

SITZUNG VOM 23. FEBRUAR 1925.

Über Wellengleitung im Großen und im Kleinen.

Von

Friedrich Rinne in Leipzig.

Mit 22 Figuren.

(Mitteilung aus dem Institut für Mineralogie und Petrographie der
Universität Leipzig. Nr. 190.)

1.

Hermann v. Helmholtz hat in seinen Studien über atmosphärische Bewegungen¹⁾ dargetan, daß bei übereinander weggleitenden Verschiebungen von Luftpacken eine Wellung der Grenzfläche eintreten kann. Auf Grund seiner einschlägigen Berechnungen schreibt Helmholtz: „Sobald eine leichtere Flüssigkeit über einer schwereren liegt mit scharf gezogener Grenze, so sind offenbar an dieser Grenze die Bedingungen für das Entstehen und die regelmäßige Fortpflanzung von Wogen gegeben, wie wir sie an der Wasseroberfläche kennen. Dieser gewöhnlich beobachtete Fall der Wellen an der Grenzfläche zwischen Wasser und Luft ist nur dadurch von den zwischen verschiedenen Luftschichten möglichen Wellensystemen unterschieden, daß dort die Differenz der spezifischen Gewichte der beiden Flüssigkeiten viel größer ist als hier.“ Die Wellensysteme an den Grenzflächen verschieden schwerer Luftschichten sehen wir „offenbar nur dann, wenn die untere Schicht so weit mit Wasserdampf gesättigt ist, daß die Wellenberge Nebel zu bilden anfangen. Dann erscheinen streifige parallele Wolkenzüge in sehr verschiedener Breite, sich zuweilen über weite Himmelsflächen in regelmäßiger Wiederholung erstreckend. In dessen erscheint es mir nicht zweifelhaft, daß das, was wir unter besonderen Bedingungen, die mehr den Charakter von Ausnahmefällen

¹⁾ H. v. Helmholtz, *Wissenschaftliche Abhandlungen*. 1895. Bd. 3, S. 289 und S. 309. (Abdruck aus d. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin. Sitzung vom 31. Mai 1888 und vom 25. Juli 1889.)

haben, wahrnehmen, in zahllosen anderen Fällen vorhanden ist, ohne daß wir es sehen.“

„Auch der gleichmäßigste Wind wird über eine ebene Wasseroberfläche nicht fahren können, ohne bei der kleinsten Störung Wellen gewisser Länge aufzutreiben.“ „Steigt der Wind, so werden die Höhen aller dieser Wellen steigen, die kürzeren unter ihnen schäumend

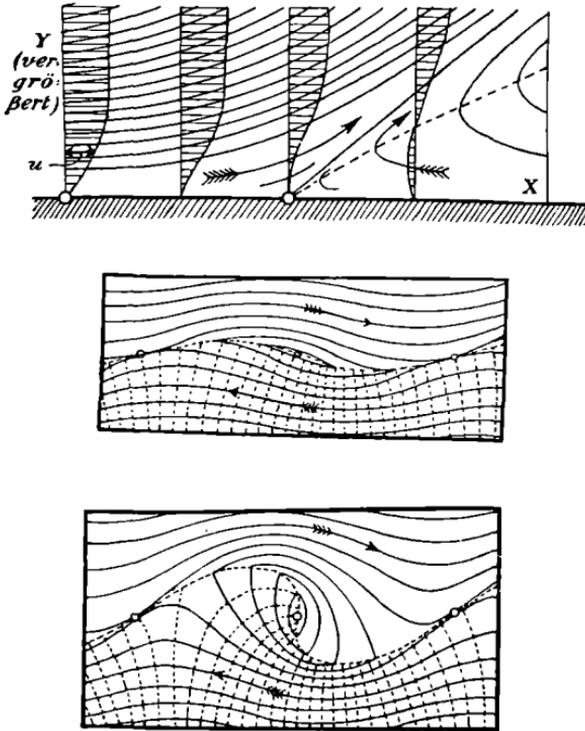


Fig. 1 a, b, c. 'Strömungsschemata nach L. Prandtl.

zerspritzen, neue längere von geringerer Höhe werden sich bilden können.“ „Der Umstand, daß derselbe Wind Wellen verschiedener Länge und Fortpflanzungsgeschwindigkeit erregen kann, wird bewirken, daß Interferenzen zwischen denselben zustande kommen und sich abwechselnd höhere und niedere Wellenberge folgen.“

Sei obigem hinzugefügt, daß die Längsrichtung der Wellen sich aus dem durch Auftragen von Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit gewonnenen Parallelogramme als „geometrische Differenz“ in der

Normalen auf der kurzen Diagonale des Parallelogramms ergibt¹⁾. Ist eine der Geschwindigkeiten = 0 wie bei dem System Wind — stehendes Wasser, so verläuft die Biegungsachse der Wogen also senkrecht zur Bewegungsrichtung.

2.

Beim Überblick der Ausgestaltung von Gleitflächen interessieren weiterhin die Fälle, bei denen Flüssigkeiten entlang festen Flächen strömen. In der Hinsicht findet L. Prandtl²⁾ durch Rechnung und Experiment, daß unter bestimmten Umständen an einer durch die äußeren Bedingungen vollständig gegebenen Stelle der Flüssigkeitsstrom von der Wand sich ablöst (Fig. 1a). „Es schiebt sich also eine Flüssigkeitsschicht, die durch die Reibung an der Wand in Rotation versetzt ist, in die freie Flüssigkeit hinaus und spielt dort, eine völlige Umgestaltung der Bewegung bewirkend, dieselbe Rolle, wie die Helmholtzschen Trennungsschichten. Bei einer Veränderung der Reibungskonstanten k ändert sich lediglich die Dicke der Wirbelschicht; man kann also, wenn man will, zur Grenze $k = 0$ übergehen und behält immer noch dieselbe Strömungsfigur.“ „Die notwendige Bedingung für das Ablösen des Strahles ist, daß längs der Wand in der Richtung der Strömung eine Drucksteigerung vorhanden ist.“ Die Übergangsschichten haben einen großen Teil ihrer kinetischen Energie eingebüßt, können nicht mehr in das Gebiet höheren Druckes eindringen und werden daher diesem seitlich ausweichen. Fig. 1 b und 1 c stellen nach L. Prandtl die Ausgestaltung der labilen Trennungsflächen zweier Strömungen dar, wobei 1 c die Entstehung eines Wirbels zufolge des Ineinandergreifens der Flüssigkeitsströme zeigt.

Von diesen Überlegungen und Beobachtungen aus ist es ein wohl nicht zu gewagter Schritt, die Gleitung fester Stoffe an einander im selben Sinne zu betrachten.

Ob diese Erweiterung der Erörterung auf feste Materialien möglich ist, kann schließlich wohl nur ein Vergleich der Effekte hüben und drüben entscheiden; und der scheint mir günstig für die in Rede stehende Annahme zu liegen. Damit gewinnen die Helmholtzschen und Prandtischen Darlegungen eine neue, auch kristallographisch-mineralogische und petrographisch-geologische Bedeutung.

¹⁾ Vgl. *Wolken im Luftmeer, Fliegeraufnahmen*, herausgegeben vom General der Luftstreitkräfte. Berlin 1917.

²⁾ L. Prandtl, *Über Flüssigkeitsbewegung bei sehr kleiner Reibung*. Verh. d. 3. intern. Mathem. Kongresses in Heidelberg 1904, 484.

Im übrigen darf darauf verwiesen werden, daß ja gelegentlich bereits Bedacht genommen ist, die Wellenfurchen auf Schlamm, Sand und Sandstein als Ausdruck der Helmholtzschen Regel zu erklären¹⁾.

3.

Zur Veranschaulichung der berührten Verhältnisse sei hier nunmehr auf die neueren Untersuchungen über den Bau der Atmosphäre und auf ihre Wolkenbildungen als Ausdruck dafür hingewiesen.

Als schematische Angabe der Aerotektonik möge Fig. 2 dienen; sie versinnbildlicht die Erfahrungen und Schlußfolgerungen von Geophysikern wie Dove, Margules, Bjerknes, v. Ficker, Weickmann u. a. über den Großbau der Atmosphäre in ihrer „Wetterzone“. Ein Vergleich mit hydrosphärischen und lithosphärischen Erscheinungen liegt

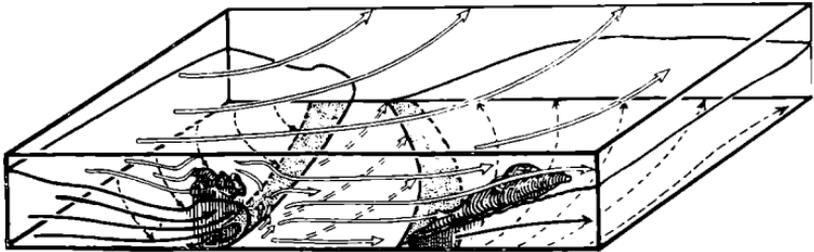


Fig. 2. Aerotektonische Skizze der Troposphäre.

nahe. In einer früheren Erörterung²⁾ hatte ich bereits einen solchen Vergleich gezogen. Dabei bietet besonders die Gashülle der Erde dem Beobachter den ganz besonderen Vorteil dar, daß ihre Dislokationen zufolge des äußerst leicht beweglichen Zustandes der Luft sich schnell, ja in täglicher Folge, vollziehen; daher sind im Laufe kurzer Zeit eine Fülle charakteristischer Bewegungsbilder nicht nur im Effekt, sondern auch in ihrem Entstehen und Vergehen, zugänglich.

Grundlegend für den Vergleich der atmosphärischen mit der lithosphärischen (beiläufig vermerkt auch der hydrosphärischen) Mechanik ist es, daß Profile sowohl durch die untere Zone der Atmosphäre als auch solche durch die Lithosphäre eine erdschalige Packengliederung besitzen. Die Dislokationseffekte an den grundsätzlich horizontalen (erdtangentialen) Packungen treten hier wie dort insbe-

¹⁾ Vergl. F. Rinne, *Gesteinskunde* S./9. Aufl. S. 14.

²⁾ F. Rinne, *Bemerkungen zur Erdtektonik unter Verwertung von Erfahrungen an deutschen Salzlagerstätten*, *Zentralbl. f. Mineral.* 1924, 289. S. auch *Zeitschr. Kali* 1924, 217.

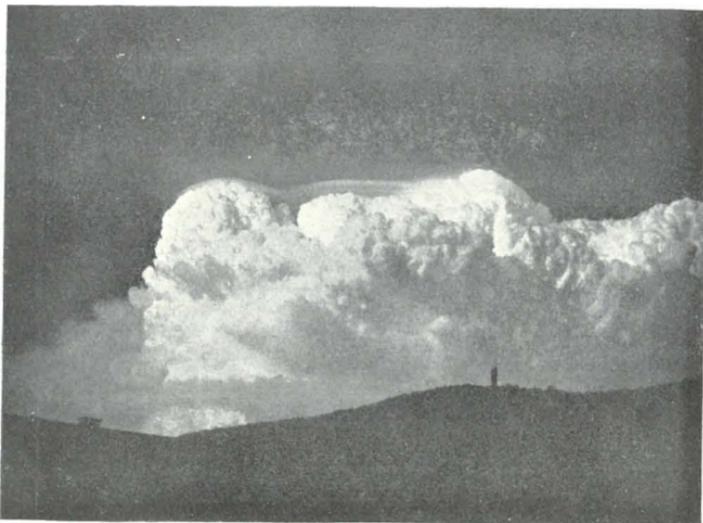


Fig. 3. Gewitterwolke mit Cirrus-Kappe. Dr. Stuchthey phot.
Böenkopf als Stauchungszone einer Unterschiebung.

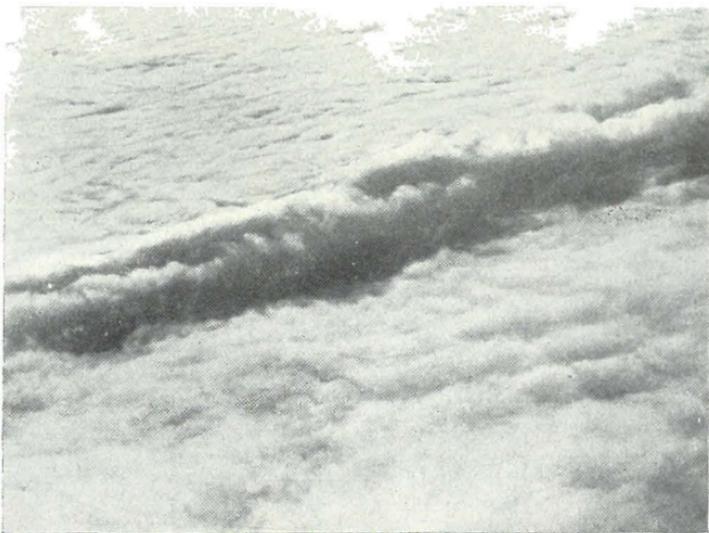


Fig. 4. Eine Bank in strato-cumulus-Lagen. C. K. M. Douglas phot.
Rollenförmige Stauchungszone.



Fig. 5.

Nebelmeer. A. G. Mc. Adie phot. Aus Hann-Süring, Meteorologie.

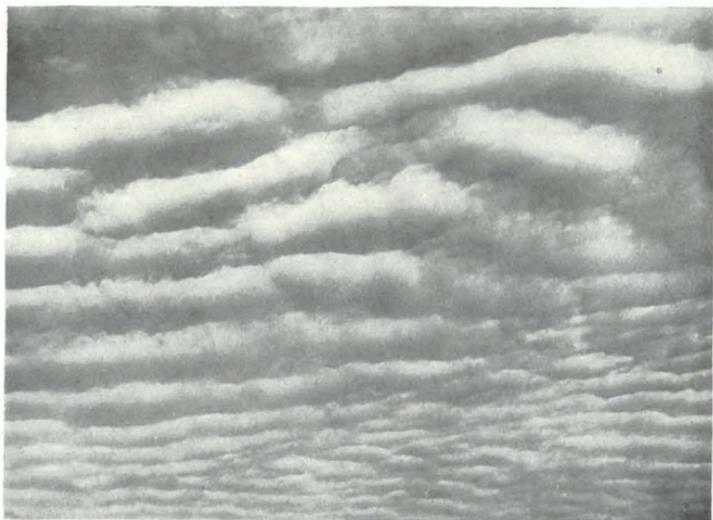


Fig. 6.

Oberfläche von Schichtwolken. Aus dem Fliegerbuch. Wellung.



Fig. 7.
Streifenwolken. Aus dem Fliegerbuch. Wellung.



Fig. 8. Fallstreifen an der Rückseite einer Böe. Aus dem Fliegerbuch.
Überfaltung.

sondere als Über- und Unterschiebungen, als Faltungen verschiedenster Art und als gerade und wirbelige Strömungsformen, z. T. rhythmischer Natur heraus. Dauernde Bruchbildungen sind natürlich auf das feste Material beschränkt.

Fig. 2 stellt links die Unterschiebung eines kalten unter ein warmes Luftpaket unter Bildung eines Böenkopfes als turbulenten Stauchungswulst dar, rechts die Überschiebung warmer über kalte Luftmassen auf schräg ansteigender welliger Grenzfläche, auf der ruhigere Wolkenbildungen erscheinen.

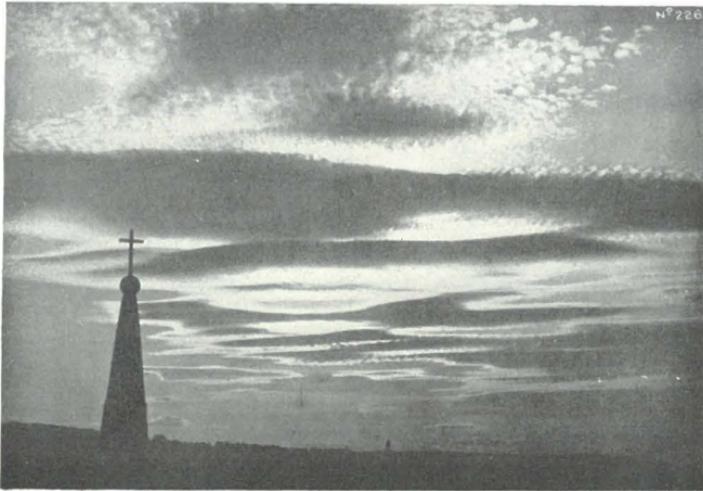


Fig. 9. Alto-cumulus-lenticularis. Zeppelin-Wolken. R. Meteorolog. office. Abschleifformen.

Bildliche Gegenstücke zur lithosphärischen Tektonik soll die obige Reihe typischer photographischer Aufnahmen vorführen¹⁾.

Fig. 3 und 4 zeigen anschaulich zwei Stauerscheinungen gehemmter Bewegungen, und zwar einmal als Gewitterböe von sehr ausgeprägt turbulenter Art des Kopfes und anderseits in länglich sich hinziehender Rollenform.

¹⁾ Hinweise auf die obigen Bilder verdanke ich meinem Kollegen Weickmann. Die Wiedergaben beziehen sich auf Veröffentlichungen im Lehrbuch der Meteorologie von Hann-Süring (Fig 3 u. 5), ferner auf das schon erwähnte prächtige Werk: Wolken im Luftmeer (Fig. 6/8), sodann auf das Quarterly journal of the royal meteorol. soc. 46, 232, 1920 (Fig. 4) und auf die Publikationen des englischen meteorologischen Amtes 1921 (Fig. 9).

Sehr schöne Wogenwolken eines Nebelmeers weist das Bild Fig. 5 auf, dem sich Fig. 6 und 7 an die Seite stellen. Sie lassen die Sattellinie der Wellungen als ausgezeichnete Streifenwolken erkennen, während Fig. 8 eine Überfaltung von Fallstreifen vorführt. Schließlich zeigt Fig. 9 Wolken in „Zepplinform“ als schwimmende, dem vorbeigleitenden Luftstrom schicklich angepaßte und entsprechend abgeschliffene Gebilde.

4.

Voraussichtlich wird man in der Hydrosphäre bei vermehrter Kenntnis ihrer Strömungserscheinungen ähnliche Gefügeumstände

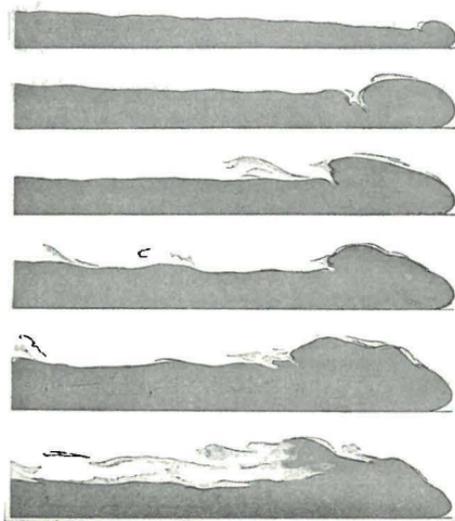


Fig. 10. Unterschiebung einer schweren Salzlösung unter Wasser. Temperaturdifferenzen a) $0,5^{\circ}$; b) $1,5^{\circ}$; c) 4° ; d) 7° ; e) 15° ; f) 35° . Strömungsrichtung \rightarrow . Staukopf und Rückfluten. Nach W. Schmidt.

finden, wie sie das Luftmeer durch seine drastischen Kondensationsvorgänge in Wolkengebilden ohne weiteres anschaulichst vorführt. Im wesentlichen hat man sich indes bislang auf Experimente der Kleindemonstration beschränken müssen, deren Ergebnisse indes bereits von hohem Interesse sind. Sei in der Hinsicht auf die Versuche von W. Schmidt¹⁾ hingewiesen, von deren Ergebnissen die Fig. 10 hin-

¹⁾ W. Schmidt, Gewitter und Böen. Sitzungsber. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-naturw. Kl. 119, II a, 1, 1910.

sichtlich einer Unterschiebung von schwerer Salzlösung oder Glycerin unter Wasser eine sehr anschauliche Vorstellung gibt. Je nach der Temperaturdifferenz zwischen unterströmender und söhlig verdrängter Lösung (bei a $0,5^{\circ}$ C; b $1,5^{\circ}$ C; c 4° C; d 7° C; e 15° C; f 35° C), also mit wechselndem spezifischen Gewicht und wechselnder Zähigkeit entwickeln sich Staukopf und Rückflut mehr oder weniger drastisch. Prächtige Bilder lieferten insbesondere auch die Studien von L. Prandtl¹⁾ und Fr. Ahlborn²⁾, welche die Strömungslinien in ihrer mehr geraden, welligen und wirbeligen Form ausgezeichnet zur deutlichen Anschauung brachten, insofern suspendierte Teilchen von Lycopodiumsamen bzw. von Röteln die Bewegung der strömenden Flüssigkeit markierten (Fig. 11).

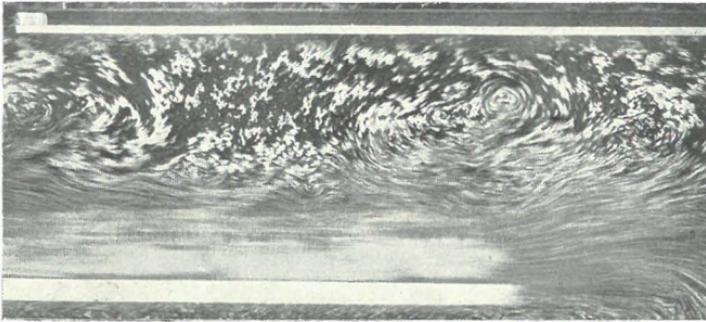


Fig. 11. Strömungsbild. Fr. Ahlborn phot.

5.

Vergleicht man nun mit solchen Bildern die Schemata, welche Alpengeologen wie C. Schmidt, A. Heim und andere hinsichtlich der Durchbewegung des alpinen Gesteinsmaterials im großen aufstellten, so fallen verwandte Züge ohne besondere Erörterung unmittelbar auf (Fig. 12/13).

Auch möchte ich mir gestatten, darauf zu verweisen, daß Wellenleitungen in großem Maßstabe nicht selten in geologischen Profilen heraustreten, welche Deckenüberschiebungen vorstellen. Als Beispiele führe ich die oft erwähnte Form der Sutan-Überschiebung

¹⁾ L. Prandtl, Über Flüssigkeitsbewegung bei sehr kleiner Reibung. Verhandl. d. 3. internationalen Mathematiker-Kongresses. Heidelberg. 1904, S. 484.

²⁾ Fr. Ahlborn, Turbulenz und ihre Geschwindigkeitsverteilung in Flußläufen. Phys. Zeitschr. 23, 57, 1922.

im westfälischen Kohlengebiete an (Fig. 14), die wohl nicht notwendigerweise als die nachträgliche Faltung einer einst ebenen Kluft zu deuten ist. Vom mechanischen Standpunkte aus könnte sie vielleicht auch als der starre Ausdruck einer labilen Grenzfläche

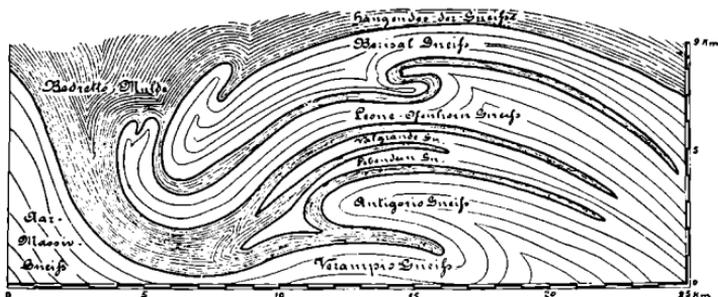


Fig. 12. Schematisches Profil des Simplicium. Nach C. Schmidt.



Fig. 13. Schema des Alpenprofils. Nach A. Heim.

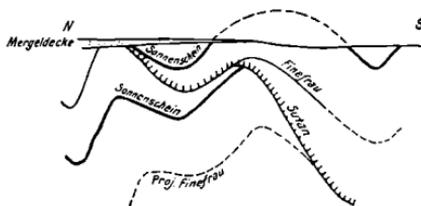


Fig. 14. Der Sutan. Nach L. Cremer.

Aus A. Dannenberg, Geologie der Steinkohlenlager.

aufgefaßt werden. Weiterhin weise ich aus anderen Beispielsreihen auf die charakteristische Wellenfläche der Überschiebung im französischen Alais-Bezirk (Fig. 15) hin und außerdem noch auf die major- und minor-thrusts (Fig. 16), welche B. N. Peach und seine Mitarbeiter in dem schönen, 1903 erschienenen Werke *The geological structure of the North-West Highlands of Scotland* schildern, dessen Kenntnis-

nahme ich meinem Kollegen Kossmat verdanke. Sehr bedeutsam ist es, daß in den Staffeln der minor-thrusts eine ausgeprägte Tendenz zur Inversion der Schichtenfolge statthat, worauf B. N. Peach ausdrücklich hinweist. Er sagt: „Owing to the travelling of the rocks from east to west and also to the friction along the unyielding lower plane or „sole“ of the thrust, there was a tendency in the materials to



Fig. 15. Wellige Überschiebungsfläche im Profil Gd. Combe-Bessèges, Alais, Frankreich. Nach Bertrand. Aus A. Dannenberg, Geologie der Steinkohlenlager.

fold over and curve under, thus producing inversion, while the plane of the major thrust along which the materials have been driven, usually dip at low angles to the E. S. E. yet they are frequently irregular both in the direction and angle of inclination. The more powerful displacements were accompanied by differential movement of the material which resulted in the development of new structures.“

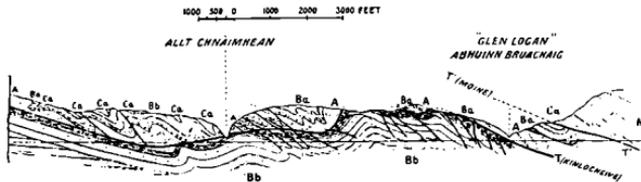


Fig. 16. Wellige Überschiebungsfläche des major thrust. Inversionsfaltungen zwischen minor thrusts. Nach B. N. Peach.

Von großem Interesse ist weiterhin beispielsweise das Profil durch einen Juratunnel, das man den Studien von Buxtorf verdankt¹⁾. Hier interessiert es besonders, daß der Sattel der welligen Überschiebungsfläche sich der Schichtenaufwölkung des Hangenden anpaßt, und daß entsprechend die Mulde der Schubfläche mit der des Hangenden korrespondiert (vergl. auch Fig. 14). Es deutet darauf hin, daß die Bewegungsmomente der welligen Überschiebung noch näher zu untersuchende Verwandtschaft mit den Faltungsdisloka-

¹⁾ A. Buxtorf, Prognose und Befunde beim Hauensteinbasis- und Grenchenbergtunnel. Verhandl. Nat. Ges. Basel 27, 184, 1916.

tionen der Sedimente haben, die ja auch ein starres Schwingungsbild um eine labile Lage vorstellen. Sowohl den von Helmholtz und Prandtl erörterten Bewegungsformen als auch diesen in Rede stehenden geologischen Dislokationen wohnt als mechanischer Kern eine Stauchung, d. h. eine Hemmung des Transportes der Massen durch vorgelagerte andere (wenn auch z. T. nur in Form geringfügiger Störungsteile) inne.

6.

Geht man zu den kleineren Verhältnissen durchbewegter Gesteinsmassen hinunter, so erscheinen hinsichtlich der in Rede stehenden

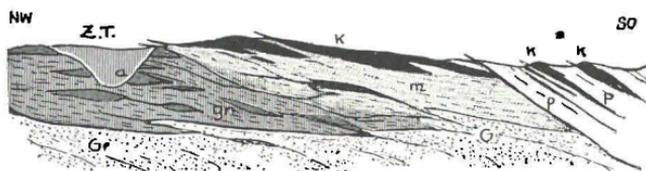


Fig. 17. Amphibolitlinsen am Cordieritgneis (gn) des Zschopautals, Sachsen. Nach K. H. Scheumann.

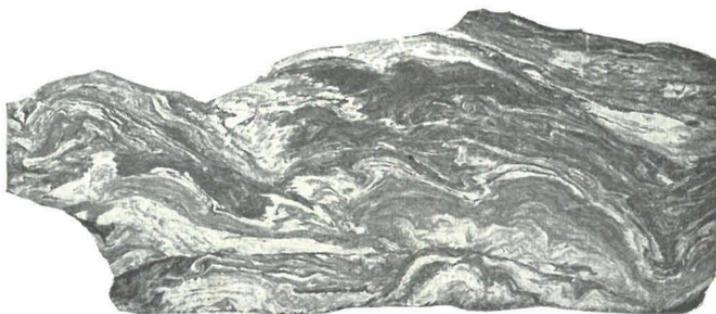


Fig. 18. Flußgefüge im Kalkstein, Lochseite bei Schwanden, Schweiz. Natürl. Größe. Nach A. Heim.

Verhältnisse der Wellengleitung ev. bedeutsam auch die groß- und kleinlinsenförmigen „Einlagerungen“ etwa von Amphiboliten in kristallinen Schiefnern (vergl. Fig. 17). Vom rein mechanischen Standpunkt betrachtet, liegt hier und in anderen Fällen der Groß- und Kleingaugentextur, auch mancher linsenförmigen alten Ausscheidungen und Einschlüsse in Eruptiven, (mutatis mutandis) ein Analogon der in Fig. 9 abgebildeten Zeppelinwolken vor.

Prachtvolle Durchbewegungserscheinungen im Kalkstein sind durch die Veröffentlichungen von A. Heim bekannt geworden, dessen großes Werk über die Geologie der Schweiz eine wahre Fundgrube der Wiedergabe und Erweiterung herrlichster mechanischer Erscheinungen an den Alpengesteinen ist. Eine Probe davon gibt Fig. 18 mit ihren welligen, oft überlappten steinernen Strömungen im gequälten Lochseitenkalk.

Durchbewegungen mit mehr oder minder ausgeprägt welligen Grenzflächen liegen auch in den jedem Petrographen vertrauten

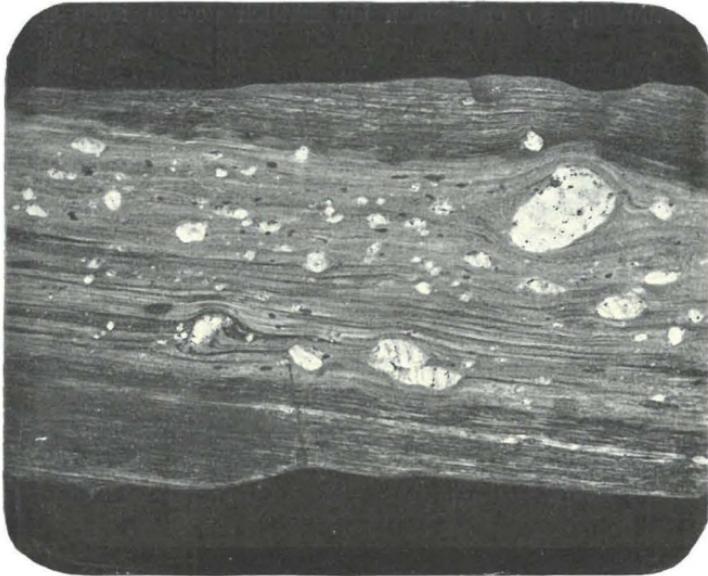


Fig. 19. Augengranulit von Tirschheim, Sachsen. Natürl. Größe.
Nach J. Lehmann.

faserigen Texturen der kristallinen Schiefer vor (Fig. 19). Insbesondere die Glimmerlagen weisen Wellungen auf, welche sich um die Feldspat-Quarz- oder Feldspat-Störungskeime einer Gleitbahn entwickeln (Fig. 20).

Aber auch die harten Bestandteile der Feldspate und der Quarze können, wie aus der als Beispiel herausgegriffenen Figur 21 zu ersehen ist, Begrenzungen zeigen, die durchaus Wellencharakter tragen.

Ähnliche Texturen findet man in Salzgesteinen, etwa tonigen Sylviniten.

7.

Der Gegensatz der Gesteinsminerale bringt es besonders leicht, hier im kleinen, mit sich, daß sich die Wellung jeweils in den Grenzflächen zwischen mechanisch verschiedenen Stoffen herausbildet, ganz entsprechend wie der Gegensatz etwa zwischen Salzlagern und Kalkstein die Überschiebung in die Grenzzone dieser durchaus ungleichen Massen legt. Vortreffliche Beispiele lassen sich in der Hinsicht auch im Salzgebirge selber beobachten, in dem z. B. Carnallitgestein und Hartsalz wesentliche mechanische Gegensätze vorstellen. In der Hinsicht gestatte ich mir auf die Abbildung

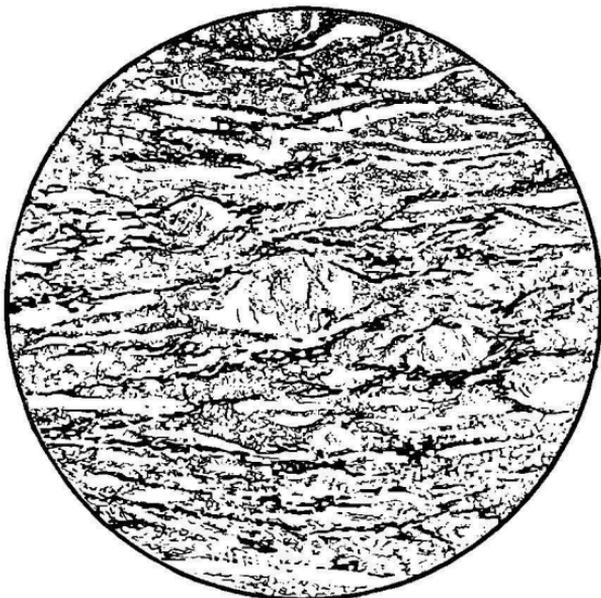


Fig. 20. Granitgneis von Geringswalde—Hermsdorf in Sachsen.
Dünnschliffbild. Nach v. Philipsborn.

Fig. 22¹⁾ mit ihren sehr charakteristischen steinernen Wirbelbewegungen zu verweisen, gleichwie auf die Darlegungen von A. Kiesel, der es ausdrücklich vermerkt, daß die Grenzzone zwischen Carnallitgestein und Hartsalz gern die Orte besonders verwickelter Dislokation sind. Solche Störungen stellen sich nach A. Kiesel im Salzgebirge selbst in den meisten Fällen als Faltung, bisweilen als Fal-

¹⁾ F. Rinne, Die Entstehung der kieseritischen Sylvinalite durch geothermale Pressungsmetamorphose. N. Jahrb. f. Mineral. 1916, I, 1.

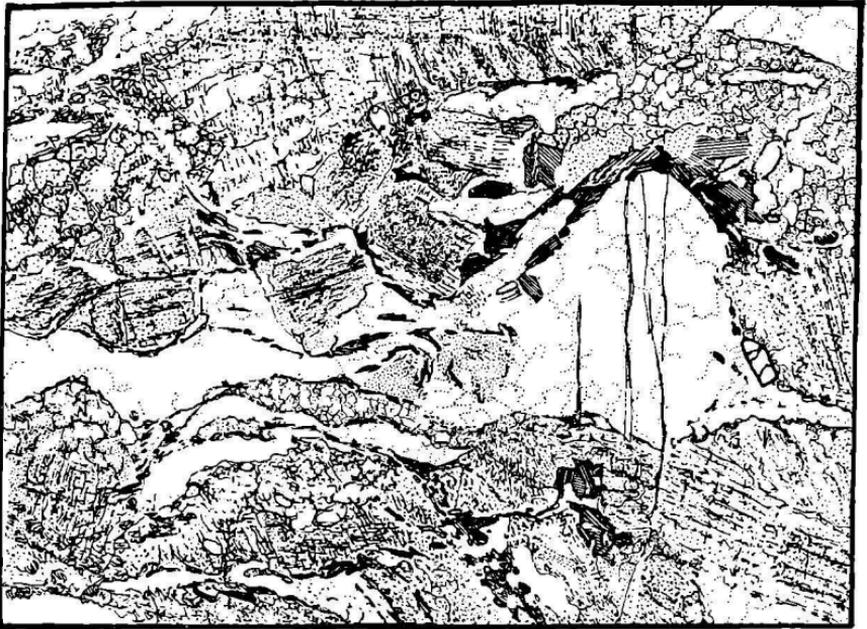


Fig. 21. Granitgneis von Steina, Sachsen. Dünnschliffbild.
Nach v. Philipsborn.

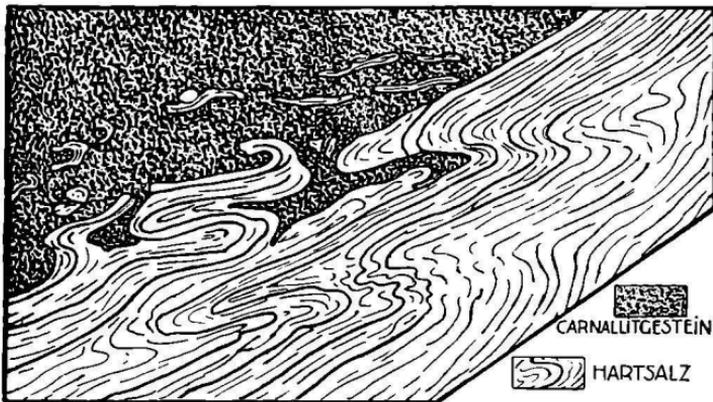


Fig. 22. Gewalt-wirbelige Grenzfläche zwischen Hartsalz und Carnallit-
gestein. Berlepschwerk bei Staßfurt.

tung verbunden mit Überschiebung, selten als reine Überschiebung dar. Das Carnallitgestein hat an der Grenzzone seine Schichtung verloren und die Struktur des „Trümmer-Carnallits“ angenommen. Es sind das Umstände, die an die Zermalmungserscheinungen im Material der Grundmoränen, auch an solche im Liegenden von ganzen Überschiebungen erinnern.

8.

Will man noch einen Schritt weiter ins Kleine gehen, so kann man ev. die Biege- und Wellengleitungen der einer Translation bzw. einer einfachen Schiebung fähigen Kristallen in die vorliegende Betrachtung ziehen. Natürlich darf nicht verkannt werden, daß Abhebungen, Biegungen und Wellungen auch durch grobe Stauchungen zustande kommen. Als Begleiterscheinung oder auch als selbständiges Moment geringerer Wirksamkeit mag indes eine Undulation durch das Abheben von Lagen voneinander zufolge Helmholtz'scher Gleitung ins Spiel treten. Wie an anderer Stelle¹⁾ von mir näher am Steinsalz gezeigt ist, wechseln bei Gleitbewegungen im Steinsalz und Sylvin oft Lagen im Zugzustand und solche im Druckzustand miteinander ab. Das mag gelegentlich ev. genügen, um die feinen Massenunterschiede gleitender Packen zuwege zu bringen, die zur Wellung der Grenzfläche nötig erscheinen. Schließlich sei auf die jedem Petrographen durch Dünnschliffstudien bekannten Fluidalerscheinungen glasiger, mit zarten Ausscheidungen versehener Gesteine hingewiesen, die naturgemäß ein unmittelbares Gegenstück zu den Fließvorgängen des Wassers und der Atmosphäre vorstellen, aber doch auch viel Verwandtschaftliches besitzen z. B. mit den Flußtexturen, wie sie durch Fig. 18 am Lochseitenkalkstein so schön gezeigt werden.

Fließendes Material findet man beim amorphen und beim kristallinen Zustande der Materie; durch wachsende mechanische Spannung und besonders bei erhöhter innerer Beweglichkeit zufolge Temperaturerhöhung werden die Effekte bei den feinbaulich wirr und den kristallographisch orientiert strömenden Materialien ähnlich¹⁾.

9.

Es dürfte nicht aussichtslos sein, den obigen Anregungen nachzugehen insbesondere zur weitergehenden Übertragung der Helmholtz'schen Erwägungen über Wellengleitung sowohl beim Studium

¹⁾ Vergl. F. Rinne, Über das Fließen fester Stoffe, insbesondere natürlicher Salze. Zeitschr. f. Kristall. 1925 (im Druck).

der mechanischen Gliederung und Orientierung der Bestandmassen der einzelnen Gesteinskörper als auch bei der Erforschung der großen geologischen Durchbewegungen der Lithosphäre. Eine Vermehrung der einschlägigen petrographisch-geologischen Erfahrungen in dieser Angelegenheit ist in hohem Grade erwünscht; es kommt ihnen bei der Deutung der Erscheinungen das Schwergewicht zu, da die einschlägigen geologischen Beobachtungen der Rechnung noch nicht sicher zugänglich sind und die Experimente nicht vollkommen der Natur angepaßt werden können.

Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Leipzig.
21. Februar 1925.