

9
A A - 3551

TARTU ÜLIKOOI GEOLOOGIA-INSTITUUDI TOIMETUSED
№ 35 PUBLICATIONS OF THE GEOLOGICAL INSTITUTION № 35
OF THE UNIVERSITY OF TARTU

DER VORGANG DES MUSCHELIGEN BRUCHS

VON

N. THAMM

TARTU 1933

DER VORGANG DES MUSCHELIGEN BRUCHS

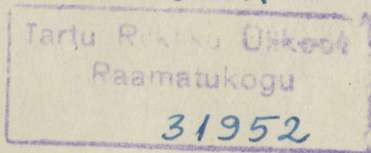
VON

N. THAMM

TARTU 1933

Sonderabdruck aus: „Sitzungsberichte der Naturforscher-Gesellschaft bei der
Univ. Tartu“. XL, 3-4.

Est. A



Die punktförmige Belastung eines Körpers aus kompaktem Glase erzeugt, wenn weit von den Rändern des Versuchsobjektes wirkend, einen sogen. Glasstosskörper, wie ihn besonders Rinne beschrieben hat (1). Wirkt dieselbe Belastung genügend nahe einer Kante des Körpers, so erfolgt ein Ablösen des Stoffes in Form von flachen Splintern, deren Querrillen besonders charakteristisch sind. Die erzeugte Bruchfläche wird ihrer Gestalt wegen als muschelige Fläche bezeichnet. Je nach der Stossrichtung wird sie die Ähnlichkeit mit einer *Tellina*, einem *Obolus* oder einer *Lingula* besitzen (Abb. 3). Die wellenförmigen Rillen stehen senkrecht zur Stossrichtung und sind von zahlreichen bajonettartig abgesetzten Haarrissen quer durchsetzt.

Zur Deutung der gewellten Oberfläche in ihrer Entstehung nimmt Tammann (2) die Wirkung der durch den Schlag erzeugten Longitudinalwellen an. Die Ausführungen von Cloos (3), Ljungner (4) und Holmquist (5) über die Fiederspalten (Diagonalspalten, Flexurspalten) lässt für die Vorgänge bei der Herausbildung einer muscheligen Bruchfläche eine Erklärung zu, die im folgenden ausgeführt werden soll.

Die Entstehung eines muscheligen Bruchs hat zur Voraussetzung, dass der Stoff, in dem sich solch ein Bruch bilden soll, spröde und mechanisch isotrop ist. Ein Stoff bricht nicht mehr muschelig, wenn er durch Erwärmung eine gewisse Grenze der Plastizität erreicht hat. Auftretende Spaltbarkeit lässt den Stoff mechanisch anisotrop werden. Die auf eine Deformation hinwirkenden Kräfte ihrerseits müssen gross genug sein, um die Bruchgrenze des Stoffes zu überschreiten und ihre Wirkung muss genügend rasch erfolgen, um einer plastischen Umgestaltung zuvorzukommen. Schliesslich muss die Bedingung er-

füllt sein, wonach Teile des zu zerbrechenden Körpers eine Ausweichmöglichkeit besitzen. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, so erfolgt reine Kompression, ohne Trennung der Masse. Der Sinn dieser Ausweichmöglichkeit besteht in der Fähigkeit der Druckspannung sich in senkrecht gerichtete Zugspannungen umzusetzen. Ohne letztere ist ein Auseinanderbrechen, also ein Voneinander-Entfernen von Stoffteilen nicht möglich.

Eine vorhandene örtliche Spannung erzeugt im Untersuchungsobjekt einen anisotropen Zustand. Der von ihr ergriffene (der komprimierte) Teil muss sich anders verhalten, als der ausserhalb einer gewissen Spannungsgrenze liegende. Diese Spannungsgrenze dürfte der Bruchgrenze des Stoffes entsprechen. Die dem Druck zukommende Bewegungstendenz zwingt den komprimierten Teil zum Vorrücken und trennt ihn somit von dem ausserhalb liegenden Teil längs der Bruchfläche.

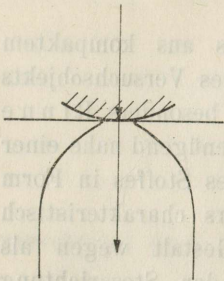


Abb. 1.

Die von Rinne beschriebenen Glasstosskörper sind solche von dieser Fläche begrenzte Stoffteile, die durch punktförmige Druckbeanspruchung aus dem Stoffverband herausgelöst sind. Der Verlauf der Grenzfläche ist kuppelförmig, — vom Druckpunkt aus divergierend, flachabfallend, weiterhin steiler werdend und einer Parallelität miteinander zustrebend (Abb. 1). Dieselbe Umgrenzungsform finden wir beim muscheligen Bruch (Abb. 3 c.). Sie bildet eine der Auswirkungen der Schubbeanspruchung.

Neben der Schubbeanspruchung spielt beim muscheligen Bruch die Knickbeanspruchung eine wichtige Rolle. Wie beim Schub das Zerreißen an der Grenze einer bestimmten Kompression stattfindet, so muss sich beim Knicken derselbe Vorgang an der Grenze ereignen, die zwischen dem komprimierten (konkave Seite) und dem gedehnten Teil (konvexe Seite) liegt. Die Ausweichung des Stoffes ist also radial gerichtet (Aufblättern). Auf der konvexen Seite des Körpers herrscht indes am Anfang des Knickens reine Tangentialspannung, die einen senkrechten Bruch zu erzeugen bestrebt ist. Erst nachdem dieser entstanden ist, kann der Riss in die neutrale Faser abgelenkt werden.

Gleichzeitig mit dem Aufheben der Kohäsion im äusseren Teil des Körpers, findet eine Abwärtsverlagerung der neutralen Faser statt, so dass im weiteren Verlauf der Riss wieder die senk-

rechte Richtung nimmt. Eine fortlaufende Stufenbildung tritt jedoch nicht ein. Praktisch erscheint die Bruchfläche bei Glasstäben schmiegsam in S-Form, wobei der horizontale Teil unterhalb der Stabmitte liegt (Abb. 2). Der Bruch in symmetrischer Ausbildung ist seltener. Meist öffnet sich nur der eine Schenkel. Glasplatten brechen fast nur nach einem Schenkel. Mitunter ist an einem Rande der Platte der linke und am anderen der rechte Schenkel ausgebildet (Abb. 2 c.). Bleibend ist die S-Gestalt bzw. die Spiegelbildform davon.

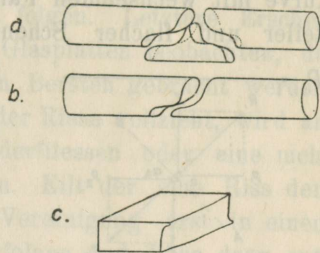


Abb. 2.

Bei punktförmiger Belastung pflanzt sich der Druck in der Symmetrieachse des Stosskörpers fort. Je nach der Richtung der Kraft in Bezug auf die Kante des belasteten Körpers, wird sich der Wirksamkeitsbereich für die Schubspannung mehr oder weniger innerhalb desselben befinden (Abb. 3).

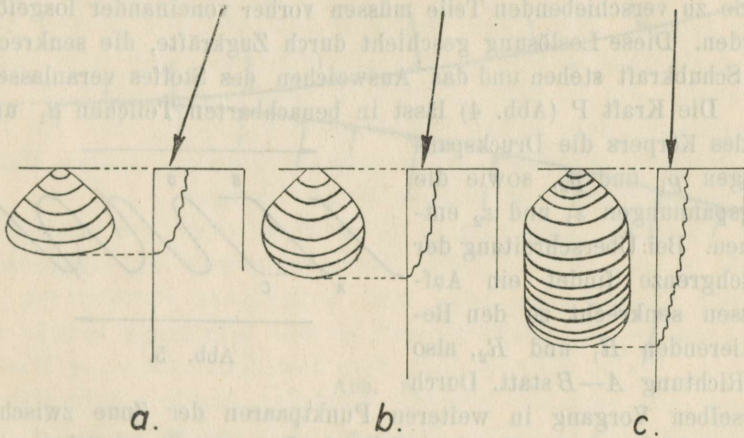


Abb. 3.

Die schönsten Flächen muscheligen Bruchs entstehen im Falle c, d. h. bei einer Schubbeanspruchung nahezu parallel einer Körperfläche. Von der Stossstelle aus erweitert sich der Bruch zunächst rasch, um sich dann, nach Erreichen einer bestimmten Breite, bei paralleler Grenzlage in Richtung des Stosses fortzusetzen. Die Wellung der Oberfläche verläuft anfänglich konzentrisch und behält später (im Bereich der parallelen Ränder) den

grössten erreichten Halbmesser bei. Der Bruch schliesst mit der letzten entstandenen Wellenwand.

In einem längs der Symmetrieachse der „Muschel“ gelegten Schnitt erscheint die gewellte Oberfläche des Bruchs als eine Kurve mit wechselnden Fallwinkeln. Auffällig ist das Abwechseln steiler und flacher Schenkel, wobei der steile Schenkel stets

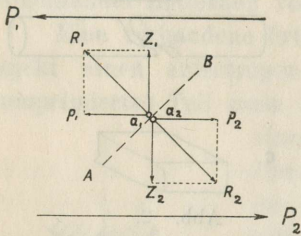


Abb. 4.

gegen die Stossrichtung gestellt ist. Den Abschluss des Bruchs bildet ein steiler Schenkel. Nicht selten sind die Wellenberge und -Täler spitz zulau fend, was eine verschiedenartige Entstehung der steilen und der flachen Schenkel vermuten lässt. (Abb. 5).

Eine erzeugte Schubspannung ist charakterisiert durch das Herrschen zweier gegeneinander gerichteten Kräfte, die bestrebt sind Teile des beanspruchten Körpers aneinander zu verschieben. Eine solche Verschiebung ist zunächst, dank der Kohäsion nicht möglich. Beide zu verschiebenden Teile müssen vorher voneinander losgelöst werden. Diese Loslösung geschieht durch Zugkräfte, die senkrecht zur Schubkraft stehen und das Ausweichen des Stoffes veranlassen. Die Kraft P (Abb. 4) lässt in benachbarten Teilchen α_1 und α_2 des Körpers die Druckspannungen p_1 und p_2 , sowie die Zugspannungen z_1 und z_2 entstehen. Bei Überschreitung der Bruchgrenze findet ein Aufreissen senkrecht zu den Resultierenden R_1 und R_2 , also in Richtung $A-B$ statt. Durch

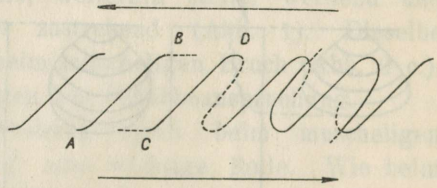


Abb. 5.

denselben Vorgang in weiteren Punktpaaren der Zone zwischen den wirksamen Schubkräften P_1 und P_2 entsteht zunächst eine Serie von Fiederspalten (Abb. 5).

Zur Deutung des weiteren Verlaufs des Abschubes ist nun die Tatsache wesentlich, dass im Bereich der Fiederspalten die Isotropie des Stoffes aufgehoben ist. Der Stoff ist nun in Vierecke zerteilt (Abb. 5), die nach zwei Seiten hin zwar ungestört in die übrige Masse übergehen, von den zwei übrigen Seiten aber von Klüften begrenzt sind. Die fortgesetzt wirksamen Kräfte P_1 und P_2 werden bestrebt sein das Viereck $ABCD$ hochzukanten.

Es müssen demnach die Klüfte BD (beginnend in B) und AC (beginnend in C) aufreißen. Es handelt sich hier also um eine Knickbeanspruchung. Die in B und C entstehenden Klüfte nehmen deshalb wieder den S-förmigen Verlauf. Beide sind bestrebt aufeinander zuzulaufen und sich zu vereinigen, womit sie der Richtung des geringsten Widerstandes folgen. Letztere Erscheinung lässt sich besonders schön an Glasplatten beobachten, die zwischen Klemmschrauben langsam zum Bersten gebracht werden. Je nachdem wie sich die Vereinigung der Risse vollzieht, wird am Treffpunkt ihr schmiegsames Ineinanderfließen oder eine mehr oder weniger scharfe Kante entstehen. Eilt der eine Riss dem anderen stark voraus, so wird die Vereinigung erst in einem Wellental bzw. in einem Wellenberg erfolgen und diese dann entsprechend winkelig abgesetzt sein (Abb. 5).

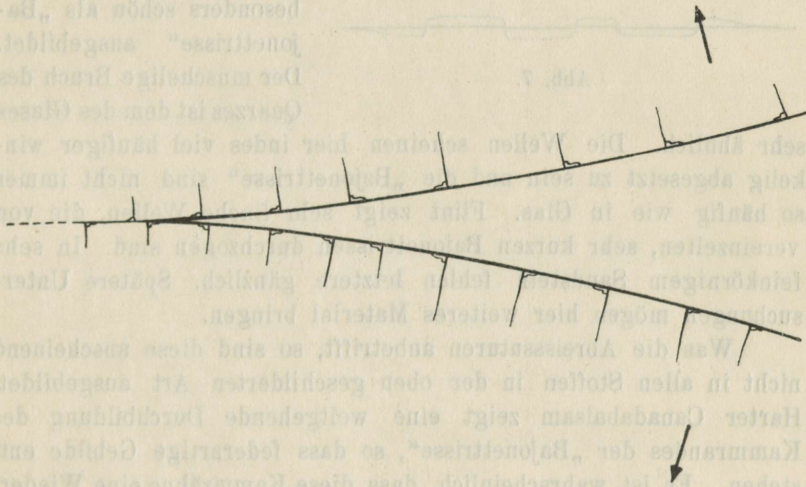


Abb. 6.

Dass der Vorgang des Öffnens der durch den Schlag entstandenen Fieder- und S-Spalten aus der Mitte der „Muschel“ nach ihrem Rande zu verläuft, beweisen die quer zu den Wellen gestellten Abreisssturen.

Da beim Öffnungsvorgang die beiden Spaltenränder notwendig konvex zueinander gekrümmt sein müssen (Abb. 6), findet hier ein Knickvorgang statt, bei dem S-förmige Risse senkrecht zur stärksten Krümmung aufreißen. Entsprechend dem geringen Betrag der Biegung und der relativ grossen Dicke des deformier-

ten Objekts vermögen diese Risse nicht sehr tief einzudringen. Das Herausbrechen von Splintern aus dem von diesen Rissen durchzogenem Material ist eine häufige Erscheinung. Entsprechend der Schlankheit der Rissbildungen besitzen diese Splitter die Form von Stäbchen bzw. von schlüsselbartähnlichen Gebilden. Sie finden sich stets verstreut auf der nichtabgestäubten Bruchfläche. Die schematische Darstellung eines Schnittes längs einer Wellenwand zeigt die Abb. 6.

Das abwechselnde Abbrechen von Splintern von der einen und der anderen Risswand verursacht das charakteristische bajonettförmige Aussehen dieser Risse (Abb. 7). Die scharfe Kante („Schlüsselbart“) der Splitter ist öfter kammförmig ausgezackt.

Die für die vorliegende Arbeit angestellten Versuche sind zum grössten Teil an Glas ausgeführt worden. In diesem Material sind die Abreisssturen besonders schön als „Bajonetttrisse“ ausgebildet. Der muschelige Bruch des Quarzes ist dem des Glases

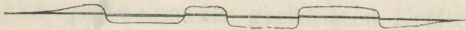


Abb. 7.

sehr ähnlich. Die Wellen scheinen hier indes viel häufiger winkelig abgesetzt zu sein und die „Bajonetttrisse“ sind nicht immer so häufig wie in Glas. Flint zeigt sehr flache Wellen, die von vereinzelt, sehr kurzen Bajonetttrissen durchzogen sind. In sehr feinkörnigem Sandstein fehlen letztere gänzlich. Spätere Untersuchungen mögen hier weiteres Material bringen.

Was die Abreisssturen anbetrifft, so sind diese anscheinend nicht in allen Stoffen in der oben geschilderten Art ausgebildet. Harter Canadabalsam zeigt eine weitgehende Durchbildung des Kammrandes der „Bajonetttrisse“, so dass federartige Gebilde entstehen. Es ist wahrscheinlich, dass diese Kammzähne eine Wiederholung des S-Spalten-Vorgangs darstellen, da die „Bajonetttrisse“ ihrerseits stets an beiden Enden auskeilen und hier also wiederum ein von der Mitte zu den Enden verlaufender Aufreissprozess anzunehmen ist.

Tartu, Geologisches Institut.

Literatur.

1. Rinne, F.: Bemerkungen über künstliche Bruchsysteme und ihre geologischen Analogien. Centralbl. f. Min. etc. Abt. B. p. 553, 1928.
2. Tammann, G.: Die Entstehung des muscheligen Bruchs. Göttinger Nachrichten. Math.-phys. Kl. p. 218, 1919.
3. Cloos, H.: Bau und Bewegung der Gebirge. p. 13. (253). Berlin 1928.
4. Ljungner, E.: Spaltentektonik und Morphologie der schwedischen Skagerackküste. Bull. Géol. Instit. of Upsala. XXI, 123, 1927.
5. Holmquist, P. J.: Über sog. Fiederspalten. Geol. Fören. i Stockholm Förh. Bd. 54, H. 1, p. 99, 1932.

Tartu Ülikooli Geoloogia-Instituudi Toimetused.
Publications of the Geological Institution of the
University of Tartu.

- № 1*. H. Bekker, Ph. D., D. I. C., Mõned uued andmed Kukruse lademe stratigraafia ja faunast. — Stratigraphical and paleontological supplements on the Kukruse stage of the Ordovician Rocks of Eesti (Estonia). With 2 plates, 1 map and 6 fig. in text. — Märts 1924.
- № 2*. — Devon Irboska ümbruses, stratigraafia, fauna ja paleogeograafia. — The Devonian Rocks of the Irboska district (S. E. Estonia) with the description of a new cemented brachiopod. With 1 map, 6 plates and 15 fig. in text. — Okt. 1924.
- № 3. A. Öpik, Beitrag zur Stratigraphie und Fauna des estnischen Unter-Kambriums (Eophyton-Sandstein). Mit 10 Textfig. und 3 Taf. — Veebr. 1925
- № 4*. A. Luha, Professor Hendrik Bekker, Ph. D. Sc. Nekroloog, pildiga. With English Summary.
A. Öpik, Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C₂)-Stufe in Eesti. I. — Über die Kalksandsteinfacies des Vaginatenskalkes auf der Halbinsel Baltischport und über ein *Acidaspis*-Pygidium aus denselben Schichten. — Dets. 1925.
- № 5. K. Jaanson-Orviku, Beiträge zur Kenntnis der Aseri- und der Tallinna-Stufe in Eesti. I. — Veebr. 1927.
- № 6*. A. Öpik, Über den estländischen Blauen Ton. — Juuli 1926.
- № 7. K. Jaanson-Orviku, Rändpangaseid Eestis (Über die Glazialschollen in Eesti). Mit deutschem Referat. — Juuli 1926.
- № 8. K. Orviku, Die Rautenvariationen bei *Echinospaerites aurantium* Gyll. und ihre stratigraphische Verbreitung im estnischen Ordovizium. — Märts 1927.
- № 9. A. Öpik, Die Inseln Odensholm und Rogö. Ein Beitrag zur Geologie von NW-Estland. — Sept. 1927.
- № 10. A. Öpik, Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C₂)-Stufe in Eesti. II. — Sept. 1927.
- № 11. I. Reinvaldt, Bericht über geologische Untersuchungen am Kaalijärv (Krater von Sall) auf Ösel. Mit Beiträgen von A. Luha. — Sept. 1928.
- № 12. A. Öpik, Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C₂-C₃)-Stufe in Eesti. — Okt. 1928.
- № 13. A. Öpik, Über Trockenrisse und Regenspuren im Monograptus-Schiefer von Hodkovičky (Böhmen), und über die Entstehung der Graptolithenschiefer überhaupt. — Märts 1929.
- № 14. K. Orviku, Uhaku. Kirde-Eesti karstiaala stratigraafia ja geomorfoloogia. Deutsches Referat: U h a k u. Zur Stratigraphie und Geomorphologie des NO-estnischen Karstgebietes. — Mai 1929.
- № 15. A. Öpik, Studien über das estnische Unterkambrium (Estonium). I—IV. — Juuli 1929.
- № 16. A. Öpik, Über Muskelhaftstellen der Glabella von *Pseudasaphus tecticaudatus* Steinh. (*Crust.*, *Trilobita*) und über die Funktion der Fazialsutur. — Juuli 1929.

Est
A-3551
35. 3192

- № 17. A. Audova, Aussterben der mesozoischen Reptilien. I. — Aug. 1929.
- № 18*. A. Öpik, Der estländische Obolenphosphorit. — Aug. 1929.
- № 19. P. W. Thomson, Die regionale Entwicklungsgeschichte der Wälder Estlands. — Detsember 1929.
- № 20. A. Öpik, Brachiopoda Protremata der estländischen Kukruse-Stufe. — Jaanuar 1930.
- № 21. K. Orviku, Keskdevoni põhikihid Eestis. Deutsches Referat: Die untersten Schichten des Mitteldevons in Eesti. — Veebr. 1930.
- № 22. A. Luha, Über Ergebnisse stratigraphischer Untersuchungen im Gebiete der Saaremaa-(Ösel-)Schichten in Eesti. (Unterösel und Eurypterusschichten). — Jaanuar 1930.
- № 23. A. Heintz, Eine neue Rekonstruktion von *Heterostius* Asm. — K. Orviku, Die Glazialschollen von Kunda-Lammasmägi und Narva-Kalmistu (Eesti). — K. Orviku, Der Asaphiden-Kalkstein (Ordovizium) im Bohrloch von Lagedi (Eesti). — Juli 1930.
- № 24. A. Öpik, Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C₂-C₃-)Stufe in Eesti IV. — November 1930.
- № 25. A. Öpik, Über einige Karbonatgesteine im Glazialgeschiebe NW-Estlands. — Mai 1931.
- № 26. Th. Heinrichson, Über *Porambonites wahl* n. sp., aus der ordovizischen Jõhvi-Stufe D₁ Estlands. — Sept. 1932.
- № 27. Johan Kiær t, Edited by A. Heintz. New Coelolepids from the Upper Silurian on Oesel (Esthonia). — Sept. 1932.
- № 28. A. Öpik, Über die Plectellinen. — Nov. 1932.
- № 29. A. Öpik, Über Scolithus aus Estland. — Jaan. 1933.
- № 30. J. A. Reinvaldt. Kaali järv — the Meteorite Craters on the Island of Ösel (Estonia). — Jaan. 1933.
- № 31. A. Öpik, Über Plectamboniten. — Mai 1933.
- № 32. A. Öpik, Über einige Dalmanellacea aus Estland. — Mai 1933.
- № 33. A. Öpik und N. Thamm, Über ein anstehendes Eruptivgestein aus Estland. — Detsember 1933.
- № 34. N. Thamm, Über eine Gneisbrekzie im Glazialgeschiebe der Insel Osmusaar (Odensholm). — Detsember 1933.
- № 35. N. Thamm, Der Vorgang des muscheligen Bruchs. — Detsember 1933.
- № 36. A. Öpik und P. W. Thomson, Über Konzeptakeln von *Solenopora*. — Detsember 1933.