

## Ein Beitrag zum Kapitel „Klüfte“.

Von **Carl Stieler**.

Mit 3 Textfiguren.

### I. Literaturverzeichnis und Einleitung.

Nur Arbeiten, auf die unmittelbar Bezug genommen ist, sind aufgeführt.

1. **BUCHER**, The mechanical interpretation of joints. I. Teil. The Journ. of Geol. Bd. 28. Chicago 1920. II. Teil. Ehenda. Bd. 29. Chicago 1921.
2. **CLOOS**, Der Mechanismus tiefvulkanischer Vorgänge. Braunschweig 1921.
3. **DAUBRÉE**, Synthetische Studien zur Experimentalgeologie. Deutsche Übers. von **GURLT**. Braunschweig 1880.
4. **FÖPPL**, Ahhängigkeit des Bruchs von der Art des Spannungszustands. Mitt. Mech.-Techn. Labor. Techn. Hochschule München. Bd. 27. München 1900.
5. **HAAG**, Bemerkungen zur Geol. von Schwenningens Umgebung. Dies. Centralhl. Stuttgart 1911.
6. **HAUFF**, Untersuchung der Fossilagerstätten von Holzmaden . . . Palaeontogr. 64. Bd. Stuttgart 1921.
7. **HENNIG**, Strukturelle und skulpturelle Züge im Antlitz Württembergs. Öhringen 1920.
8. **HOBBS**, Repeating patterns in the relief and in the structure of the land. Bull. Geol. Soc. Am. Bd. 22. New York 1911.
9. **HÖFER v. HEIMHALT**, Die Verwerfungen. Braunschweig 1917.
10. **KÁRMÁN**, Festigkeit. Handwörterbuch d. Naturwiss. 3. Bd. Jena 1913.
11. **KRANZ**, Jüngere Tektonik West-Württembergs. Jahresh. Ver. vaterl. Naturk. Württ. 78. Jahrg. Stuttgart 1922.
12. **MOHR**, Technische Mechanik. 2. Aufl. Berlin 1914.
13. **MÜLLERRIED**, Klüfte, Harnische und Tektonik der Dinkelberge und d. Basler Tafeljura. Diss. Heidelberg 1921.
14. **NEISCHL**, Die Höhlen der Fränk. Schweiz und ihre Bedeutung für die Entstehung der dortigen Täler. Diss. Erlangen 1908.
15. **REICH**, Stratigr. und tekton. Studien im Uracher Vulkangebiet. Diss. Freiburg 1915.
16. **RINNE**, Beitr. zur Kenntnis der Umformung von Kalkspatkrystallen und Marmor unter allseitigem Druck. N. Jahrb. f. Min. etc. Bd. I. Stuttgart 1903.
17. — Vgl. Unters. über die Methode zur Bestimmung der Druckfestigkeit von Gesteinen. N. Jahrb. f. Min. etc. Bd. I. Stuttgart 1907.
18. **RÖHRER**, Geol. Unters. der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten, der Tektonik und dem hydr. Netz im nördl. Schwarzwald und im südl. Kraichgau. 1. Teil. Jahresber. u. Mitt. Oberrh. Geol. Ver. N. F. Bd. 6. Stuttgart 1916. 2. Teil. Desgl. Bd. 11. Stuttgart 1922.
19. **SALOMON**, Die Bedeutung der Messung und Kartierung von gemeinen Klüften. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 63. Bd. Berlin 1911.
20. **SCHMIDT, MARTIN**, Erläut. zum Bl. Schwenningen. Geol. Spezialkarte Württ. Stuttgart 1914.
21. **WEBER**, Zum Problem der Grabenbildung. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 73. Bd. Berlin 1921.

Seitdem DAUBRÉE (3) den Gesteinsspalten ein Kapitel seines Werks gewidmet hat, ist man lange Zeit in dieser Frage nicht wesentlich über das von ihm Erkannte hinausgekommen. Auch RINNE (16 n. 17) brachte keine neuen Gesichtspunkte hinsichtlich Auswertung seiner Experimente, doch bleibt ihm das Verdienst, die Ergebnisse der Techniker der geologischen Wissenschaft zugänglicher gemacht zu haben.

Erst in jüngerer Zeit haben sich mehrere Autoren (Lit.-Ang. in 18) intensiver mit den Klüften befaßt, so haben sich z. B. Schüler SALOMON'S der Untersuchung von Klüften beiderseits des Rheintalgrabens gewidmet. Ohne die Bedeutung dieser Arbeiten schmälern zu wollen, sei aber doch ausgesprochen, daß die theoretische Seite der Frage dabei nahezu völlig außer acht gelassen wurde; vielmehr wurden die Klüfte rein handwerksmäßig kartiert, und Kritik setzte nicht bei den Unterlagen, sondern erst denjenigen Resultaten ein, die aus dem Rahmen des Erwarteten fielen. Leider sind durch übertriebenes Schematisieren bei der Veröffentlichung Einzelergebnisse aus den Arbeiten nicht zu entnehmen; das ist um so mehr zu bedauern, als sie den Verfassern vorgelegen haben und im folgenden sich zeigen wird, daß zur Klärung des Gesamtkomplexes der Klüftungsfrage es auf jede Einzelheit ankommt.

CLOOS (2) blieb es vorbehalten, im Granit u. a. auch die Klüftung systematisch nach der Richtung hin auszuwerten, wie beschaffen und gerichtet die sie erzeugende Kraft war. Intrusivmassen sind zu solcher Untersuchung ganz besonders geeignet, weil CLOOS nachweisen konnte, daß die in Frage kommenden Klüfte auf dieselbe Kraft zurückgehen, die schon während der Intrusion wirksam war, ja die Intrusion bedingte. Damit aber können bei Plutoniten manche Indikatoren mit herangezogen werden, die naturgemäß bei einem Sedimentärgestein fehlen. 8 Merkmale gibt CLOOS (2, p. 10) an, die übereinstimmend auf Druck aus einer bestimmten Richtung hindeuten. 3 aus der flüssigen Phase sind in Sedimentärgesteinen nicht zu erwarten, eines aus der zähflüssigen, Streckung, kann auch bei ihnen auftreten (s. sp. über Plastizität). Die restlichen 4 aus der festen Phase: Klüfte, Teilbarkeit, Gänge, Rutschstreifen, sind Erscheinungen, die auch in Sedimentärgesteinen häufig genug vorkommen um Untersuchungen auf sie aufzubauen.

Den beiden erstgenannten seien, angeregt durch eine Beobachtung am Fuß der Schwäbischen Alb, diese Zeilen gewidmet, als Beitrag zur Frage, was sich aus regelmäßiger Klüftung und Teilbarkeit eines Sedimentärgesteins auf Art und Richtung der diese Erscheinungen erzeugenden Kräfte schließen läßt. Es handelt sich also um Untersuchungen, die man als „mikrotektonisch“ bezeichnen kann. Wie für CLOOS ein Granitmassiv, ja selbst ein Gang<sup>1</sup>, nicht

<sup>1</sup> CLOOS, Tektonik und Magma, p. 110 ff. Abh. Preuß. Geol. Landesanstalt. N. F. Heft 89. Berlin 1922.

kleinste tektonische Einheit ist, sondern er innerhalb dieser Gebilde minutiöse Untersuchungen auf tektonische Merkmale anstellt, deren Kenntnis den Intrusionsmechanismus schlaglichtartig beleuchtet, so muß versucht werden, z. B. zur Klärung der Entstehungsfrage eines Bruchschollenlandes, innerhalb der Einzelschollen möglichst viele tektonische Merkmale aufzufinden und auszuwerten.

## II. Theoretisches.

CLOOS (2) legt überzeugend dar, daß unter der Wirkung einer gerichteten Druckkraft 4 Kluftsysteme im Granit entstehen können, von denen je 2 als gepaart (3, p. 238) zu bezeichnen sind. Das eine Systempaar sind die MOHR'schen Flächen (auch Ausweich-, Gleitflächen, Gleitschichten, oder, wenn man nur ihren Schnitt mit den Körperaußenflächen in Betracht zieht, MOHR'sche Linien oder Fließfiguren genannt), das andere sei der Kürze halber als das CLOOS'sche bezeichnet. Das CLOOS'sche Systempaar besteht aus einem System in und einem senkrecht zur Druckrichtung; das MOHR'sche aus Flächen, die zu den CLOOS'schen diagonal liegen.

Unter Kluft wird im folgenden jede Trennungsfäche im Gestein verstanden, die tektonisch orientiert ist. Ausgeschlossen sind also Trennungsfächen, die auf reine Schrumpfung<sup>1</sup> zurückgehen, sowie Verwitterungsfugen, Erscheinungen, die auch hinsichtlich ihrer Richtung keine Abhängigkeit von tektonischen Kräften erkennen lassen. Aus dem Rahmen fällt damit auch ein Teil derjenigen Trennungsfächen, die auf Absacken zurückgehen. Doch ist hier die Grenze unscharf, da dieselben Vorgänge, wofern sie einer höheren Größenordnung angehören, als tektonisch zu bezeichnen sind. Bewußt ist der Verwerfungskluft keine Sonderstellung eingeräumt (vgl. 8, p. 175).

Hier beginnt schon die theoretische Schwierigkeit. Die CLOOS'schen Flächen sind normalerweise Brüche im physikalischen Sinn, Klüfte im Sinn unserer Definition. Gleitflächen dagegen sind an sich keine Trennungsfächen. Aus MOHR (12) ist zu entnehmen, daß sich bei geeigneten Materialien an Gleitflächen jenseits der Elastizitätsgrenze Körperteile von endlicher Ausdehnung gegeneinander verschieben, der Zusammenhang des Körpers jedoch voll gewahrt bleibt. Weiterhin sagt MOHR p. 125: „Oft fallen die Bruchflächen zusammen mit einzelnen Gleitschichten.“ Wenn also die die Gleitschichten erzeugende Kraft weiterwirkt bis Bruch eintritt (der Riß fällt unter die Definition „Bruch“, da auch er eine, wenn auch nur lokale, Trennungsfäche darstellt), so sind die Bruchflächen nicht streng an die Gleitschichten gebunden (vgl. 3, Fig. 93). In der Natur aber wird uns die Gleitschicht sowohl als

<sup>1</sup> v. BUBNOFF, Die Methode der Granitmessung ... Geol. Rundschau. Bd. 13. p. 157—158. Berlin 1922.

Richtung ausgezeichneter Spaltbarkeit wie als Kluft entgegentreten können; als Kluft, weil die Materialumlagerung bezw. -zertrümmerung an den Gleitschichten der Verwitterung Angriffspunkte bietet. Andererseits findet sich (s. sp.) aber das Cloos'sche Systempaar nicht ausschließlich in Form von Klüften, sondern kann auch als Teilungsrichtung in Erscheinung treten. Man muß sich also darauf einstellen, in Klüftung wie Teilbarkeit mögliche Erscheinungsformen sowohl Cloos'scher wie Mohr'scher Flächen zu sehen.

Da dem Geologen das Gebiet der Festigkeitslehre im allgemeinen fremd ist, muß, ehe weitergegangen werden kann, ein kurzer Abriss aus diesem Gebiet eingeschaltet werden. Hier genügt ein Blick auf die 4 „einfachen Beanspruchungsarten“ (10, p. 1021): Zug, Druck, Biegung, Torsion.

In den daraufhin untersuchten Materialien kommen 3 Spannungen in Betracht: Zug-, Druck-, Schubspannung. Und zwar herrschen:

bei Beanspruchung auf Zug . . .	Zug- und Schubspannungen,
„ „ „ Druck . . .	Druck- u. „
„ „ „ Biegung . .	Zug- und Druckspannungen,
„ „ „ Torsion . . .	„ „ Schubspannungen.

Entsprechend diesen 3 Spannungen sind auch 3 Elastizitätsgrenzen, die abhängig von der Materialbeschaffenheit sind, zu berücksichtigen: Zug-, Druck- und Torsionselastizitätsgrenze (d. h. diejenige für Schubspannungen. 10, p. 1026).

Nach Überschreiten der Zugelastizitätsgrenze tritt der Trennungsbruch ein mit zur Zugkraft senkrechter Bruchfläche. Überschreiten der Torsionselastizitätsgrenze führt, bei der gebräuchlichen Versuchsanordnung, meist zum Verschiebungsbruch, dessen Fläche in der Ebene liegt, in der die Schubspannungen wirken (beim einfachen Druckversuch z. B. diagonal zur Druckrichtung). Bei geeignetem Material geht dem Entstehen des Verschiebungsbruchs die Bildung von Gleitflächen voran. Über die Druckelastizitätsgrenze und deren eventuelles Überschreiten s. sp.

Bei zähem Material liegt die Torsionselastizitätsgrenze am tiefsten, Druck- und Zugelastizitätsgrenze, die in diesem Fall beide gleich sind, doppelt so hoch (10, p. 1027); bei sprödem Material in aufsteigender Reihenfolge: Zug-, Torsions-, Druckelastizitätsgrenze.

An einem Fall, Zugbeanspruchung, sei dies näher erläutert. Sehr zähe Stoffe lassen sich fast völlig ausziehen, d. h. es findet plastisches Fließen statt, sobald die Schubspannung einen bestimmten festen Wert erreicht hat (10, p. 1027). Bei sprödem Material dagegen tritt der Trennungsbruch ohne vorangehende merkliche Querschnittsänderung ein. Bei Materialien, die sich zwischen diesen beiden extremen Zuständen halten, z. B. Flußeisen, weicher Stahl, bilden sich Gleitflächen; ehe es aber zum Ver-

schiebungsbruch kommt, wird die Zugelastizitätsgrenze überschritten, d. h. der Trennungsbruch erfolgt (10, p. 1022), vgl. auch dasselbe Ergebnis von HARTMANN beim Torsionsversuch (1, I. T., p. 719).

Bislang wurde ein auf Druckspannung zurückzuführender Bruch nicht erwähnt. Er tritt bei der gebräuchlichen Versuchsordnung auch fast nicht in Erscheinung, denn der Bruch erfolgt, um vom Druckversuch zu sprechen, nach eventueller Bildung von Gleitschichten, als Verschiebungsbruch. Nach dem, was oben über die Lage der Elastizitätsgrenzen gesagt wurde, ist auch ein Bruch als Folge von Druckspannung nur zu erreichen, wenn die Anordnung derart getroffen wird, daß die Schubspannung sehr niedrig gehalten wird, und daher die Druckelastizitätsgrenze vor der Torsionselastizitätsgrenze überschritten werden kann.

Nun hat FÖPPL (4) die Versuchsordnung getroffen, daß er beim Druckversuch zwischen Versuchskörper und Druckplatten ein Schmiermittel bringt. Damit wird die Reibung auf ein Mindestmaß reduziert. Das Ergebnis war, daß keine zur Druckrichtung diagonal liegenden Brüche (auch Gleitschichten erwähnt FÖPPL nicht, doch kann dies am Material liegen) entstehen, sondern es treten, anscheinend gleichzeitig (4, p. 25), Brüche in der Druckrichtung auf. Besonders erwähnenswert ist, daß FÖPPL bei einem Sandsteinwürfel (4, Taf. 4, 2. Reihe links), Flächen erzielt hat, die beiden CLOOS'schen Systemen angehören.

Man könnte auf den Gedanken kommen, daß man es hier mit Brüchen zu tun hat, hervorgerufen durch Überschreiten der Druckelastizitätsgrenze. Doch ist der Versuch unstritten. Obgleich FÖPPL es bestreitet, glaubt KÁRMÁN (10, p. 1023) doch, daß durch Eindringen von Schmiermittel in die Gesteinsporen der Probekörper gesprengt wird. Immerhin ist erwähnenswert, daß DAUBRÉE bei Kohlenkalk (3, Fig. 29) ohne Anwendung von Schmiermittel gleichfalls Brüche in der Druckrichtung erzielt hat. Allerdings kann hier das Gestein zu Spaltung nach dieser Richtung präformiert gewesen sein, ein Gesichtspunkt, der überhaupt bei allen Versuchen mit Gesteinen in Betracht zu ziehen ist.

WEBER (21) ist der Anschauung, daß Analoga der FÖPPL'schen Versuchsbedingungen in der Natur die Regel seien (p. 280). Für diese Annahme läßt sich anführen, daß Klüftung senkrecht zur Druckrichtung, wie die Schiefer beweisen, eine häufige Erscheinung ist. Trotzdem ist gegen WEBER's Auffassung Widerspruch zu erheben. Bei der gebräuchlichen (nicht FÖPPL'schen) Versuchsordnung werden Gesteinswürfel mit glatten, wenn nicht geschliffenen Flächen benützt, auch die Druckplatten sind glatt. Trotzdem ist schon dann (nach FÖPPL's Ansicht) die Reibung so groß, daß fast immer Diagonalbrüche entstehen und es der Schmierung oder der Einschaltung von Wasserkissen (21, p. 279) bedarf, um als Regel CLOOS'sche Brüche zu erhalten. Geringer

als bei der üblichen Versuchsanordnung wird die Reibung in der Natur kaum sein, so daß man theoretisch folgern muß, daß Diagonalbrüche die Regel, CLOOS'sche große Ausnahmen darstellen. Und doch wird in der Literatur (vgl. 19, p. 504) der Fall, daß sich 2 Klufsysteme finden, von denen das eine in der Streich-, das andere in der Fallrichtung der Schichten liegt, zu häufig angegeben, um als Zufallserscheinung gedeutet zu werden. Klüftung und Schiefstellung der Schichten werden vielmehr in der überwiegenden Mehrzahl dieser Fälle Äußerungen einer und derselben gerichteten Kraft sein, und, wofern diese Kraft in der Horizontalen wirkte (s. sp. über die Lage der Klufflächen im Raum), wird man die Fallrichtung als die Richtung in der Kraft — Gegenkraft wirkte, ansehen dürfen. Kurz gesagt, in der Natur kommen CLOOS'sche Systeme gar nicht selten vor, und man hat mit ihnen zu rechnen, auch wenn ihre Entstehungsbedingungen noch umstritten sind. So wird in der Natur, um nur wenige der vielen Unterschiede gegenüber dem Experiment zu erwähnen (s. sp. und 2, p. 36 ff.), die Reibung, die im Gegensatz zum Experiment nicht nur an den Ansatzflächen der Kraft (die natürlich auch anders beschaffen sind als beim Experiment), sondern auch der Unterlage pp. vorhanden ist, eine Rolle spielen, auch die Temperatur kann von Einfluß sein. Nach liebenswürdigen Mitteilungen von Herrn Prof. TANNHÄUSER spielt schon bei den Experimenten die Versuchsanordnung eine Rolle, die das Ergebnis oft viel weitgehender beeinflusst, als das theoretisch vorauszusetzen war. Auch ist aus dem Verhalten eines Materials auf das eines anderen, und mag es ihm physikalisch noch so ähnlich erscheinen, nur mit Vorsicht zu schließen.

Doch zurück zu den MOHR'schen Flächen. Eine Zusammenfassung dessen, was für den Geologen über sie wissenswert ist, findet sich nach MOHR in RINNE (16, p. 174) und CLOOS (2, p. 26 ff.). Danach scheint jedoch der Fall einfacher zu liegen, als er dies in Wirklichkeit tut. BUCHER (1) hat sich neuerdings eingehend mit den Gleitschichten beschäftigt, einiges aus seiner Arbeit muß hier angeführt werden.

Es ist bekannt, daß der Winkel der MOHR'schen Linien (BUCHER nennt sie Lüders Lines), um so spitzer ist, je spröder das Material. Unabhängig dagegen ist dieser Winkel von der Härte des Materials wie von der absoluten Größe der plastischen Deformation, die das Material jenseits der Elastizitätsgrenze zuläßt. Plastizität und Sprödigkeit sind aber keine Materialeigenschaften, sondern hängen vom Spannungszustand ab (vgl. auch 10, p. 1016). Auch von Gesteinen ist bekannt, daß sie unter hohem allseitigem Druck plastisch werden. Daraus folgt, daß der Gleitschichtenwinkel einer Substanz keine absolute Größe ist, sondern vom Spannungszustand abhängt, der in dem Augenblick herrscht, in dem die Gleitung eintritt. Als Bestätigung dafür lassen sich u. a. die beiden Experi-

mente von RINNE (16 u. 17) anführen, der bei Marmor unter allseitigem Druck bei Überwiegen einer Druckrichtung Winkel von 90, unter einseitigem dagegen von 60 Grad erzielte. Eine abweichende Ansicht von MOHR berichtend, stellt BUCHER fest, daß nur bei sprödem Material der spitze Winkel die Druckrichtung einschließt, bei plastischem dagegen der stumpfe.

Auf zwei Dinge sei noch hingewiesen: Die Hauptrichtung der Kraft muß nicht mit einer tatsächlichen Krafrichtung übereinstimmen, sondern kann die Resultierende aus mehreren solchen sein; und für die Lage der Gleitschichten ist kein Unterschied vorhanden, ob in der Richtung geringsten Drucks die Kraft positives oder negatives Vorzeichen hat, mit anderen Worten, ob es sich um Ausweichmöglichkeit oder um Zug handelt.

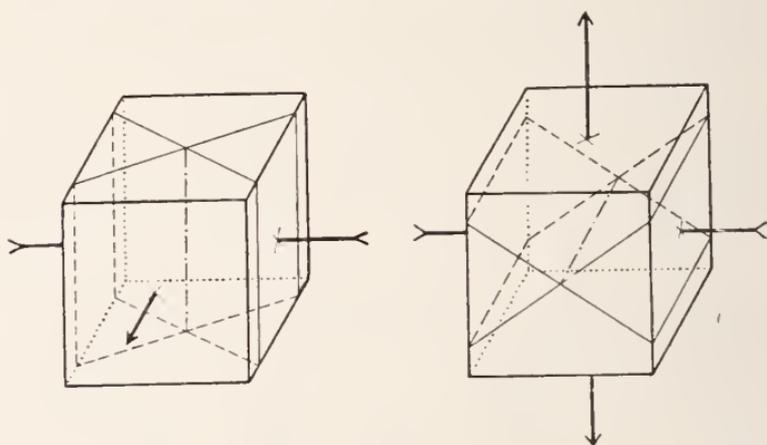


Fig. 1. Die Pfeile bedeuten die Richtungen größter und geringster Druckbeanspruchung.

Aus Fig. 1 (frei nach BUCHER) geht hervor, daß aus der Lage der Gleitschichten im Raum die Druckrichtungen sich ableiten lassen. Allerdings kann nicht angegeben werden, welche Richtung die des größten, welche die des geringsten Drucks ist, da sich, wie erwähnt, die MOHR'sche Annahme, die Halbierungsebene des kleineren Gleitschichtenwinkels enthalte die Haupt-Druckrichtung, nicht als in allen Fällen zutreffend erwiesen hat.

Wurde im letzten Abschnitt die Entstehung von Gleitschichten im wesentlichen nur auf Druckbeanspruchung zurückgeführt, so darf doch nicht (s. o.) vernachlässigt werden, daß die ihr Entstehen bedingenden Schubspannungen auch bei Beanspruchungen auftreten, bei denen keine Druck-, sondern Zugspannungen wirken: Beanspruchung auf Zug und Torsion.

Reine Beanspruchung auf Zug und Torsion aber ist (ganz abgesehen davon, daß auch hier gilt, was oben über den Unterschied

zwischen Experiment und Natur gesagt wurde) nur an der Erdoberfläche denkbar, denn in tieferen Regionen treten, infolge Belastungsdrucks, Druckkräfte hinzu: die Beanspruchung wird „zusammengesetzt“. An der Erdoberfläche aber besitzen diejenigen Gesteine, die für unsere Untersuchungen in Betracht kommen, die Eigenschaften spröder Materialien, d. h. es kommt zum Trennungsbruch, ehe sich Gleitschichten bilden. In größerer Tiefe andererseits, wo diese Gesteine infolge allseitigen Drucks zähe Beschaffenheit annehmen, sind andere Momente in Betracht zu ziehen. Zugspannung bedeutet (lineare oder flächenhafte) Druckentlastung, in deren Folge das Material wieder spröder wird. Treten Gleitschichten auf, so kann man sie auf Rechnung des vorhandenen Drucks bei nun gegebener Ausweichrichtung setzen (s. o.), sie also auf Druckbeanspruchung zurückführen. Zugspannungen wird man also auch hier nur dann annehmen, wenn Trennungsbrüche auftreten.

Hier sei noch angeführt, daß BUCHER (1, I. T., p. 721) nachweist, daß der so oft in der geologischen Literatur erwähnte Torsionsversuch von DAUBRÉE mit der Spiegelglasscheibe einen ganz extremen Fall darstellt, einerseits infolge der außergewöhnlichen Sprödigkeit von Glas, andererseits infolge der Dünne der Versuchsplatte. Das Ergebnis dieses Versuchs ist also nur mit großer Vorsicht zu verwerten.

Zusammengefaßt ergibt das Vorhergehende:

Für das, was sich in der Natur als Kluft darstellt, ist eine der 4 einfachen Beanspruchungsarten verantwortlich zu machen: Druck, Zug, Biegung, Torsion; oder aber Kombinationen dieser. Auf Rechnung von Beanspruchungsarten, bei denen Druckspannungen nicht auftreten, brauchen in der Natur nur Trennungsbrüche gesetzt zu werden. MOHR'sche Flächen gehen auf Schubspannungen bei gleichzeitigem Auftreten von Druckspannungen zurück. Druckbeanspruchung scheint andererseits auch die CLOOS'schen Flächen hervorzubringen, ohne daß ihre Entstehungsbedingungen völlig geklärt wären<sup>1</sup>. Als Klüfte entstehen unter

---

<sup>1</sup> In seiner neuesten Arbeit (Der Gebirgsbau Schlesiens. Berlin 1922) gibt CLOOS die Aufwölbung der Massive als Grund für die Bildung eines Teils der Q-Klüfte an (p. 8, 60, 93). Nach seinen Untersuchungen wird man ihm in der Annahme folgen müssen, daß manche Q-Klüfte Trennungsbrüche infolge Beanspruchung auf Biegung sind. Doch erscheint hier Verallgemeinerung nicht angebracht. Schon Q-Klüfte in Aplitgängen (CLOOS, Tektonik u. Magma. Fig. 32) sind mit Aufwölbung nur gezwungen zu erklären, und außerdem ist zu berücksichtigen, daß bei Sedimentär-gesteinen Kluftsysteme in der anzunehmenden Druckrichtung häufig angegeben werden. Kommt bei Sedimentär-gesteinen Beanspruchung auf Biegung in Frage, so sind Trennungsbrüche nur senkrecht zur Druckrichtung zu erwarten, bei kuppelförmiger Aufwölbung dagegen radialstrahlig angeordnete. Keinesfalls aber können bei der Bildung der

der Einwirkung der genannten Kräfte die CLOOS'schen Flächen, Trennungs- sowie Verschiebungsbrüche. Die MOHR'schen Flächen werden angelegt nur als Spaltungsrichtungen, infolge Verwitterung können auch sie zu Klüften werden. Andererseits ist Spaltbarkeit senkrecht zur Druckrichtung eine verbreitete Erscheinung, und es wird sich wohl ergeben, daß auch bei Sedimentärgesteinen der Lage des anderen CLOOS'schen Systems eine Spaltrichtung folgt<sup>1</sup>. (Schluß folgt.)

## Der Wert der Zuwachszonen bei tropischen Tieren und Pflanzen als klimatisches Merkmal, jetzt und in älteren geologischen Perioden.

Von E. Mohr in Hamburg.

(Schluß.)

Es ist an sich sehr wohl denkbar und auch sehr wahrscheinlich, daß die Bildung von Jahresringen, bezw. die Fähigkeit dazu, ein erblich fixiertes Merkmal geworden ist, das erhalten bleibt, wenn die Pflanze unter ganz neuen Bedingungen gezogen wird. Daß der Grad der „Erblichkeit“ variabel ist, geht aber unter anderem schon aus URSPRUNG'S Vergleichsserien von Buitenzorg und Ost-Java hervor. HOLTERMANN sagt: „In dem Berggarten von Hacgalla, wo immerhin das ganze Jahr hindurch ein recht feuchtes Klima herrscht, wenn auch kurze trockenere Perioden eintreten, wurden verschiedene europäische Bäume gezogen.“ Die dort gefällten Bäume zeigten Zonenbildung wie in Europa, was HOLTERMANN

Q-Klüfte scherende Kräfte, wie CLOOS (Tektonik u. Magma, p. 5) dies annimmt, eine Rolle spielen: nicht, wenn sie als Trennungsbrüche, nicht, wenn sie in der Druckrichtung entstehen, es sei denn, daß im letzteren Fall die Druckbacken sich in sich selbst verschieben. Übrigens betont ja auch CLOOS häufig genug das primäre Klaffen der Q-Klüfte. — Das Bild, das ich mir von der Entstehung der weitaus größten Anzahl der Klüfte in der Druckrichtung mache, ist folgendes: starker seitlicher tektonischer, dazu Belastungsdruck. Die Ebene, in der die beiden Druckrichtungen liegen, ergibt die Q-Fläche, auf der die Richtung geringsten Drucks, die Ausweich(Streckungs-)richtung, senkrecht steht (vgl. den „Umschlingungsversuch“ von FÖPPL a. a. O., sowie die nächste Anmerkung).

<sup>1</sup> CLOOS hebt (Tektonik u. Magma, p. 2 u. 5) eine früher von ihm (2, Fig. 1 u. p. 14) gemachte Annahme auf. Nach seiner neuen Ansicht sind die Lagen der Ebenen Q und K dieselben, d. h. bei Granit entspricht der Ebene der Klüfte in der Druckrichtung auch die Ebene schlechtesten Teilbarkeit; mit anderen Worten: der Lage des CLOOS'schen Systems in der Druckrichtung folgt eine Spaltrichtung. Daß diese bei Granit gerade die schlechteste ist, wird mit der Streckung zusammenhängen.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [1922](#)

Autor(en)/Author(s): Stieler Carl

Artikel/Article: [Ein Beitrag zum Kapitel „Klüfte“. 664-672](#)