

**Hermann Veit Graber.** Ueber die Plasticität granitischer Gesteine.

Ausgehend von der gebirgsmechanischen Theorie Heim's stellt Weinschenk<sup>1)</sup> die These auf, dass ausser dem Kalkstein und allenfalls noch dem Thonschiefer kein Gestein einem raschen Druck gegenüber sich plastisch verhalte, ja dass sogar der Dolomit, wo er im dislocierten Gebirge angetroffen wird, niemals ohne bedeutende Brucherscheinungen in seinem Innern deformiert werde. Unter den Mineralien bezeichnet Weinschenk den Quarz geradezu als Gradmesser für Druckbeeinflussungen, und in der That wissen wir, dass dieses Mineral gegenüber mechanischen Angriffen sehr empfindlich ist und mikroskopisch selbst in denjenigen Gesteinen undulöse Auslöschung und Feldertheilung nach der *c*-Achse aufweist, die äusserlich intact aussehen. Sodann erwähnt Weinschenk die von Futterer<sup>2)</sup> beschriebenen „Kaulquappenquarze“ (längliche, schwänzchenartige Quarze) von Thal in Thüringen und meint, dass sie ihre jetzige Form nicht durch Streckung erhalten haben können, weil das allen Beobachtungen am Quarz widerspreche. Was nun diese in einem gepressten Quarzporphyr auftretenden Quarze betrifft, so halte ich noch immer am Riecke'schen<sup>3)</sup> Experiment fest und glaube heute noch, dass besonders in solchen Gesteinen, die in die letzte Erstarrungsphase treten, durch Druck eine Auflösung bereits fester Gemengtheile in der Richtung der Kraft und senkrecht dazu eine neuerliche Krystallisation erfolgt, wodurch die Bildung der Schwänzchenquarze befriedigend erklärt wird. Ja, mir scheint Becke's<sup>4)</sup> Theorie von einer kataklastischen Umformung gemengter Gesteine in höheren und akataklastischen in tieferen Räumen auch auf eine und dieselbe dislocierte Scholle oder Falte übertragbar und für den morphologischen Effect, das heisst, für die Ausbildung der Flaserung an Stelle der ursprünglich körnigen Structur, ist es ziemlich gleichgiltig, ob das Gestein noch im Erstarren war, als der einseitige Druck zu wirken begann, oder ob es erst in grösseren Tiefen plastisch wurde durch einen zum Auflösen bestimmter Gesteinscomponenten eben hinreichenden — gleichsam überschüssigen — Druck<sup>5)</sup>.

Nach Weinschenk ist hauptsächlich die Wucht des Druckes für den Deformationsgrad massgebend, und er macht einen Unterschied

<sup>1)</sup> Weinschenk, Ueber die Plasticität der Gesteine, Centralblatt für Min., Geol. und Pal., Stuttgart 1902, Nr. 6.

<sup>2)</sup> Futterer K., Die Ganggranite von Gross-Sachsen und die Quarzporphyre von Thal im Thüringerwald. Inaug.-Diss. 1890.

<sup>3)</sup> Riecke E. in den Nachr. v. d. kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, math.-phys. Cl., 1894, Nr. 4. Vgl. auch H. V. Graber, Die Aufbruchzone von Eruptiv- und Schiefergest. in Südkärnten. Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. Wien 1897, Bd. 47, Hft. 2, pag. 253.

<sup>4)</sup> Becke F., Vorläufiger Bericht über den geol. Bau und die krystalinischen Schiefer des Hohen Gesenkes (Altwatergebirge). Sitzb. d. kais. Akad. d. Wissensch., math.-naturw. Cl., Cl. Bd., 1. Abth. Wien 1892.

<sup>5)</sup> Noch fehlen in grossartigem Stile durchzuführende Experimente über die Einwirkung mächtiger Drucke auf körnige Eruptivgesteine. Vielleicht wäre es möglich, mittels hohen Druckes die Regulation von gesteinsbildenden Mineralen zu erweisen.

zwischen Gesteinen aus der Nähe von Verwerfungen und denjenigen, die allmählig stärker und stärker gepresst werden, bis der *kritische Punkt der Plasticität der vorherrschenden Gemengtheile im ganzen Gestein überschritten wird und diese mehr oder minder vollständig, jedenfalls aber viel gleichmässiger als im ersten Falle, zertrümmert werden*“ Man sieht, dass Weinschenk's „kritischer Punkt der Plasticität“ sich mit dem Namen „Festigkeitscoefficient“ deckt. Ob er aber (pag. 168) unter „Lösung des inneren Zusammenhanges des Krystalls“ bei Ueberschreitung der Festigkeitsgrenze einen Zerfall des Körpers in seine Molekel oder nur eine Trituration versteht, wird nicht ganz klar, doch scheint fast das letztere der Fall zu sein; denn er spricht von einer weit intensiveren Zermalmung allmählig stärker gepresster Gemengtheile und sagt wörtlich: *Dabei können in den meisten Fällen die biegsameren und plastischeren Gemengtheile recht gut erhalten bleiben, eine Parallelstructur aber wird höchstens dadurch hervorgebracht, dass bei der Gesteinszermalmung parallele Klüfte das Gestein durchsetzen, auf welchen sich durch die Wirkung irgendwelcher Agentien Neubildung von Mineralien einstellt, welche sich diesen feinsten Klüften parallel legen. Durch rein mechanische Einwirkung auf ein festes Gestein ist die Entstehung einer Parallelstructur in demselben undenkbar; dieselbe kann eventuell durch begleitende chemische Prozesse hervorgebracht werden, ist aber dann stets in einer chemischen Veränderung des Gesteines bedingt.*

Dass sich in einem Gestein während der Zermalmung persistierende Klüfte bilden, dass von anderswoher als aus dem Gestein selbst „chemische Agentien“ gleichsam einwandern, dass sich schliesslich überhaupt auf diese etwas unnatürliche Weise Parallelstructur mit chemischer Veränderung des Gesteines bilden soll, ist wenig einleuchtend. Es kommt höchstens zu einer mineralogischen Veränderung des Gesteines.

Schliesslich erwähnt Weinschenk die „Augengneisse“ und kommt zu dem gewiss richtigen Resultat, dass die untereinander (nach *M*) krystallographisch orientierten Feldspathe nicht durch den Druck auf das feste Gestein parallel gedreht wurden, sondern schon orientiert waren. Als Beweis, dass eine solche Drehung unterbleiben kann, nennt er einen porphyrtartigen Granit aus der Vallée d'Ariège in den Pyrenäen und beschreibt dessen Feldspathe als richtungslos zu einander gestellt, mit scharfen krystallographischen Kanten und Ecken in der völlig zerriebenen Grundmasse liegend. Wenn er aber behauptet, dass gerade diese Feldspathe am leichtesten und ohne äussere Verletzung hätten gewendet werden können, weil die zerriebenen Bestandtheile förmlich vorübergeglitten wären, so kann ich mich dieser Auffassung nicht anschliessen, glaube nicht an ein derartiges Ueberdauern der Zertrümmerung seitens der grösseren Einsprenglinge, dass selbst die krystallographische Umgrenzung erhalten bleibt, sondern vermute in den krystallographisch so wohl umschriebenen Feldspathen der Vallée d'Ariège eher Neukrystallisationen aus den durch Druck aufgelösten älteren Feldspathen <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Eine andere Erklärung wäre vielleicht die: Die randlich abgeriebenen grösseren Einsprenglinge heilten, nachdem die Pressungen vorüber waren, durch Absatz neuer Substanz wieder aus.

Es sei nun gestattet, bezüglich der Gesteinsplastizität einige Beobachtungen aus dem oberösterreichischen Mühlviertel beizutragen. Dort folgt <sup>1)</sup> im allgemeinen auf den grobkörnigen Granit der südöstlichen Ausläufer des Böhmerwaldhauptkammes eine porphyrische Mittelzone, die sich durch einen grösseren Reichthum an Biotit und oft gewaltige, nach *M* tafelartig ausgebildete Feldspathkrystalle <sup>2)</sup> auszeichnet und dann in ein mittelkörniges, meist stark geflasertes Gestein („Randflasergranit“) übergeht. Im Mühlthal bei Aigen, der Verlängerung des bairischen Pfahls in den grossen, SO gerichteten Längenthalzug, stehen hart gepresste, an Pfahlschiefer erinnernde Gesteine an, deren genetischer Zusammenhang mit dem Granit des Hauptkammes durch alle möglichen Uebergänge festgestellt werden kann. Das Mühlthal ist, ohne ein Grabenthal zu sein, in eine verkeilte Langscholle eingeschnitten, deren Gestein theilweise aus papierdünnen Lamellen von ausgewalztem Quarz und Feldspath besteht, die durch zarte Häute von schwarzem Biotit-Sericit getrennt sind <sup>3)</sup>.

Flaserige Anordnung der Gemengtheile zeigen in geringem Masse bisweilen auch die in mächtigen Schlieren auftretenden Titanitgranite, die im Handstück durch concentrische Ausscheidungen von Feldspath um Titanitkryställchen <sup>4)</sup> ein geflecktes Aussehen erhalten haben. Sind sie ungeflasert, dann besitzen die Feldspathaggregate nahe kreisförmigen Querschnitt; sind sie geflasert, so macht die Streckung dieser Aggregate in der Richtung der Flaserung die Parallelstructur noch deutlicher <sup>5)</sup>.

Selbst in der Mittelzone beobachtet man an manchen Orten (Rottenegg und Steyregg bei Linz z. B.) eine rohe Parallelstructur des Gesteines mit einer beiläufigen Orientierung der grossen Feldspatheinsprenglinge nach der Längsfläche. Da diese Krystalle oft sehr nahe beisammen liegen, so hätte eine Wendung ihnen selbst dann noch gefährlich werden können, wenn sie im halberstarrten Gestein vor sich gegangen wäre. Ich führe die Orientierung dieser Feldspathe auf eine ziemlich frühe Erstarrungsphase zurück, als die einzelnen Individuen eben im Entstehen begriffen waren, und halte es gar nicht für ausgeschlossen, dass das Zusammenwirken des einseitigen Aussen-druckes und der inneren Kräfte der Granitfeldspathmolekel gemeinsam an der Ausbildung der Orientierung thätig war. Bekanntlich umgeben sich Krystalle mit den Flächen geringster Wachsthumsgeschwindigkeit, so dass die Basisflächen <sup>6)</sup> derjenigen „Anwachspyramiden“ am grössten

<sup>1)</sup> Ein geomorphologischer Aufsatz über dieses Gebiet mit Berücksichtigung der geologisch-petrographischen Verhältnisse ist im Druck.

<sup>2)</sup> Ich besitze einen sehr schönen Karlsbader-Zwilling von Rottenegg bei Linz, der 10 cm lang, 5 cm breit und 3 cm dick ist.

<sup>3)</sup> Vergl. pag. 148, erster Absatz.

<sup>4)</sup> In jedem Handstück dieses Gesteines in Menge vorhanden.

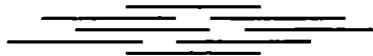
<sup>5)</sup> Diesen Gesteinen dürfte die Parallelstructur wohl noch während der Erstarrung aufgeprägt worden sein. Warum in ihrer Gesellschaft auch ungeflaserte vorkommen, ist bei den schlechten Aufschlüssen nicht zu constatieren, doch handelt es sich hier vielleicht um zur Zeit des Pressungsanlaufes bereits erstarrte Partien, was gar nicht unwahrscheinlich wäre.

<sup>6)</sup> Basisflächen hier gleichbedeutend mit Krystallflächen überhaupt.

werden, die im Schichtenwachstum am meisten zurückbleiben. Das ist bei den Feldspathen der Eruptivgesteine hauptsächlich die Längsfläche  $M^1$ ). Durch einseitigen Druck dürfte in Gesellschaft geeigneter „Lösungs-genossen“ diese Eigenschaft der Feldspathmolekel, die Richtung der  $b$ -Achse zu meiden, noch gesteigert werden. Ist aber einmal die Orientierung für alle Feldspatheinsprenglinge durchgeführt, dann bleibt sie auch im weiteren Verlauf des Wachstums, wenn der Druck aufhört; denn die auskrystallisierende Feldspathsubstanz schlägt sich auf den vorgebildeten Krystallen stets orientiert nieder. Bei Versuchen über Krystallisationen aus Glasflüssen könnte auf den Einfluss einseitigen Druckes Rücksicht genommen werden.

In der äussersten Randzone kann man häufig einen Wechsel zwischen dem gefaserten und körnigen Gestein beobachten, so dass es bei flüchtigem Besuch den Anschein erweckt, als wenn körniger Granit als Eruptivmasse in einem „Gneiss“ stecke. Unter den gefaserten Gesteinen befinden sich auch Uebergänge zwischen dem Granitporphyr und Randfasergranitit, biotitreiche Granitite, die nur wenige grössere Feldspatheinsprenglinge führen. Bei Aschach a. D., am Ausgang des Zeilerbach- und Aschachthales, sind diese Gesteine als typische Augengneisse entwickelt: grössere Feldspathe von ovalen Umrissen liegen in der sericitischen Grundmasse. Auch hier gelang es, Uebergänge zu den ungefaserten Aequivalenten aufzufinden.

Wenn man gewisse biotitreiche Randfasergranitite des Mühlviertels im Handstück näher betrachtet, dann gewinnt man die Vorstellung, dass ihre Parallelstructur vorwiegend auf Kosten des Glimmers zustande gekommen ist. Dies resultirt gewiss aus der leichten mechanischen Trennung des Glimmers parallel und schief zur Endfläche, nach den sogenannten Gleitflächen. Nun beobachtet man aber oft auch eine Streckung der Feldspathe und Quarze zu linsenartigen Gebilden; das ist schon ein schwererer Fall. Dass aber die ausgewalzten Glimmer sich nicht etwa in entstehende Klüfte eingezwängt haben, geht aus verschiedenen Anzeichen hervor. So ziehen diese Blätter und Schuppenflächen nicht continuirlich durch das ganze Handstück, sondern hören auf und stehen an den Enden oft mit einer anderen Lage von Schüppchen in Verbindung. Das ist eine Art Linsenform und nicht sehr verbreitet. Rostförmige Anordnung, wie sie schematisch etwa so



wiedergegeben werden kann, ist der gewöhnlichste Fall. Wie zart, kurz und zahlreich müssten da die Klüftchen gewesen sein! Viel wahrscheinlicher wäre die Annahme, dass alle Gemengtheile dieser mittel- bis feinkörnigen Gesteine gleichzeitig von einander losgelöst wurden und sich nach dem Glimmer richteten, nicht aber umgekehrt. Anders im grobkörnigen, relativ biotitarmen Kerngestein n. der grossen Mühl:

<sup>1)</sup> In den Ferien dieses Jahres soll bei der Neubehandlung des Mühlviertels und Fortsetzung der Studien in den eigentlichen Böhmerwald u. a. auch die parallele Orientierung der Feldspathe eingehend untersucht werden.

In der Nähe der pfahlschieferartigen, ausgewalzten Granitite von Aigen gibt es gepresste Gesteine, in denen noch grosse Feldspathe stecken, aber frei von jeder äusseren krystallographischen Begrenzung. Man sieht deutlich Bruchstückchen dieses Minerals in der zerriebenen Umgebung liegen. Die Ausbildung der Sericit-häute ist noch nicht völlig durchgeführt, es haben sich nur wenige grössere Flatschen gebildet. Parallelstructur ist schwach angedeutet. Stets konnte ich mich überzeugen, dass Armut, bezw. Reichthum an Glimmer im Verein mit der geringeren oder grösseren Körnigkeit des ursprünglichen Gesteines das Zustandekommen der Parallelstructur sehr erleichtern oder erschweren musste. Für glimmerreiche und mittelkörnige Gesteine, wie sie für die Randzone charakteristisch sind, genügte schon eine verhältnismässig geringe Kraft, um durch Zerstörung des Gesteinsverbandes eine parallele Lagerung der Gemengtheile herbeizuführen. Eine ebenso grosse, auf den grobkörnigen Granit wirkende Kraft dagegen deformierte die grossen Feldspatheinsprenglinge zunächst nur randlich, indem sie die krystallographische Begrenzung vernichtete, während der spärliche Biotit zu einzelnen Flatschen ausgewalzt wurde. Das Gestein macht in dieser Form zwar einen unruhigen Eindruck, ohne dass im Handstück die Parallelstructur in die Augen springt. Erst wenn auch die grossen Feldspathe bis ins Innerste zertrümmert sind und durch die Umlagerung mit zarten Glimmerhäuten Linsenform annehmen, gewinnt das Gestein auch im Stück ein gneissiges Aussehen. Noch stärkerer Druck walzte die dicken Linsen zu dünnen, schliesslich in einander verfliessenden Lamellen aus, das sind die den Pfahlschiefern so nahestehenden „Gneisse“ des oberen Mühlthales.

Die Ausbildung der Flaserung allein und etwa der pfahlschieferartigen gepressten Gesteine im Mühlthale bei Aigen ist noch nicht das äusserste Extrem von Druckwirkungen an den Gesteinen des Mühlviertels. In der nächsten Umgebung von Linz, am Bruchrande jenes bedeutenden Senkungsfeldes, das im Miocän eine Bucht des Schliermeeres wurde, also an den Abhängen des grünen Bergcircus, dem die oberösterreichische Landeshauptstadt die Schönheit ihrer Lage verdankt, hat man Gelegenheit, kataklastische und akataklastische Flasergranitite zu sammeln. Bei Plesching, wo auf den gepressten Granititen eine miocäne (Loibersdorfer Stufe) Austernbank völlig ungestört lagert, wie zum Beweise, dass seit dem Beginn des jüngeren Tertiärs die tektonischen Kräfte ruhen, ist die Kataklase schon mit freiem Auge wahrnehmbar: die Quarze der Pegmatite feinzuckerkörnig, die Spaltflächen der Feldspathe mit Felderspiegelung, die Biotite als breite, zackige Blätter. Aehnliches lernt man in den grossen Steinbrüchen von Urfahr und St. Margarethen am Ausgang des Donaudurchbruches Ottensheim—Linz kennen und hat den Vortheil prachtvoller Aufschlüsse in frischem Gestein. An diesen Orten sind zweierlei Flasergranitite erschlossen. Die einen zeigen die gewöhnliche äussere Structur, indem dünne Lagen von hellen und dunklen Gemengtheilen abwechseln, die anderen bestehen bisweilen aus etwas dickeren Lagen von Quarz-Feldspath und grobschuppigem, fast prismatischem Biotit, nebst zahlreichen kleinen Körnern und Kryställchen

von Almandin. Cordierit ist makroskopisch sichtbar und besonders in den mannigfaltigst dislocierten Pegmatiten in grösseren Krystallen und Nestern anzutreffen. Stücke, die mir auf meine Bitte Herr Prof. Dr. A. König unlängst in höchst liebenswürdiger Weise schickte, zeigen auch eine Fältelung. Das sind Gesteine, die unter dem Mikroskop kaum merkliche Kataklyse aufweisen; selbst die Quarze löschen nur sehr wenig undulös aus. Cordierit und Almandin sind, soweit meine bisherigen Beobachtungen gehen, in den kataklastischen Abänderungen nicht nachweisbar. Ich sehe in den aklastischen Randfasergraniten durch besonders kräftigen Druck völlig umkrystallisirte Gesteine, in denen es zur Entstehung von Mineralen kam, die sich durch ein relativ niedriges Molecularvolumen (Almandin) auszeichnen<sup>1)</sup>.

Fragt man nach der Ursache des Wechsels der verschiedenartigst deformierten Aequivalente eines und desselben Gesteins, da sie ja heute mehr oder weniger in einem Horizonte liegen, so lautet die Antwort: Dislocationen in verticaler (Schollenverkeilung) und mehr horizontaler Richtung (Faltung) brachten dasselbe Gestein in verschiedenen Tiefen, also auch an Stellen, wo die Belastung seitens der Hangendmassen eine verschiedene Stärke hatte. Ein sehr massgebender Factor wurde ferner die Intensität und Dauer des Dislocationsdruckes selbst. Inwieweit und ob überhaupt die höhere Temperatur der Erdtiefe von Einfluss war, entzieht sich der Berechnung. Die im Miocän eingetretene, sicherlich tief hinabreichende Abebnung des Gebietes nördlich vom Alpenvorland zu einer schrägen Abrasionsplatte nivellierte das Land und die später neuerwachte Erosion insbesondere aber die Denudation schuf das heutige Relief auf Grund der structurellen Verschiedenheiten des Gesteins.

Folgende Uebersicht soll die möglichen Bedingungen für das Zustandekommen der Parallelstructur eines ursprünglich richtungslos körnigen Gesteines gruppieren<sup>2)</sup>.

1. Starker, länger andauernder Seitendruck, verursacht durch	}	Flexur oder Fältelung	}	In höheren Horizonten: Kataklyse  In der Tiefe: Umkrystallisation durch völlige oder theilweise Auflösung. Bildung von Mineralen mit kleinem Molecularvolum.
2. Schwächerer und kürzer andauernder Seitendruck, verursacht durch	}	Verkeilung sinkender Schollen an Verwerfungen	}	In höheren Horizonten starke  In der Tiefe schwächere
3. Sehr geringer und fehlender Seitendruck	}	Stehenbleibende oder aufsteigende Schollen	}	Keine Wirkung.

<sup>1)</sup> F. Becke, Beziehungen zwischen Dynamometamorphosen und Molecularvolumen. Akad. Anzeiger d. kais. Akad. d. Wissensch. Sitzung d. math.-naturw. Cl. vom 23. Jänner 1896.

<sup>2)</sup> Von einer Druckbeeinflussung zum Theil noch magmatischer Gesteine wurde abgesehen.

Es dürfte wohl hauptsächlich in der verschiedenen Druckintensität, sowie in der Dauer des Pressungszustandes der Grund dafür zu suchen sein, dass beispielsweise in den durch Flexuren ausgezeichneten Gesteinen am Ausgang des Donaudurchbruches Ottensheim—Linz Kataklase fehlt und Neubildung von Mineralen erfolgte, während die stark verworfenen und im gleichen Niveau befindlichen Gesteine am Beginn des Durchbruches (Dürnberg, 8 km der Strasse Linz—Ottenheim) stark kataklastisch sind. Die ungefaserten Granitite, wie sie in der Randzone bei Mauthausen, Aschach etc. zu Würfelpflastersteinen gebrochen werden, überhaupt alle ungefaserten Gesteine des Mühlviertels dürfen als stehengebliebenen Schollen angehörig betrachtet werden. Der Nachweis gehobener Schollen wird wohl nur selten oder gar nicht zu erbringen sein.

### Vorträge.

**Dr. Franz Kossmat.** Ueber die Lagerungsverhältnisse der kohlenführenden Raibler Schichten von Oberlaibach.

Nördlich von Oberlaibach ist seit längerer Zeit in den Schichten der mittleren Trias Kohle bekannt, welche schon wiederholt der Gegenstand bergmännischer Versuche gewesen ist und gerade gegenwärtig durch sorgfältige Schürfungen in Bezug auf ihre Bauwürdigkeit untersucht wird. Die Kohlenvorkommnisse befinden sich in dem schmalen Höhenrücken, welcher das Horjulerthal (Suicabach) von dem in die Oberlaibacher Ebene allmählich auslaufenden Thal von Podlipa (Tonjcebach) trennt. Beide zeigen breiten, oft versumpften Alluvialboden, welcher an vielen Stellen buchtenartige Ausläufer in das Hügelland entsendet und dadurch häufig den Zusammenhang der Gebirgsformationen unterbricht, ohne jedoch die Deutung der tektonischen Verhältnisse wesentlich zu erschweren.

Der einfachste Bau herrscht im Osten, wo die höheren Abtheilungen der Triasformation den verhältnismässig grössten Flächenraum einnehmen, während weiter im Westen durch tieferreichende Aufbrüche die älteren Schichtgruppen in bedeutender Ausdehnung blossgelegt sind.

Das stratigraphische Schema für das in der folgenden Beschreibung berücksichtigte Gebiet umfasst folgende Horizonte<sup>1)</sup>:

Carbon	Sogenannte „Gailthaler“ Schiefer	Dunkle Thonschiefer und Grauwackensandsteine, z. Th. auch Quarzconglomerate mit glimmerig-sandigem Bindemittel. Pflanzenreste der Steinkohlenformation am Laibacher Schlossberge bekannt (Lipold, Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1857, pag. 209).
Perm	Grödener Sandstein	Rothe Quarzsandsteine und Conglomerate.

<sup>1)</sup> Die alte Uebersichtskarte M. V. Lipold's gibt im Höhenzuge zwischen Hölzenegg—Schönbrunn und Podlipa nur oberen Triasdolomit und Cassianer Schichten an.