

## Bemerkungen über künstliche Bruchsysteme und ihre geologischen Analogien.

Von **Friedrich Rinne** in Günterstal, Baden,  
Prof. em. d. Univ. Leipzig, Prof. o. hon. d. Univ. Freiburg i. Br.

Mit 20 Textfiguren.

### 1. Künstliche Bruchsysteme.

Im Gegensatz zu den verwickelten mechanischen Verhältnissen der Einkristalle lassen sich die allgemeinen Spannungszustände der amorphen und feinkörnig kristallinen Materialien mit ungerichtetem

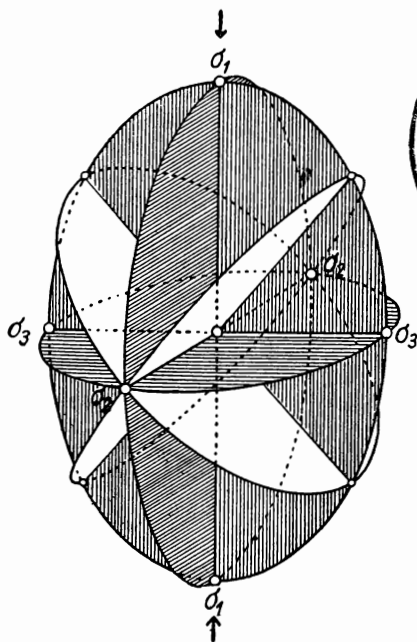


Fig. 1. Allgemeines Spannungselipsoid isotroper und quasiisotroper Stoffe.  
Mit Einzeichnung der zwei Abscherflächen.

Gefüge durch einfache Bezugsflächen kennzeichnen. Die wirre Lagerung der zwar anisotropen Feinbauteile amorpher Stoffe bringt selbst beim kleinsten Probekörper eine Isotropie durch Mittelwerte mit sich; es herrscht bei ihm eine Körnigkeit allerfeinsten, nämlich

molekularen Ausmaßes. Die dicht- oder doch feinkristallinen Stoffe mit ungerichtetem Gefüge gelten mechanisch als „quasiisotrop“, insofern ihre anisotropen Bestandteile im Vergleich zum Volum des mechanisch beanspruchten Körpers immerhin auch noch sehr klein sind.

Der in Rede stehende Spannungszustand amorph-isotroper und quasiisotroper Materialien stellt in seiner allgemeinsten Art, wie bekannt, ein dreiachsiges Ellipsoid mit den orthogonalen Hauptspannungsrichtungen  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$  vor (Fig. 1). In die kristallographisch-geometrische Formensprache übersetzt handelt es sich



Fig. 2. Marmorzylinder mit einscharig welligem Bruch.

also dabei um ein rhombisch-holoedrisches Symmetriemodell. Dem entsprechen im Grundsatz die beim Überschreiten des möglichen Spannungsextrems einsetzenden Abscherflächen; sie liegen prismatisch parallel  $\sigma_2$ , schräge zu  $\sigma_1$  und  $\sigma_3$ . Bei nicht völlig exakt verlaufenden Versuchen, die in der Praxis wohl überwiegen, macht sich von den mehrfachen Orientierungen der Scherflächen nur eine als Brucherscheinung am Probekörper geltend (Fig. 2). In dem Falle ist also die Symmetrie des Vorgangs erniedrigt. Andererseits läßt sich durch besondere Formgebung des Materials und bei genau orientierter Beanspruchungsart die Symmetrie der Bezugsfläche und dem entsprechend die Symmetrie des sich beim Bruch ausbildenden Endkörpers erhöhen. Beispielsweise lieferte ein Marmorzylinder,

der mit seiner Längsrichtung genau in die Druckrichtung der verwendeten Presse und achsenzentriert eingebaut wurde, bei von L. PRANDTL und mir<sup>1</sup> angestellten Versuchen einen Doppelkegel, dessen Endflächen den Platten der Druckapparatur anlagen, dessen Spitzen also einander zugekehrt waren (Fig. 3). Besonders leicht lassen sich solche höher symmetrischen Beanspruchungen und damit harmonisierende Effekte bei Gläsern erzielen; ihre hohe Sprödigkeit bei gewöhnlicher Temperatur, also das dann völlige Fehlen fließender Deformation, die einem idealen Versuchsverlauf leicht hinderlich wird, kommt dem zustatten. Der Bruch tritt im Glase



Fig. 3. Marmorzylinder in Richtung seiner Achse gepreßt. Doppelkegeliger Bruchkörper.

also plötzlich und zwar wegen der hohen Tensionsempfindlichkeit des Materials beim Übermaß der Zugspannung ein. Gegen Druck sind Gläser sehr fest.

Man erhält am glasigen Material rotationssymmetrische Spannungsverhältnisse und entsprechende Bruchkörper z. B. wenn man eine dicke Platte weit ab von ihrer seitlichen Umrandung mög-

<sup>1</sup> F. RINNE, Bericht über von L. PRANDTL und F. RINNE durchgeführte Versuche über die Methoden zur Bestimmung der Druckfestigkeit von Gesteinen. N. Jahrb. f. Min. etc. 1907. I. 45. Siehe auch F. RINNE, Umformung von Kalkspatkristallen und von Marmor unter allseitigem Druck. Ebenda. 1903. I. 160 und F. RINNE, Über das Fließen fester Stoffe, insbesondere der natürlichen Salze. Zs. f. Kristallogr. 61. 389. 1925.

lichst punktförmig, etwa durch Kugeldruck, beansprucht. Es entsteht dann beim Überschreiten der Elastizitätsgrenze eine flach kegelförmige Brucherscheinung, deren Spitze sich am Druckpunkt befindet, und die mit der Verstärkung der Belastung mehr und mehr durch Verlängerung ihres Kegelmantels in die Glasmasse hinein-

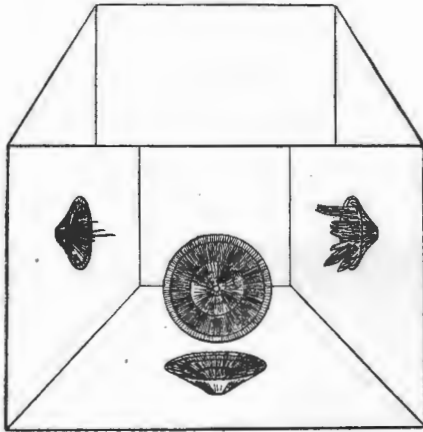


Fig. 4. Glaswürfel, auf verschiedenen Flächen durch Kugeldruck gepreßt. Kegelbrüche.

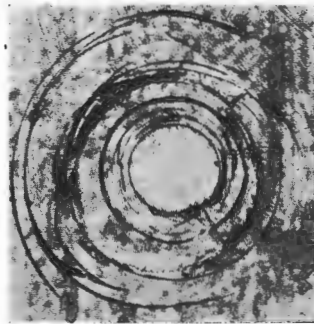


Fig. 5. Glasplatte mit Kugeldruckstelle. Ringsprünge.

wächst. Je nach der Richtung des Lichtes zum Präparat erscheint dies ungemein zierliche Bruchgebilde im Innern des Glaskörpers in silberigem Reflex oder in dunklerer, gelblicher, bräunlicher bis schwärzlicher Farbtonung. Solche Fälle sind in Fig. 4 naturgetreu dargestellt. Sie beziehen sich auf einen Glaswürfel, der nacheinander auf einigen seiner Flächen mittels Aufpressen einer Stahlkugel, entsprechend der BRINELL'schen Härteprobe, beansprucht wurde. Nach Entfernung der Kugel erkennt man an der Druckstelle kon-

zentrisch zu ihr verlaufende Risse, deren Einschnitte meist nicht in sich geschlossene Kreise, sondern Teilstücke davon bilden, ähnlich perlitischen Sprüngen in Dünnschliffen vulkanischer Gläser.

Führt man den Versuch an größeren Glasmassen aus, so läßt sich durch Abbröckeln der Mantelpartien am Druckkegel letzterer herauspräparieren. In der Hinsicht hat H. JEBSEN-MARWEDEL<sup>1</sup> ausgezeichnete Beispiele von „Stoßkörpern“ durch den Schlag eines Hammers mit sphärisch gekrümmter Fläche oder durch einen kugligen Fallkörper erhalten. Ich verdanke der Freundlichkeit des Genannten einige sehr schöne Proben, die bei der folgenden Darlegung mitverwertet sind.



Fig. 6. Glasstoßkörper. Grundriß.

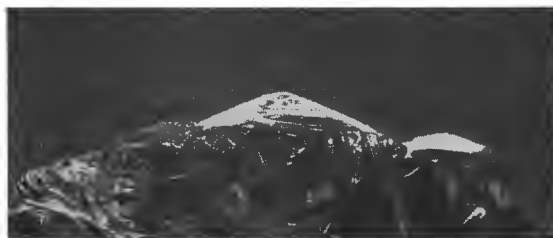


Fig. 7. Glasstoßkörper. Profil.

Zunächst seien mehrere, dem Idealfall des rotationssymmetrischen Effektes sich nähernde Beispiele bildlich vorgeführt. Fig. 6 stellt

<sup>1</sup> H. JEBSEN-MARWEDEL, Über den Spannungsverlauf bei der Zertrümmerung kompakten Glases durch Schlag oder Stoß. Sprechsaal, Zs. f. d. keramische, Glas- und verwandte Industrie. 1927. 317.

einen solchen Stoßkörper im Grundriß dar, Fig. 7 einen im Profil<sup>1</sup>. Die Gebilde erreichen einige Zentimeter Durchmesser. Fig. 8 gibt eine Vergesellschaftung von Stoßkörpern wieder.

Zur näheren Kennzeichnung der Spannungsverhältnisse bei der Herstellung derartiger Objekte dürfte der kurze Hinweis auf eine Erörterung von H. HERTZ von Bedeutung sein<sup>2</sup>. Das Schema der Fig. 9 gibt nach dem Genannten die Verteilung von Druck und Zug



Fig. 8. Vergesellschaftung von Glasstoßkörpern.

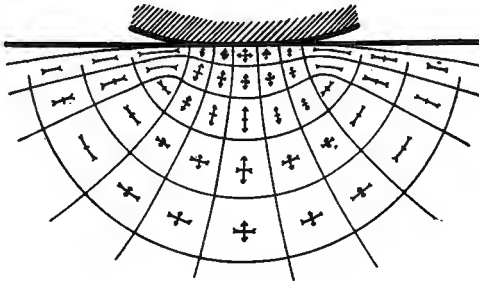


Fig. 9. Verteilung von Druck und Zug in einem örtlich gepreßten Körper.  
Nach H. HERTZ.

<sup>1</sup> Die Druckstöcke zu den Fig. 6 und 7, sowie 12 b wurden von der deutschen glastechnischen Gesellschaft aus einer Veröffentlichung von F. RINNE (Glastechn. Ber. 6, 65, 1928) freundlichst zur Verfügung gestellt.

<sup>2</sup> H. HERTZ, Ges. Werke 1895. 174. In der Fig. 9 bedeuten die mit der Spitze gegeneinander gerichteten Pfeile Zug, die entgegengesetzt orientierten Druck. Vgl. auch F. RINNE, Weitere Beiträge zur Kenntnis von Spannungsdiagrammen. Dies. Centralbl. 1927. A. 177.

Zug unter und an den Seiten einer Einpressung wieder. Man erkennt, daß unter dem Mittelteil des pressenden Körpers sowohl in vertikaler als auch seitlicher Richtung Druck herrscht; er geht nach außen durch den Nullwert in Zug über, der seinerseits in der Nähe des Randes der Druckfläche ein Höchstmaß erreicht, um sodann auszuklingen.

In vielen anderen Fällen tritt der mehr oder minder ausgeprägte wirtelige Effekt der Spannungsauslösung zurück, wie es schon bei der Erwähnung des allgemeinen Spannungszustandes erörtert und bildlich dargestellt wurde (Fig. 1/2 S. 553/4). Bei der Ausführung der Experimente stellen sich ja oft allerlei Unregelmäßigkeiten ein, sei es zufolge wechselnder Materialbeschaffenheit im Probekörper, sei es durch Randwirkungen, im übrigen aber auch im Verlaufe eines sich zunächst normal entwickelnden Versuches durch einsetzende schiefe Beanspruchung. Es erscheinen dann Abweichungen, im vorliegenden Falle von der Rotationsgestalt, als Störungen des Idealeffektes. Derartiges erkennt man auch in der Fig. 4 in Form eigenartig flammen- und schwertartiger Sprünge, die von der spitzen Anfangsstelle des kegelförmigen Hauptbruches in die Druckfigur hineinstrahlen.

Kräftig ausgeprägte Beeinflussungen der Bruchsysteme stellen sich naturgemäß ein beim Ansetzen der Druckstelle nahe der Umgrenzung einer Glasplatte. Insbesondere treten solche Randwirkungen auf, wenn man den Druck einer Stahlkugel auf eine der Schmalseiten der Platten wirken läßt. Gerade in dem Falle kann man im übrigen die einschlägigen Vorgänge von der Breitseite des Präparates bequem u. d. M. verfolgen<sup>1</sup>. In bekannter prächtiger Art tritt dabei die mit dem Pressen wachsende Spannung durch die Polarisationserscheinungen zwischen gekreuzten Nicols und schließlich die sprunghafte Auslösung des abnormen feinbaulichen Zustandes<sup>2</sup> durch das Rückschnellen zur optischen Isotropie heraus.

Bei diesem gewaltsamen Ausgleich der Überspannung entwickeln sich von der Druckstelle nach den zwei seitlichen Begrenzungen hin leicht bogenförmige, flügelartige Sprungflächen. Sie erscheinen zufolge Totalreflexion des Lichtes dunkel bzw. an den sehr zart auslaufenden Flügelenden bräunlich gelblich (Fig. 10 a, b, c). Bei wachsendem Drucke strebt eine solche Brucherscheinung mehr und mehr in die Platte hinein, wobei sich meist eine deutlichere Krümmung der äußeren Begrenzungslinie zeigt. Ein solches Bruchsystem bildet also nicht einen einfachen geraden Kegel; es hat vielmehr, wie auch

---

<sup>1</sup> F. RINNE, Beiträge zur Kenntnis von Spannungsdiagrammen. Dies. Centralbl. A. 121. 1926; weitere Beiträge usw. A. 177. 1927; Bemerkungen zur Mechanik und Optik des Glasschneidens. A. 209. 1926.

<sup>2</sup> F. RINNE, Feinbauliche Erörterungen und röntgenographische Erfahrungen über optische Anomalien. Dies. Centralbl. A. 225. 1925.



Fig. 10 a.

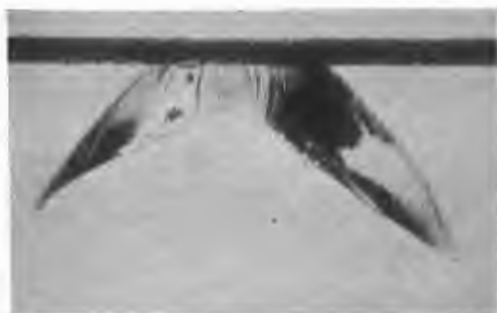


Fig. 10 b.



Fig. 10 c.



H. JEBSEN-MARWEDEL an den von ihm beobachteten Stoßkörpern erwähnt, mehr paraboloido Begrenzungen.

Ist die Druckstelle auf der Schmalseite der Glasplatte besonders nahe deren Rande angesetzt, so springt schließlich wohl ein regelmäßiger, torartiger Glasscherben heraus (Fig. 10 d).



Fig. 10 d.

Fig. 10. Glasplatte von einer Schmalseite mittels Schneidendruck beansprucht. a) Anfangsstadium; b) fortgeschrittenes Stadium; c) einer der beiden Bruchflügel in noch weiter fortgeschrittenem Stadium; d) durch Kugeldruck herausgesprengter Glasscherben.

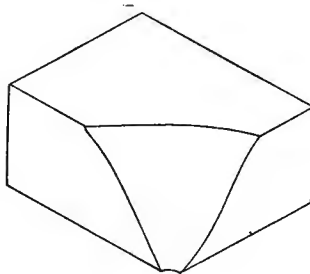


Fig. 11. Glasquader mit glatter Bruchfläche.

Auf den Bruchflächen der zersprengten Gläser findet man zu allermeist die in ihrer allgemeinen Erscheinung sehr bekannten, hier näher zu betrachtenden muscheligen Skulpturen von großer Zierlichkeit und Eigenart. Es gelingt nämlich nicht häufig, an einem Glaskörper eine völlig glatte Bruchfläche herzustellen, wie es Fig. 11 vorstellt; sie gibt einen Glasquader wieder, dessen eine Ecke unter

Ausbildung einer zwar windschiefen, indes, soweit ersichtlich, ganz glatten Absprengung weggeschlagen wurde. Zumeist macht sich ein muscheliger-gerippter Bruch geltend, wobei es sich jeweils um ineinander passende Skulpturen auf der Fläche und Gegenfläche

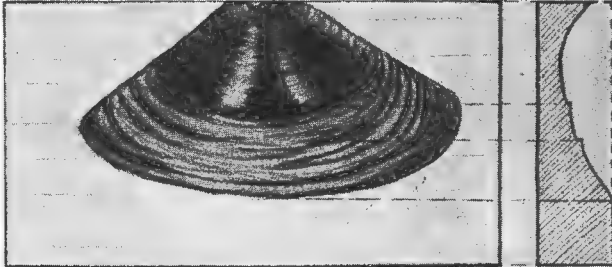


Fig. 12a.



Fig. 12 b.

Fig. 12. Glas mit muscheligem Bruch. a) Ansicht und Profil.  
b) Desgleichen, Ansicht.

zu Seiten des Risses handelt. G. TAMMANN<sup>1</sup> hat dieser Erscheinung eine vertiefte Betrachtung gewidmet und die Wellennatur der Skulptur herausgehoben. Auch H. JEBSEN-MARWEDEL (a. a. O.) sprach sich in nämlicher Hinsicht darüber aus.

<sup>1</sup> G. TAMMANN, Die Entstehung des muscheligen Bruches. Göttinger Nachr. Math.-phys. Kl. 218. 1919.

Hier sei in beschreibendem und messenden Sinne unter photographischer und zeichnerischer Wiedergabe charakteristischer Beispiele auf die Verhältnisse eingegangen.

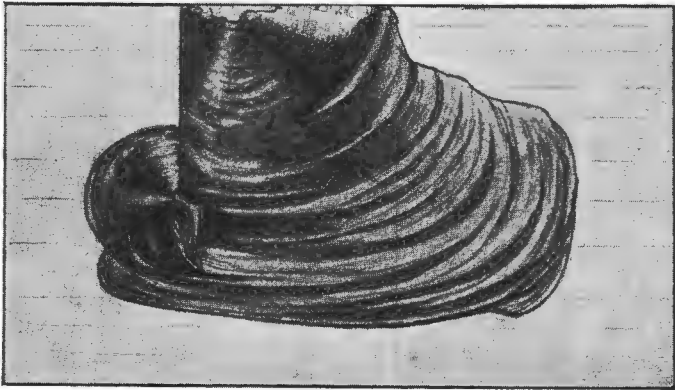


Fig. 13. Ein den muscheligen Bruch hemmender Sprung ist umflutet.

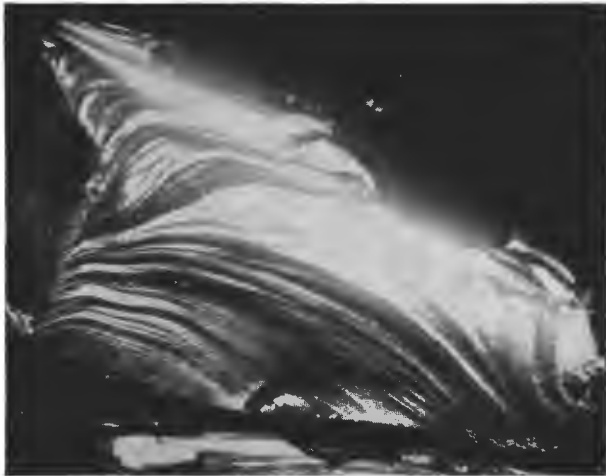


Fig. 14. Abgelenkte Wellenzüge im muscheligen Bruch von Glas.

Die in Fig. 6 u. 8 S. 557/8 dargestellten Stoßkörper zeigen die in Rede stehenden Wellenzüge in Form zur Spitze der Gebilde konzentrischer Systeme, die den hier zwar nur geringen Abweichungen des Glaskörpers von der einfachen Kegelform folgen. In anderen Fällen ist der Verlauf durch Randwirkung unregelmäßiger, und so kommt

es schließlich in mannigfaltiger Ausbildungsart der Übergänge zu den extremen Erscheinungen des ausgeprägt flachmuscheligen Bruches auf Glasscherben. Besonders schöne Beispiele bietet die



Fig. 15. Sekundäre flammenartige Wellenzüge im muscheligen Bruch von Glas.

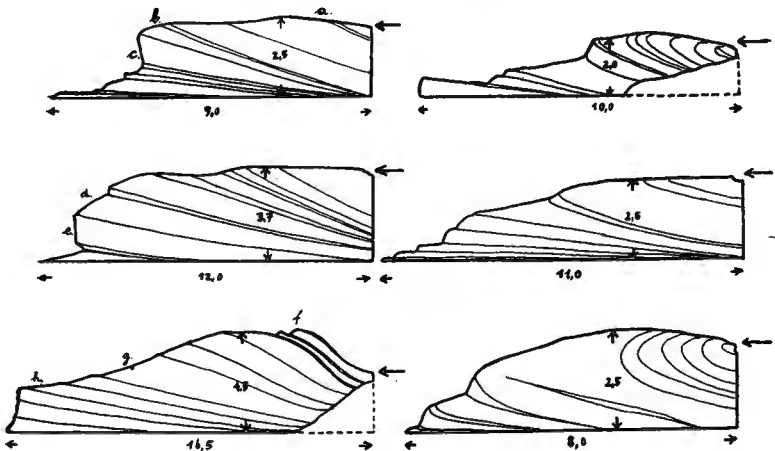


Fig. 16. Profilzeichnungen von muscheligen Brüchen in Gläsern. Maße in mm.

Fig. 12 dar. Von Interesse sind hierbei ferner auch die Erscheinungen eines glatten Abschneidens der Wellenzüge an bereits bestehenden

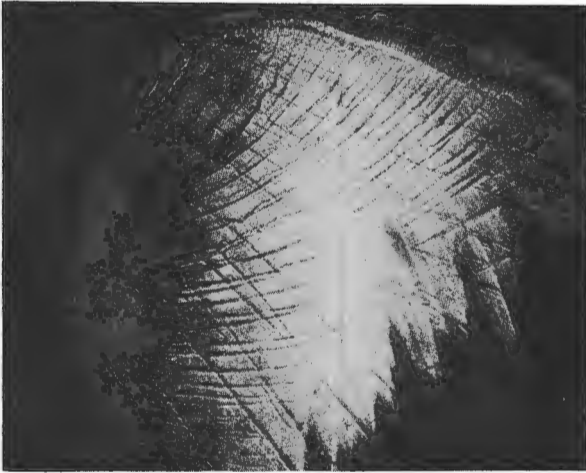


Fig. 17. Strahlen im muscheligen Bruch von Glas.



Fig. 18. Bajonettförmig verworfene Strahlen in muscheligem Bruch von Glas.

Klüften im Glase, wobei es aber auch zu charakteristischen Umflutungen des Ausbreitungshindernisses kommen kann (Fig. 13). Unregelmäßigkeiten der Schlagführung veranlassen sekundäre Wellenzüge von breit ausgeladener wogiger Form (Fig. 14) oder solche

von schmaler, flammenartig züngelnder Art (Fig. 15). Auch werden Wirbelerscheinungen beobachtet.

Um solche steinernen Wellenscharen im Profil näher zu kennzeichnen, ist in Fig. 16 eine größere Anzahl von ihnen in Seitenansicht zusammengestellt. Sie zeigen Ähnlichkeiten mit den Ausbreitungsfiguren von Wasserwellen am Strande, besonders solcher in der Brandungszone. Beim Verfolg der oberen Profillinie der Figuren tritt heraus, daß stoßweise flach nach oben gewölbte Zonen mit muldenförmigen Vertiefungen wechseln, und daß die Stirn-



Fig. 19. Gabelung von Riß-Strahlen im muscheligen Bruch von Glas.

ränder der Wellen sich mit sehr wechselnder Neigung ausbilden. Dabei kommt es schließlich zu saigeren Abstürzen und wirbelig überkippten Profillinien.

Im übrigen erkennt man auf den Bruchflächen der Präparate meist sehr schön regelmäßige Systeme von Strahlen; sie wechseln von den allerzartesten Erscheinungen bis zu groben Rissen. Ihre Tendenz, sich senkrecht zu den Wellenzügen zu stellen, ist nicht zu verkennen (Fig. 17). Nicht selten setzen diese Strahlen verwerfungsartig ab (Fig. 18); es kommen oft auch Gabelungen vor (Fig. 19). Kurzum, es läßt sich beim näheren Studium eine Fülle prächtiger Skulpturen erkennen, deren Einzelbeschreibung sich hier aber erübrigt.

## 2. Geologische Vermerke.

Es liegt nahe, die oben erörterten Umstände künstlicher Bruchsysteme auf geologisch-tektonische Verhältnisse anzuwenden.

In der Hinsicht sei hier zunächst auf die allgemein bedeutsame

Tatsache hingewiesen, daß es nicht angängig ist, wie es wohl geschieht, schlechthin aus dem beobachteten Streichen einer Kluft auf eine Druckrichtung senkrecht oder längs zum Bruchverlauf zu schließen. Die Fig. 1, 2, 4 u. a. zeigen, daß solche Beziehungen verwickelter sind.

Von speziellen Verhältnissen hätte es natürlich großes Interesse, einer Erklärung des mechanischen Wesens besonders auffälliger geologischer Bruchsysteme näher zu kommen bzw. etwaige darüber bestehende Ansichten zu unterstützen. Es würde dahin die großzügige Art der Spannungsauslösung gehören, die zu den weithin ziehenden, ungefähr äquatorealen und meridionalen Bruchzonen, sowie zu den so oft erscheinenden Hauptverwerfungen in etwa NW—SO- und NO—SW-Richtung geführt haben. Man wird solch regelmäßiges Zusammenbrechen und Reißen der Erdkruste in Anbetracht der Orientierung zur Erdachse doch am ehesten mit dem mechanischen Zwange der kombinierten Schwer- und Zentrifugalkraft der rotierenden Erde in Beziehung setzen wollen, mit derselben Ursache also, die dem Erdkörper eine alle epirogenetischen und orogenetischen Dislokationen übertreffende Abweichung von der Kugelform in Gestalt einer radial 20 km betragenden äquatorealen Ausweitung gegeben hat. Wenngleich diese polar abgeplattete, rotationsellipsoidische Form in die astronomischen Zeiten der Erde zurückreicht, so wirkt sich das Motiv doch auch noch in der verfestigten Erdkruste aus; es machte seinen Einfluß bezw. seine Mitwirkung in allen geologischen Perioden geltend. Jede Änderung der Rotationsachse in ihrer Lage würde im übrigen ein Wandern des ausgewichenen Gürtels der Erde mit sich bringen. Die in Rede stehenden, ungefähr äquatoreal und meridional verlaufenden Hauptbruchzonen erscheinen im Hinblick auf die Spannungsverhältnisse eines wie die Erdkugel deformierten Gebildes mechanisch naturgemäß; es dürfte sich bei ihnen um ein Überschreiten der möglichen elastischen Ausweichungsdeformation handeln, wie man es mehr oder minder regelmäßig an Marmorzylindern beobachten kann, die axial gedrückt werden und die in längsgestreckte Scheite zerplatzen, oder an Kugeln aus hartem Holz. Im Gefolge der Deformation können hierbei auch МОНР'sche Klüfte auftreten, deren Großrepräsentanten die NO- und NW-Risse der Erdkruste wohl vorstellen.

Der oft heraustretende unentwegte Verlauf insbesondere der Verwerfungen dürfte darauf hinweisen, daß die Erdkruste trotz ihrer beträchtlichen petrographischen Differenzierung bei solchen Erscheinungen großen Formats unter dem Zeichen der Quasiisotropie behandelt werden kann. Wie beim Experiment kommt es natürlich im einzelnen aber doch zu gelegentlichem Bogenschlagen und zu einem Abbrechen der Bruchzonen und Verwerfungsrisse in bajonettförmiger Art (Fig. 18, S. 565) sowie zu Gabelungen (Fig. 19).

Es soll nicht verkannt werden, daß solche Erwägungen und ihre naheliegenden geologischen Folgerungen bezüglich der Konstanz

oder des Wanderns der Drehungsachse der Erde im Laufe der geologischen Zeiten zunächst nur den Charakter einer Arbeitshypothese haben, die weiterer mechanischer und geologischer Studien bedarf.

Im selben Sinne sei hier auf eine mögliche geologische Anwendung der Erörterungen von H. HERTZ über die Verteilung von Druck- und Zugspannungen unter und am Rand einer sich in ihre Unterlage eindrückenden Masse hingewiesen. Wie S. 558/9 schon vermerkt ist, hat man es außer der Druckspannung, die unterhalb des sich einpressenden Körpers herrscht, nach H. HERTZ an den Rand-

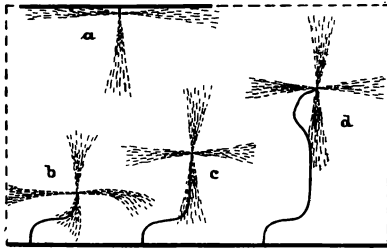


Fig. 20 a, b, c, d. Aufeinanderfolge der Spannungsbilder eines in einer Glasplatte wandernden Risses.

bezirken mit maximal ausgeprägten Zugspannungen zu tun. Man könnte also eine geologische Analogie hierzu in den mechanischen Umständen einer in den ausweichenden Untergrund absinkenden Geosynklinale finden und am Rande solcher als Gesteinsmasse gegen Zugspannung empfindlicher Absenkungsfelder Tensionsbezirke annehmen, in denen sich daher Tiefseegräben und kontinentale Zerrungsspalten geltend machen können.

Die vom Material der absinkenden Geosynklinale verdrängten magmatischen Massen finden in diesen Zerrungsgrenzonen als Schmelzen und als abdestillierte Gase am ehesten Gelegenheit zum Ausbruch, eventuell unter orogenetischer Dislokation ihrer Decke. In dem Falle hätte man es mit einer Gebirgsbildung, sei es von Faltungs- oder Deckenform, in den Randbezirken der Geosynklinale zu tun, also mit dem Haupttyp der großen Orogenesen. Örtliche Absenkungen im kontinentalen Areal könnten unter demselben Gesichtspunkte als Ursache für Magmenverlagerungen nach oben betrachtet werden. Als Beispiel für den ersten Typ dürfte das varistische Gebirge dienen können, als solches für den zweiten die afrikanischen Gräben, das Rheintal u. a. Faltungsorogenesen werden im letzteren Falle wegen größerer Starrheit der Kontinentalmassen im allgemeinen fehlen.

Weiterhin mögen hier einige vergleichende Vermerke über die geschilderten Auslösungen von Spannungen in Form der Stoßkörper einerseits und bestimmten geologischen Umständen andererseits



gestattet sein. Die in den Fig. 6, 7 und 8, S. 557/8 wiedergegebenen Gebilde sind das Erzeugnis eng lokalisierter Pressung; sie erinnern somit an die seismischen Erscheinungen der Erdkruste. Von der künstlichen Stoßstelle gleichwie vom Hypozentrum der Erdbeben breiten sich elastische Longitudinal- und Transversalschwingungen aus, die zu Reißbildungen und Absprengungen führen. Beim Experiment läßt sich leicht ein periodisches Verlängern der Risse hervorrufen, und im polarisierten Lichte gewahrt man dann, wie jeweils vor dem Reißende im noch nicht gesprengten Teil der Probe sich ganz besonders starke Spannungen angesammelt haben (Fig. 20)<sup>1</sup>. Entsprechend beobachtet man öfter ein Wandern des seismischen Epizentrums. Beim Versuch erkennt man gelegentlich, daß bereits klaffende Risse einer Ausbreitung der von der Stoßstelle her in seitlicher Richtung ankommenden Wellen hinderlich sind, ja sie unmittelbar abschneiden. Die jenseitigen Massen liegen im seismischen Schatten. Von Interesse ist im übrigen, daß beim Experiment solche Risse gelegentlich umflutet werden (Fig. 13, S. 563).

Die regelmäßigsten natürlichen Stoßwirkungen auf eng begrenztem Areal hat man in Vulkanschloten vor sich, die unter dem lokalisierten Drange aufsteigender Magmen oder der aus ihnen entbundenen Gasen entstehen. Sie stellen ein Analogon dar zu den Stoßwirkungen, wie sie etwa durch ein Geschöß, das eine Glasplatte durchdringt, verursacht wird. Ein- und Ausschußstelle unterscheiden sich durch geringere und weitere Öffnung. Beim Versuch mit der Kugeldruckpresse läßt sich die Entfaltung der lokalisierten Wirkung sehr gut verfolgen. Es entstehen dann oft Ringsprünge (Fig. 5, S. 556). Man kann sie wohl in Ringspalten wiedererkennen, wie sie besonders schön in den vulkanischen cone-sheets der Insel Mull heraustreten, in Teilformen wohl auch z. B. in den vulkanischen Guirlanden der ostasiatischen Küste. Daß ein Aufsteigen von Salzmassen schlotförmige Durchbrüche zuwege bringen kann, verdient gleichfalls hier angeführt zu werden.

<sup>1</sup> F. RINNE, Beitrag zur Kenntnis von Spannungsdiagrammen. Dies. Centralbl. A. 1926. 121.