nach dem Ref. die Bahn, auf der die obere Baueinheit der Grauwackenzone (Silur—Devon) in die jugendliche Saumtiefe gewandert ist. Hiesleitner stellt die Bewegung an der norischen Linie in das Karbon, Gaertner und Haberfelner wollen sie in die saalische Phase setzen, Metz setzt sie in die Zeit Vorgosau bis Eozän. Dann würde die Cu—Fe-Vererzung etwa in das Oligozän fallen, ebenso wie die Radmerstörung.

Wenn wir das, was in neuerer Zeit in der Grauwackenzone geleistet worden ist, überschauen, können wir sagen: Es war ein Weg des Erfolges, wenn es auch noch genug der zu lösenden Fragen gibt. F. Heritsch.

Neue Arbeiten über die Entstehung der Hornsteinbrekzie des Sonnwendgebirges.

- Wähner F.: Das Sonnwendgebirge im Unterinntal. Ein Typus alpinen Gebirgsbaues. I. Teil. Wien u. Leipzig. Verlag Deuticke, 1903.
- Ampferer O.: Studien über die Tektonik des Sonnwendgebirges. Jahrb. Geol. Reichsanstalt, Wien, 1908.
- Heritsch F.: Die österreichischen und deutschen Alpen bis zur alpidinarischen Grenze. Handbuch d. regional. Geologie, II, 5 a, 1915.
- Ampferer O.: Aus dem Nachlaß R. Folgners. I. Der Unterschied der Entwicklung von Jura und Kreide im Sonnwendgebirge und in der Mulde von Aachenkirchen—Landl. Verhandl. Geol. Reichsanstalt, Wien, 1917.
- Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. Jahrb. Geol. Reichsanstalt, 74, 1924.
- Leuchs K.: Die bayrischen Alpen (2. Teil der Geologie von Bayern). Berlin, 1922.
- Ampferer O. u. Th. Ohnesorge: Erläuterungen zu Blatt Innsbruck—Aachensee, 1:75.000. Geolog. Bundesanstalt, Wien, 1924.
- Steinmann G.: Gibt es fossile Tiefseeablagerungen von erdgeschichtlicher Bedeutung? Geol. Rundschau XVI, 1925.
- Ampferer O.: Zur Deutung der Hornsteinbrekzie des Sonnwendgebirges im Unterinntal. Geol. Rundschau XVII, 1926.
- Cornelius H. P.: Ueber tektonische Brekzien, tektonische Rauhacken und verwandte Erscheinungen. Centralbl. Min.-Geol.-Pal. Abt. B, 1927.
- Trusheim F.: Die Mittenwalder Karwendelmulde. Wissenschaftl. Veröffentlichungen d. D. u. Oe. A.-V., Nr. 7. Innsbruck, 1930.
- Spengler E.: Der II. Teil von F. Wähner's Sonnwendgebirge. Centralbl. Min.-Geol.-Pal. Abt. B, 1934.
- Kühn O.: Die Hornsteinbrekzie des Sonnwendgebirges und ihre Korallenfauna. Pal. Zeitschr., 17, 1935.

- Spengler E.: Das Sonnwendgebirge im Unterinntal. Ein Typus alpinen Gebirgsbaues. II. Teil. Leipzig u. Wien, Verlag Deuticke, 1935.
- Ampferer O.: Zur Vollendung des Wähnerschen Werkes über das Sonnwendgebirge durch E. Spengler. Verhandl. Geol. Bundesanstalt, Wien, 1925.
- Spengler E.: Das Problem der Hornsteinbrekzie des Sonnwendgebirges. Verhandl. Geol. Bundesanstalt, Wien, 1935.
- Klebeisberg R. v.: Geologie von Tirol. Berlin, 1935.
- Sander B.: Beiträge zur Kenntnis der Anlagerungsgefüge (rhythmische Kalke und Dolomite). Mineralogische u. Petrographische Mitteilungen, 1936.
- Zum Gesteinscharakter der Hornsteinbrekzie des Sonnwendgebirges. Berichte d. Reichsstelle f. Bodenforschung, Wien, 1941.
- Ampferer O.: Tektonische Nachbarschaft Karwendel—Sonnwendgebirge. Sitzungsberichte Akad. d. Wissensch. Wien. Math.-nat. Kl., Abt. I, 150, 1941.

In dem klassischen Werk, das Wähler (1903) begonnen und Spengler (1935) vollendet hat, steht die Hornsteinbrekzie in der Schichtfolge Weißer Riffkalk: (unterer Teil) — oberräthischer Mergelkalk — Weißer Riffkalk (oberer Teil) — Roter Liaskalk — Radiolariengesteine — Hornsteinbrekzie — Hornsteinkalk usw. Es ist aber doch sozusagen im Mittelpunkt der Erörterungen — eine ganze Reihe von Geologen hat sich mit diesen wichtigen Fragen des Sonnwendgebirges und damit der Nördlichen Kalkalpen überhaupt beschäftigt. Ref. gedenkt der schönen Exkursionen unter Führung des Meisters Wähler, die nun mehr als 30 Jahre zurückliegen. Daher wagt Ref. die folgende Literaturzusammenfassung.

Hier sei nur erinnert, daß das Sonnwendgebirge einen typischen Stockwerkbau hat. Er besteht aus dem aus unteren, aus Trias bis einschließlich Plattenkalk aufgebauten konkordant liegenden Schichten von relativ flach liegender Tektonik. Darüber liegt das zweite Stockwerk, welches die mit Recht berühmten liegenden Falten und Schuppen aufweist und aus der Schichtfolge von den weißen Riffkalcken bis zu den Radiolarianschichten besteht. Ueber diesen fast Nord—Süd streichenden liegenden Falten liegt mit einer scheinbar einfacheren Tektonik das Hangend-Stockwerk, das im wesentlichen die Schichten des Oberjura umfaßt. Es gehen also durch die Tektonik des Sonnwendgebirges zwei große Bewegungsflächen oder besser vielleicht Geflechte von Bewegungsflächen durch: im Rhät und über den Radiolarianschichten.

Im ersten, von Wähler stammenden Teil des Sonnwendwerkes ist der Autor in ausgezeichneten Auseinandersetzungen dafür eingetreten, daß die Hornsteinbrekzie tektonischen Ursprunges sei. Dagegen hat sich Ampferer im Ablauf seiner geologischen Aufnahmen in den Nördlichen Kalkalpen gewendet (1908) und hat eine große Anzahl von Gründen für die sedimentäre Natur der Hornsteinbrekzie vorgebracht: Die regelmäßige Einordnung der Brekzie an derselben Stelle der Schichtfolge, die Verbindung durch Wechselagerung mit den Nachbargesteinen, die lagenweise Ausbildung als Brekzie oder Konglomerat, das Auftreten von Gesteinen oder Schichtreihen, die dem Sonnwendgebirge fremd sind, das Vorkommen von älteren Gesteinen, die den Falten der Gipfelregion (zweites Stockwerk!) fehlen, die Buntheit und Mannigfaltigkeit der Mischung der Komponenten, die Häufigkeit großer Gerölle, das Fehlen

jedes näheren Zusammenhanges mit der benachbarten erzeugenden Tektonik, die Konglomeratnatur des Gesteines an vielen Stellen.

Ampferer stellt sich den Gang der Ereignisse in folgender Weise vor: 1. Verlandung nach Ablagerung der Radiolarienschichten und Schrägstellung der Sedimente. — 2. Gleitfaltung der eben erhobenen Massen. — 3. Eingreifen der Erosion und Bildung der Hornsteinbrekzie. — 4. Erneutes Untertauchen und Fortgang der Sedimentation. — 5. Allgemeine Gebirgsbildung in der Kreidezeit.

Die Vorstellungen von Ampferer fielen auf einen lange vorbereiteten Boden; die Ansicht von der tektonischen Natur der Hornsteinbrekzie hatte eben zu viel Bedenken erregt. Im Jahre 1915 habe ich die Meinung vertreten, daß die Hornsteinbrekzie sedimentär sei und daß bei ihrer Entstehung untermeerische Gleitungen eine große Rolle spielen, bei welchen auch gröberes Material in bedeutende Tiefen gelangen kann. Auch Folgner (siehe unter Ampferer (1917)) hält die Hornsteinbrekzie für ein Sediment und bezeichnet sie sogar als Konglomerat. Auch Leuchs (1922) scheint sich dafür zu entscheiden. — Dagegen erklärte sie G. Steinmann in Begleitung von leicht widerlegbaren Behauptungen (z. B. Liasalter des Hornsteinkalkes und ebensolchen tektonischen Schlässen) für eine tektonische Brekzie. Trusheim (1930) hielt die Hornsteinbrekzie für eine sedimentäre Brekzie, die unter gleichzeitigen tektonischen Bewegungen (kimmerische Gebirgsbildung!) entstanden sei.

Einen weiteren Gesichtspunkt schob Ampferer in die Diskussion (1924). Er hatte (1908) die Sonnwendfalten (zweites Stockwerk!) für jurassische Gleitfalten gehalten und erklärt sie nun (1924) als Schleppefalten unter der darübergegangenen Karwendeldecke (Inntaldecke). Ampferer bringt die Sedimentation der Hornsteinbrekzie mit einer weitgehenden Abtragung bis zum Wettersteinkalk herab in Zusammenhang (Wähner, 1903, hat gezeigt, daß die Plattenkalksteine die ältesten in der Brekzie auftretenden Trümmer seien). Mit den Ausführungen von 1924 ist die Hornsteinbrekzie sozusagen in den Bereich alpidischer Gebirgsbildungen gerückt, während sie früher nur in der kimmerischen Phase eine Rolle spielte.

Im Jahre 1935 erschien des Sonnwendgebirges II. Teil von Spengler als des großen Werkes Abschluß, ebenso bewunderungswürdig wie der von Wähner stammende I. Teil. Spengler schrieb den II. Teil mit feinsten Einfühlung in Wähners Ideen und schuf damit den monumentalen Abschluß.

In großer Breite hat Spengler die Anschauungen gegen die sedimentäre Entstehung der Hornsteinbrekzie zusammengefaßt. Die Brekzie ist ein hauptsächliches Zerstörungsprodukt der Hornsteinkalke, die zwischen den Radiolariensedimenten und dem Oberjurakalk liegen (siehe dazu später Kühn). Gewisse sehr feine Brekzien werden auch von Spengler als sedimentär aufgefaßt — das ist also schon eine leichte Verschiebung des Standpunktes gegenüber dem I. Teil des Sonnwendwerkes. Auf Seite 147 legt Spengler seine eigene Ansicht über die Entstehung der Hornsteinbrekzie dar: Er betont, daß sie ein echtes Reibungsprodukt ist, entstanden im Grenzgebiete von zwei verschieden gebauten tektonischen Stockwerken, welche ich eingangs angeführt habe. Nach Spengler's Monumentalwerk ist also die alte Anschauung von Wähner über die Entstehung der Hornsteinbrekzie wenigstens zum größten Teile zu halten. Entscheidend für Spengler, sich

Wähler ganz anzuschließen, war der Umstand, daß die Hornsteinbrekzie Gesteine aus dem Hangenden, nämlich Oberjurakalke, einschließt.

Von einer anderen Seite versucht Kühn (1935) die Frage aufzurollen. Die Hornsteinbrekzie enthält als Trümmer einen Korallenkalk — den Rofan-Korallenkalk, der nicht so hell wie die darüberliegenden Hornsteinkalke ist. Das neu erkannte, unter dem Hornsteinkalk liegende, fast ganz zur Brekzie aufgearbeitete Schichtglied ist besonders durch zahlreiche, verkieselte Korallen ausgezeichnet. Die Fauna enthält einige Nerineen, ferner eine Reihe von Korallen (vier schon bekannte, sechs neue Arten). Es ist beiläufig Malm beta. Es lassen sich folgende Vorgänge unterscheiden: Sedimentation des Rofan-Korallenkalkes des unteren Malm — Verkieselung, wobei die SiO_2 -Substanz aus dem hangenden Hornsteinkalk stammt; die Verkieselung konnte frühestens im oberen Malm geschehen sein — dann Entstehung der tektonischen Brekzie; der Unterschied in der Faltbarkeit zwischen dem Rofan-Korallenkalk und dem Liegenden ist der Grund der vollständigen Zerschering.

Von dem Standpunkte seiner petrotektonischen Studien aus hat Sander das Problem der Hornsteinbrekzie angegangen (1941) und gelöst. Er fand rein sedimentäre Brekzien und sedimentäre Brekzien mit stärkerer Zerbrechung im Gefüge. Rein tektonische Brekzien ohne brekziöses Vorstadium fehlen. Bisher untersuchte Proben lassen Sander die Entstehung der Brekzie als tektonische Bildung ausschließen. Die Hornsteinbrekzien sind eine überwiegend sedimentäre undurchbewegte Brekzie und aus dieser in einer Zeit wirksamer mechanischer Inhomogenität (zwischen Komponenten und Zwischenmasse) gebildete paradiagenetische Deformationsbrekzie (dazu Sander, 1936, besonders S. 31). Wenn die Fragestellung der Geologen „tektonisch oder sedimentär“ lautet, so heißt die Antwort: sedimentär und ist wegen des Hinweises auf paradiagenetische Durchbewegungen und Inhomogenitätsbrekzien besonders vereinbar mit der Annahme von subaquatischen Rutschungen (Heritsch, 1908). Die weite Ausbreitung, die Darstellung der vorhandenen Deformationsbrekzien im Sinne einer tektonischen Fazies der Sedimentationsbrekzien dürfen wir, meint Ref., von der mit Recht berühmten Schule Sander's erwarten!

Eingangs wurden die Haufen der liegenden Falten des zweiten Stockwerkes erwähnt. Ampferer (1941, S. 194) hat aus dem tektonischen Bilde die Vorstellung abgeleitet, daß aus dem Jurameere sich eine noch weiche Sedimentfolge zu einem Abhange herauswölbte; dann trat die Gleitung der Schichten vom Rhät bis zu den Radiolariengesteinen in mehreren Faltenwellen ein (mit einem annähernden Nord—Süd-Streichen. Die Abgleitung der Falten des Sonnwendgebirges in noch meerfeuchtem Zustande ist von einer Erhebung im Osten geschehen. Ampferer macht auf Faltenzeichnungen, die wohl auf Gleitungen zurückgehen, in der Umgebung aufmerksam (Rote Wand am Fonsjoch, im Jura der Hohen Gans usw. Diese Faltungen mögen mit dem Südknie der großen Jurakreidemulde (Karwendelmulde) und dem Vorstoß Unnutz—Guffert in Zusammenhang stehen. Die Gleitungen der Sonnwendfalten wären dann mit der jungkinmerischen Phase in Zusammenhang zu bringen.

Franz Heritsch.