

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/ www.zobodat.at

Biologisches Centralblatt.

Unter Mitwirkung von

Dr. K. Goebel und **Dr. R. Hertwig**
Professor der Botanik in München, Professor der Zoologie

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal
Prof. der Physiologie in Erlangen.

Vierundzwanzig Nummern bilden einen Band. Preis des Bandes 20 Mark.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Die Herren Mitarbeiter werden ersucht, alle Beiträge aus dem Gesamtgebiete der Botanik an Herrn Prof. Dr. Goebel, München, Luisenstr. 27, Beiträge aus dem Gebiete der Zoologie, vgl. Anatomie und Entwicklungsgeschichte an Herrn Prof. Dr. R. Hertwig, München, alte Akademie, alle übrigen an Herrn Prof. Dr. Rosenthal, Erlangen, Physiolog. Institut, einzusenden zu wollen.

Bd. XXVIII. 1. August 1908. № 15.

Inhalt: **Lehmann**, Scheinbar lebende Kristalle, Pseudopodien, Cilien und Muskeln. — **Capparelli**, Die Phänomene der Hygromipisie. — **Chwolson**, Lehrbuch der Physik.

Scheinbar lebende Kristalle, Pseudopodien, Cilien und Muskeln.

Von **O. Lehmann**.

Nach **H. Driesch**¹⁾ sind uns die Organismen, von Stoffwechsel- und Formbildungsphänomenen abgesehen, nur gegeben als sich bewegende Körper. Nur ihre Bewegungen sind es daher, die eigentlich naturwissenschaftlich untersucht werden. Die einfachsten dieser Bewegungen sind die Pseudopodienbildung bei Amöben und die Protoplasmaströmung in Pflanzenzellen. Schon hier stößt aber ein Versuch physikalischer Erklärung auf sehr große Schwierigkeiten. Einen solchen Versuch hat wohl zuerst **Dutrochet**²⁾ unternommen, insofern er auf die Analogie mit der damals gleichfalls noch unerklärten Bewegung von Kampferstückchen auf Wasser aufmerksam machte. Sehr eingehend hat ähnliche Bewegungserscheinungen, welche ich später der Kürze halber „Kontaktbewegungen“ nannte³⁾, aus gleichem Grunde der Leipziger Anatom **E. H. Weber**⁴⁾ untersucht, ohne aber ihre Ursache zu erkennen. Letztere wurde erst aufgedeckt durch meine in ganz anderer Ab-

1) **H. Driesch**, Die Seele als elementarer Naturfaktor, Leipzig, W. Engelmann, 1903, S. 19.

2) **Dutrochet**, Compt. rend. 12, 2, 1841.

3) **O. Lehmann**, Molekularphysik, Leipzig, W. Engelmann 1, 271, 1888.

4) **E. H. Weber**, Pogg. Ann. 94, 447, 1855.

sicht im Jahre 1874 unternommenen Versuche⁵⁾, als Oberflächenspannungsdifferenz, was mich dann natürlich veranlasste, Versuche zu machen, ob wirklich amöboidale Bewegungen bei schleimigen Flüssigkeiten, wie es das Protoplasma ist, auf solche Weise entstehen können⁶⁾. Bütschli und Quincke⁷⁾ haben die Idee weitergeführt, ohne wesentliche neue Resultate zu erzielen⁸⁾; gleiches gilt von späteren Arbeiten anderer. Das Ergebnis kann man dahin aussprechen, ein Protoplastropfen werde, falls er der Wirkung ungleicher Oberflächenspannung ausgesetzt wird, in Strömung kommen, wie jeder andere Flüssigkeitstropfen, die Aussendung von Pseudopodien und Ähnliches lasse sich aber auf diesem Wege nicht erklären. Ich habe versucht, das Hervortreiben solcher Fortsätze durch lokale Verminderung der Oberflächenspannung künstlich hervorzurufen⁹⁾, das Ergebnis war aber lediglich eine weitere Klärung der Vorstellungen über die Wirkungsweise der Molekularkräfte¹⁰⁾, nicht aber Erklärung der Pseudopodienbildung. Mit Recht sagt wohl Verworn¹¹⁾: „Amöboidbewegung, Muskelbewegung und Flimmerbewegung sind ihrem Wesen nach identisch, sie beruhen auf abwechselnder Kontraktion und Expansion der lebendigen Substanz durch gegenseitige Umlagerung ihrer Teilchen.“ Man wird aber vergebens in einem Lehrbuch der Physik nach derartigen Kräften bei Umlagerung von Teilchen Umschau halten. Die einzige Kraft, welche allenfalls in Betracht kommen könnte und welche auch von W. Pfeffer¹²⁾ und Th. W. Engelmann¹³⁾ wirklich beigezogen wird, ist die Turgorkraft. Insofern gallertartige Gebilde in Betracht kommen, welche Zellen- oder Wabenstruktur¹⁴⁾ besitzen, kann der osmotische Druck, auf welchem die Turgorkraft beruht, ähnlich wie die Wärme im Falle des gespannten Kautschuks zweifellos Kontraktionserscheinungen hervorrufen. Ich habe mich darüber a. a. O. S. 532 in folgender Weise ausgesprochen: „Würde man einen zelligen Körper im gestreckten Zustande er-

5) O. Lehmann, Zeitschr. f. Kristallogr. 1, 467, 1877.

6) O. Lehmann, Zeitschr. f. Kristallogr. 10, 14, 1885 und Molekularphysik 1, 273, 1888; 2, 499, 1889.

7) G. Quincke, Wied. Ann. 33, 624, 1894.

8) J. Loeb, Vorlesungen über die Dynamik der Lebenserscheinungen, Leipzig, Ambr. Barth, 1906, nennt jene Hypothese über die Ursache der Protoplasmaabewegung die Quincke'sche Theorie, was mir mit Rücksicht auf die ältere Literatur, die Quincke kannte (obschon er sie nicht immer zitiert), nicht gerechtfertigt erscheint.

9) O. Lehmann, Molekularphysik 1, 270, 1888; Zeitschr. f. Kristallogr. 12, 399, 1887; Wied. Ann. 43, 516, 1891.

10) O. Lehmann, Zeitschr. d. Ver. d. Ingenieure, 1908, S. 387.

11) M. Verworn, Allgemeine Physiologie, 2. Aufl., Jena, G. Fischer, 1897, S. 257.

12) W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, Bd. 2, Leipzig, W. Engelmann.

13) Th. W. Engelmann, Berl. Akad. Ber. 39, 694, 1906.

14) Siehe O. Lehmann, Molekularphysik 1, 525, 1888.

wärmen, so müsste er sich kontrahieren, da sich die Flüssigkeit in den Zellen stärker ausdehnt als deren Wandungen, so dass die ellipsoidisch gestreckten Zellen sich der Kugelform nähern müssten, wodurch sie sich in der Richtung der größten Achse, d. h. in der Richtung der Streckung kontrahieren.“ Wird das Volumen der Flüssigkeit in den gestreckten Zellen durch Osmose vergrößert, so wird natürlich dasselbe geschehen müssen.

Schreibt man nun aber auch mit Bütschli dem Protoplasma Wabenstruktur zu, so ist doch nicht einzusehen, inwiefern diese Waben derart gestreckt sein sollen, dass Kontraktion durch Quellung möglich würde. Dazu ist die Existenz der Wabenstruktur durchaus nicht erwiesen, es scheint sich eher um ein Netzwerk kleiner, fester Teilchen (Micellen, Tagmen, Plasomen, Bioblasten, Pangenen, Biophoren, Inotagmen u. s. w.) zu handeln.

Betrachten wir die Erscheinungen möglichst vorurteilslos, so können wir sagen, dieselben müssen verwandt sein den Erscheinungen der Elastizität. Dieselben molekularen Kräfte, welche eine Taschenuhr betreiben, indem sie die aufgezogene Feder veranlassen sich abzuwickeln, sind auch tätig, wenn eine Muskelfaser sich kontrahiert. Eine besondere Zellularstruktur ist dazu ebenso wenig nötig wie bei der aufgezogenen Feder. Aber welches ist die Kraft, die die Muskelfeder spannt? Ist es nicht geradezu ein Widerspruch, anzunehmen, im gestreckten, erschlaferten Zustand sei der Muskel gespannt, im kontrahierten habe er seine potentielle Spannungsenergie verloren und an den in Bewegung gesetzten Körper in Form von kinetischer Energie abgegeben?

Es gibt immerhin eine scheinbar äußerliche Analogie, welche diesen Vergleich zu rechtfertigen scheint. Nach den erwähnten Untersuchungen von Th. W. Engelmann sind nämlich alle Elemente des Organismus, welche die Fähigkeit haben, sich zu kontrahieren, doppelbrechend, wie wenn sie gespannt wären und verlieren die Doppelbrechung während der Kontraktion, um sie aufs neue anzunehmen im Zustande der Erschlaffung.

Welches soll aber die Kraft sein, die in dem gestreckten (erschlaferten) Muskel eine innere Spannung aufrecht erhält? Ich bin der Meinung, dass die Untersuchungen über flüssige Kristalle die Existenz einer Kraft aufgedeckt haben, welche dies zu leisten vermag.

Man hat wohl schon oftmals das Wachstum von Organismen mit dem von Kristallen verglichen. M. Verworn¹⁵⁾ sagt diesbezüglich: „Man hat bei der Vergleichung von Organismen mit den anorganischen Substanzen mit Vorliebe den Fehler begangen, den Organismus einem Kristall gegenüberzustellen, statt ihn mit einer Substanz zu vergleichen, die ähnliche Konsistenz, überhaupt ähn-

15) M. Verworn, Allg. Physiol., 2. Aufl., Jena 1897, 121.

liche physikalische Verhältnisse bietet, wie die lebendige Substanz, also etwa mit einer dickflüssigen Masse.“ Verworn steht, wie man sieht, noch in neuester Zeit auf dem Standpunkt, dass kristallisiert und fest identisch seien, was man allerdings als (neues Ergebnis der „klassischen Untersuchungen des Herrn Tammann“) sogar in den hervorragendsten Lehrbüchern der Physik¹⁶⁾ angegeben findet. Früher dachte man zwar ebenfalls nicht an die Möglichkeit der Existenz flüssiger Kristalle, doch wurden wenigstens gewöhnliches Glas und andere amorphe (nicht kristallisierte) Stoffe zu den festen Körpern gerechnet, bis durch W. Ostwald¹⁷⁾, G. Tammann¹⁸⁾ u. a. verkündet wurde, sämtliche amorphe Stoffe gehörten zu den Flüssigkeiten! Dass eine solche Behauptung aufgestellt werden konnte, hat seinen Grund darin, dass die Unterscheidung vollkommener Elastizität, welche den festen Körper charakterisiert¹⁹⁾, von unvollkommener, welche auch Flüssigkeiten zukommt, im allgemeinen nicht leicht ist und dass man die den physikalisch-chemischen Betrachtungen zugrunde liegende Hypothese der Identität der Moleküle in den verschiedenen Aggregatzuständen und polymorphen Modifikationen zu retten suchte, welche mit der Existenz flüssiger Kristalle unvereinbar ist²⁰⁾. Welche Konfusion in dieser Beziehung auf physikalischem Gebiete herrscht, zeigt z. B. eine Notiz von N. A. Orlow²¹⁾, der darin, dass Schusterpech zu einer kugeligen Blase aufgetrieben werden kann, einen Beweis gefunden zu haben glaubt, dass auch „feste Flüssigkeiten“ existieren, welche Neuigkeit durch populäre Zeitschriften²²⁾ geschäftig weiter verbreitet wird, obschon doch bei genügend starkem Druck eine zweifellos feste kristallinische Silber- oder Stahlplatte in gleicher Weise zur Kugel geformt würde.

Man mag hieraus ersehen, dass die Aufstellung des Begriffs der flüssigen Kristalle keine so einfache Arbeit war, wie z. B. D. Vorländer²³⁾ annimmt, der meint, die Entdeckung einer trüben, farbenschildernden und zwischen gekreuzten Nikols Aggregatpolarisation

16) O. D. Chwolson, Lehrbuch der Physik, deutsch, Braunschweig 1905, Bd. 3, S. 583, lässt die Frage der Existenz flüssiger Kristalle noch unentschieden, in der im Erscheinen begriffenen französischen Ausgabe sind deren Eigenschaften indes bereits eingehend berücksichtigt. S. ferner O. Lehmann, Physik. Zeitschr. 8, 42, 1907.

17) W. Ostwald, Lehrb. d. allg. Chemie, Bd. II (2), p. 392, 1897.

18) G. Tammann, Wied. Ann. 62, 284, 1897.

19) O. Lehmann, Flüssige Kristalle, Leipzig, W. Engelmann, 1904, S. 86.

20) O. Lehmann, Vierteljahrsber. d. Wien. Ver. z. Förd. d. phys. u. chem. Unterr. 12, 239, 1907.

21) N. A. Orlow, Phys. Zeitschr. 8, 612, 1907.

22) Z. B. Zur guten Stunde, Berlin, Deutsches Verlagshaus Bong u. Co., 21, 117, 1908.

23) D. Vorländer, Kristallinisch-flüssige Substanzen, Stuttgart 1908.

zeigenden Schmelze durch F. Reinitzer²⁴⁾ habe mich ohne weiteres dazu geführt. In Wirklichkeit glaubte ich bereits 3 Jahre zuvor bei Rod well's zähflüssiger Modifikation des Jodsilbers, deren fließend-kristallinische Natur ich bereits im Jahre 1876 erkannt hatte²⁵⁾, öllartig leichtflüssige Kristalle gefunden zu haben, die eine Luftblase umfließen können²⁶⁾ und erst 1 Jahr nach Reinitzer's Publikation, in welcher sich von flüssigen Kristallen noch nichts findet, ist mir gelungen nachzuweisen, dass dessen trübe Schmelze als eine Phase zu betrachten ist, aber ohne Erkenntnis der Form und des Verhaltens ihrer Kristallindividuen. Der Beweis, dass jene Schmelze als Aggregat flüssiger (nicht fließender fester) Kristalle bezeichnet werden kann, gelang mir erst 1906²⁷⁾, nachdem ich Gelegenheit gehabt hatte, an anderen Stoffen, insbesondere bei Ammoniumoleat²⁸⁾ das Verhalten flüssiger Kristalle näher zu studieren, wozu Reinitzer's trübe Schmelze, wegen der Kleinheit der einzelnen Kristallindividuen sich nicht eignet. Besser zu gebrauchen als Reinitzer's Cholesterylbenzoat ist, wie ich später fand, das Cholesteryloleat und noch weit besser als Ammoniumoleat und Cholesteryloleat das Lecithin²⁹⁾ mit etwas Wasser aus heißer Lösung in Alkohol kristallisierend. Es ist vielleicht kein Zufall, dass diese drei hervorragenden Beispiele von Stoffen, welche in flüssigen Kristallen auftreten, Bestandteile des Protoplasmas sind und dass alle drei mit Wasser, in welchem sie unlöslich sind, sogen. Myelinformen bilden können, deren Wachstum in mancher Hinsicht an das der Organismen erinnert.

Die Form der flüssigen Kristalle aller drei Substanzen ist ziemlich dieselbe, es sind sehr schlanke, optisch einachsige Pyramiden mit gerundeten Kanten, also nahezu kreisförmigem Querschnitt. Von gewöhnlichen Flüssigkeiten unterscheiden sie sich also wesentlich dadurch, dass sie eine bestimmte Gestalt haben. Während beispielsweise ein in spezifisch gleich schwerem Gemisch von Wasser und Alkohol freischwebender Öltropfen vollkommene Kugelform annimmt, erscheint ein flüssiger Kristall als schlanke Doppelpyramide (Fig. 1), als Polyeder. Würde man ihn zur Kugel zusammendrücken, so würde er beim Nachlassen der Kraft sich sofort wieder zu Polyederform ausrecken.

Man könnte nun sagen, dieser Versuch beweist ja, dass die Kristalle nicht flüssig, sondern fest sind, die Rückkehr zur Polyeder-

24) F. Reinitzer, Sitzb. d. Wien. Akad. 97 (1), 167, 1888.

25) O. Lehmann, Zeitschr. f. Kristallogr. 1, 120, 492 Anm., 1877.

26) O. Lehmann, Wied. Ann. 24, 27, 1885, Taf. I, Fig. 68 u. 68; 38, 389, 1889.

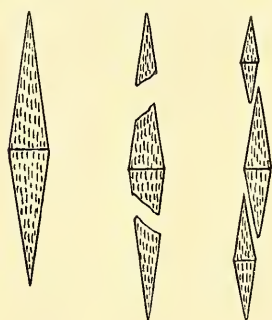
27) O. Lehmann, Phys. Zeitschr. 7, 722, 789, 1906.

28) O. Lehmann, Zeitschr. f. phys. Chem. 18, 91, 1895.

29) Zu beziehen von E. Merck, chemische Fabrik in Darmstadt, aus Eiern dargestellt 10 g zu 2,20 Mk.

form erscheint nur verständlich als Wirkung vollkommener Elastizität. Dieser Einwand trifft nicht zu! Die Kugel würde sich nämlich auch dann zum Polyeder ausdehnen, wenn sie nicht durch Zusammendrücken eines solchen entstanden, sondern daraus herausgeschnitten wäre; denn wenn man den flüssigen Kristall in beliebig gestaltete Fragmente (Fig. 2) verteilt, so reckt sich alsbald jedes infolge einer inneren Kraft, die unmöglich Elastizität sein kann, wieder zu einem normalen Polyeder aus (spontane Homöotropie), ganz wie die beim Zerquetschen eines freischwebenden Öltropfens entstehenden kleinen Tröpfchen sich sofort ganz von selbst zu genauen Kugeln abrunden. Und ebenso, wie kleine freischwebende Öltröpfchen in Berührung gebracht zu einem großen kugelrunden Tropfen zusammenfließen, so gilt dies auch von polyedrischen flüssigen Kristallen, welche sich ganz von selbst zu einem homogenen polyedrischen Kristallindividuum (Fig. 1) vereinigen, selbst wenn sie nicht (wie bei Fig. 3) übereinstimmende Stellung haben.

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.



Beispielsweise deuten die Fig. 4—7 vier aufeinanderfolgende Zustände beim Zusammenfließen an. Nur unvollkommen findet allerdings die Vereinigung statt, wenn die gegenseitige Stellung Zwillingsstellung ist, wie bei Fig. 8, wobei dann ein Zwillingkristall wie Fig. 9 die resultierende Gleichgewichtsform ist.

So wie man auch zwei verschiedenartige Öltropfen, z. B. von Olivenöl und Mineralöl sich zu einem Tropfen vereinigen lassen kann, so kann auch z. B. ein flüssiger Kristall von Lecithin mit einem solchen von Ammoniumoleat sich zu einem Individuum vereinigen, doch ist das Ergebnis im allgemeinen genau wie bei den Öltropfen zunächst nicht ein homogener Mischkristall, sondern ein Schichtkristall, der erst allmählich im Laufe langer Zeit durch Diffusion oder Lösung der einen Substanz in der anderen in einen Mischkristall übergeht.

Die Fig. 9—12 stellen die Vereinigung zweier verschiedener Tropfen zu einem Schicht- und Mischtropfen dar, die Fig. 13—15 die Bildung eines flüssigen Schicht- bzw. Mischkristalls.

Das Gleichgewicht eines Tropfens kann man auf die Gegenwirkung zweier Kräfte zurückführen, einer wahren Kraft (mit zwei Angriffspunkten) der Molekularattraktion und einer Trägheitskraft (mit nur einem Angriffspunkt) der auf dem Bewegungszustand der Moleküle beruhenden Expansivkraft. Man kann sagen, ein Flüssigkeitstropfen verhält sich so, als ob er aus Molekülen bestände, welche sich in lebhaftester wimmelnder Bewegung befinden,

aber trotzdem nicht (dem Trägheitsgesetz entsprechend) auseinanderfliegen, weil sie sich anziehen mit einer Kraft, deren Größe mit wachsender Entfernung zunimmt (wie z. B. die Spannung einer Spiralfeder mit wachsender Dehnung)³⁰.

Eine Äußerung der Molekularattraktion ist die Oberflächenspannung. Weil sich die Moleküle anziehen, deshalb verhält sich

Fig. 4.

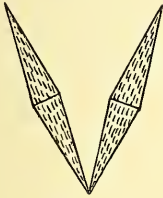


Fig. 5.

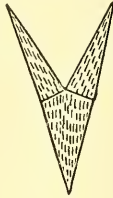


Fig. 6.



Fig. 7.



Fig. 8.

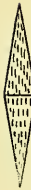


Fig. 9.

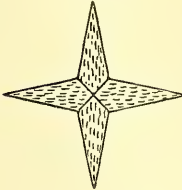


Fig. 10.



Fig. 11.

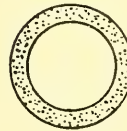


Fig. 12.

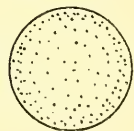


Fig. 13.



Fig. 14.

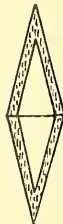


Fig. 15.



der Tropfen so, als ob er in eine elastische gespannte Membran (Oberflächenhäutchen) eingeschlossen wäre. Man kann sich auch die Anziehungskraft durch einen äußeren Druck ersetzt denken und sagen, der Tropfen verhält sich so wie ein Gas, dessen Moleküle sich nicht anziehen, unter sehr starkem Druck, dem Binnendruck. Dieser Druck hält der Expansivkraft das Gleichgewicht. Eine

30) Dies ist keine Hypothese, sondern ein Gleichnis, dessen wir zur Beschreibung der Erscheinungen unbedingt bedürfen. Hierauf habe ich schon vor mehreren Jahren (Frick's phys. Technik, 6. Aufl., 1890, S. 140 und Natur 1889, Nr. 32) aufmerksam gemacht.

Flüssigkeit von kleinerer Oberflächenspannung hat auch kleinere Molekularattraktion, kleineren Binnendruck, somit geringere Expansivkraft. Beim Zusammenfließen zweier verschiedenartiger Tropfen (Fig. 10) breitet sich notwendig die Flüssigkeit mit kleinerer Oberflächenspannung auf der anderen aus (Fig. 11), ihr Binnendruck wäre aber viel geringer, nicht ausreichend die Expansionskraft der eingeschlossenen Flüssigkeit zu kompensieren, somit folgt, auch an der gemeinschaftlichen Grenze muss ein die Differenz darstellender Binnendruck (Adsorptionskraft) vorhanden sein, selbst wenn infolge unbeschränkter Mischbarkeit die Grenze (wie bei Fig. 12) eine verwaschene wird. In diesem Fall äußert sie sich aber nicht durch das Auftreten einer Oberflächenspannung, eine solche ist nur an der äußeren Tropfenoberfläche vorhanden; sie bleibt auch ohne Einfluss auf die Expansionskraft (d. h. auf den osmotischen Druck) in jeder der beiden Schichten, denn jede Flüssigkeit expandiert (diffundiert) in den von der anderen eingenommenen Raum so, als ob diese nicht vorhanden wäre, nur mit bedeutend verminderter Geschwindigkeit. Bei diesem Eindiffundieren der äußeren Schicht in die innere leistet allerdings die Adsorptionskraft Arbeit, der Energiegewinn ist aber Null, da diese Arbeit vollständig zum Auseinanderdrängen der Moleküle verbraucht wird, falls, wie in der Regel der Fall, das Gesamtvolum ungeändert bleibt³¹⁾.

Weshalb nimmt nun der flüssige Kristall Polyederform, nicht Kugelform an? Könnte dies darauf zurückgeführt werden, dass etwa die Oberflächenspannung an verschiedenen Punkten verschieden groß ist? Nein, denn dann müsste stationäre Kontaktbewegung eintreten, wir hätten ein perpetuum mobile! Die Ursache kann nur beruhen in Verschiedenheit der Expansivkraft nach verschiedenen Richtungen, durch welche das Oberflächenhäutchen an verschiedenen Stellen verschieden stark ausgebeult wird, bis der dadurch geweckte Oberflächenspannungsdruck, welcher mit zunehmender Konvexität der Oberfläche stärker wird, ausreicht, den Überschuss der Expansivkraft an der betreffenden Stelle zu kompensieren.

Um nun aber weiter diese Anisotropie der Expansivkraft zu erklären, muss angenommen werden, infolge Anisotropie der Moleküle (z. B. infolge stäbchenförmiger Gestaltung derselben) trete eine molekulare Richtkraft auf, welche sie zwingt, parallele Stellung anzunehmen, so dass die molekularen Stöße, auf welche die Expansivkraft beruht, von der Richtung abhängig werden.

Davon, dass solche Anisotropie der Moleküle vorhanden sein muss, kann man sich leicht überzeugen, wenn man die Kristalle durch Hin- und Herschieben des Deckglases über den Objektträger

31) Siehe O. Lehmann, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingenieure, 1908, S. 387.

in wälzende Bewegung bringt. Ist auch anfänglich die Anordnung der einzelnen Kristalle, wie Fig. 16 andeutet, eine ganz unregelmäßige, so vereinigen sie sich doch alsbald, wie in Fig. 17 skizziert ist, zu langen Ketten senkrecht zur Bewegungsrichtung (durch Pfeile angedeutet), derart, dass die Achsen überall übereinstimmend werden, (nämlich die Richtung dieser Ketten erhalten), wie nicht nur aus der Form, sondern auch aus der Dunkelstellung zwischen gekreuzten Nikols zu schließen ist. Man kann sagen, die Kristalle verhalten sich so, wie wenn sie eine breiartige Masse aus feinen Stäbchen und einer klebrigen Flüssigkeit wären (erzwungene Homöotropie). Dass die Kristalle nicht etwa wirklich solche Breimassen sind, kann schon daraus geschlossen werden, dass sich die gleiche

Fig. 16.

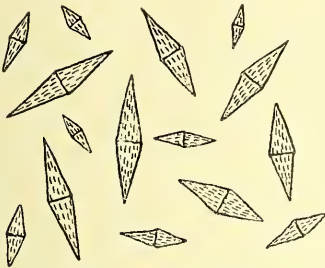
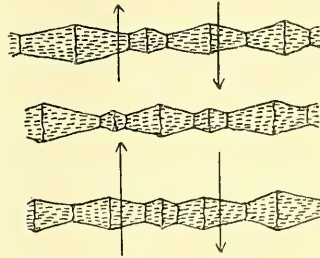


Fig. 17.



Erscheinung mehr oder weniger deutlich bei allen bildsamen Kristallen zeigt, auch festen; das Verhalten gleicht stets etwa dem des Barts von Eisenfeilspänen an einem Magneten, welche durch magnetische Kraft gezwungen werden, sich stets möglichst parallel zu richten, wie man auch die ganze Masse drücken und drillen mag. Dem Magnetismus entspricht bei Kristallen die molekulare Richtkraft und diese steuert gewissermaßen die molekularen Bewegungen so, dass die Expansivkraft, welche bei gewöhnlichen Flüssigkeiten mit gleicher Stärke nach allen Richtungen wirkt, bei flüssigen Kristallen einseitig wird und dadurch Polyederform hervorruft. Die einseitige Expansivkraft spannt gewissermaßen den Kristall, sowie man eine Feder beim Aufziehen — spannt.

(Schluss folgt.)

Die Phänomene der Hygromipisie. Studien und Untersuchungen.

Von Prof. A. Capparelli.

(Physiologisches Institut der Kgl. Universität Catania.)

Mit einer Textfigur und einer Tafel.

I. Kapitel.

Einleitung. — Definition des Hygromipisiephänomens. Die hygromipisimetrische Zeit. Apparat für das hygromipisimetrische Studium. Beschreibung des Phänomens. Kontraktion der Säule A. Verschiedene Direction der aufsteigenden Säule A.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [28](#)

Autor(en)/Author(s): Lehmann Otto

Artikel/Article: [Scheinbar lebende Kristalle, Pseudopodien, Cilien und Muskeln. 481-489](#)