

Mögen Ihnen noch oftmals die Rosen blühen, ohne daß die Stacheln des Alters Sie auf Ihren weiteren Lebenswegen hemmen.

Dieses wünscht von Herzen die Deutsche Botanische Gesellschaft.

Berlin, den 23. Mai 1916.

Der Vorstand der Deutschen Botanischen Gesellschaft

S. SCHWENDENER. J. REINKE. HANS WINKLER.

R. KOLKWITZ. M. O. REINHARDT. C. CORRENS. P. CLAUSSEN.

L. DIELS. E. BAUR. O. APPEL.

Mitteilungen.

28. Hans Molisch: Beiträge zur Mikrochemie der Pflanze. Nr. 5.: Über den Nachweis von gelösten Kalkverbindungen mit Soda.

(Mit Tafel VI.)

(Eingegangen am 29. April 1916.)

Die vorzüglichsten Mittel¹⁾ Kalk in der Pflanze direkt nachzuweisen beruhen bekanntlich auf der Fällung des Kalziums als Sulfat ($\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$) oder als Oxalat ($\text{CaC}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$). Auch Ammonkarbonat wurde seinerzeit von SCHIMPER empfohlen, aber dieses Salz gibt in Schnitten keine größeren, wohl ausgebildeten Kristalle, sondern meist nur Kristallsand.

Ich möchte daher auf einen Nachweis gelösten Kalkes aufmerksam machen, der dem Mikrochemiker ausgezeichnete Dienste leistet und der mit einer unserer besten Kalkreaktionen, nämlich der Fällung des Kalkes durch Schwefelsäure mit Erfolg wetteifern kann.

Diese Probe besteht in der Fällung des Kalkes als Kalkkarbonat oder als Kalk-Natronkarbonat (Gaylussit) mit einer konz. wässerigen Lösung von Soda. Ich verwende eine ungefähr 10prozentige bis nahezu gesättigte Lösung

1) MOLISCH, H., Mikrochemie der Pflanze, p. 46, Jena 1913. TUNMANN, O., Pflanzenmikrochemie, Berlin 1913, p. 115.

von wasserfreiem Natriumkarbonat. Je größer die Konzentration der Lösung desto rascher und reichlicher entstehen die Kristalle. Die Reaktion wird bereits von BEHRENS¹⁾ erwähnt, sie wurde aber von den Botanikern nicht beachtet und fand in der botanischen Mikrochemie bisher überhaupt keine Verwendung.

Wenn man einen Querschnitt durch den Stengel oder Blattstiel z. B. von *Pelargonium zonale* mit zehnpromzentiger Sodalösung behandelt, mit einem Deckglas bedeckt, so entstehen im Laufe einer halben Stunde oder später in zahlreichen Parenchymzellen viele farblose, stark lichtbrechende Kristalle von verschiedener Gestalt, die sich, wenn das Präparat 24 Stunden in der feuchten Kammer liegen bleibt, vermehren und bedeutend vergrößern. Die Abb. 1 und 2 zeigen die häufigsten der auftretenden Kristallformen. Gestaltlich stimmen sie mit denen des Gaylussits — Abb. 3 — überein.

DANA gibt in seinem System of Mineralogy (6. edit. p. 302) vom Gaylussit folgende kristallographische Auffassung, die ich mit den Worten BÜTSCHLIS²⁾ wiedergebe. „Die Flächen m — siehe Abb. 3 — werden als Prisma ∞P gedeutet, b' als das Klinodoma $P \infty$. p ist bei den größeren natürlichen Krystallen durch zwei Zuschärfungsflächen häufig vertreten; bei der mikroskopischen dagegen ist es gewöhnlich sehr klein und erschien mir daher als eine einzige Abstumpfungsfläche. Doch kann es sich sehr wohl um zwei kleine Pyramidenflächen handeln, die dann der Pyramide $\frac{1}{2} P$ entsprechen.“

Ein und dieselbe Zelle kann mehrere, ja 10—20 ziemlich große Kristalle enthalten, die Schnitte erscheinen dann von Kristallen ganz durchsetzt. Auch auf den Zellen und in unmittelbarer Nachbarschaft des Schnittes bilden sich in großer Zahl Kristalle.

Wäscht man die Kristalle mit verdünntem Alkohol (1 Vol. Alkohol u. 1 Vol. Wasser), um die Soda wegzuschaffen und behandelt man mit 10promzentiger Salzsäure, so verschwinden sie rasch unter starkem Aufbrausen, desgleichen bei Anwendung von Salpetersäure und Essigsäure. Bei Einwirkung von verd. Schwefelsäure

1) BEHRENS, H., Anleitung zur mikrochemischen Analyse. 2. Aufl., Hamburg u. Leipzig 1899, p. 71.

2) BÜTSCHLI, O., Untersuchungen über organische Kalkgebilde etc. Abhandlungen d. k. Ges. d. Wissensch. z. Göttingen. Mathem.-naturw. Kl. N. Folge, Bd. VI, Nr. 3, 1908, p. 49. — Vgl. auch BIEDERMANN, W., Physiologie der Stütz- und Skelettsbstanzen. Handb. d. vergl. Physiologie, III. Bd., 1. Hälfte, I. Teil, Jena 1914, p. 850 u. d. flg.

brausen sie und verwandeln sich in einen Haufen von Gipsnadeln. Beim Glühen erhalten sie ein feinkörniges Gefüge und lösen sich in Säuren unter Aufbrausen. Es handelt sich also um ein Kalkkarbonat. Da die mit verd. Alkohol gewaschenen und von Soda völlig befreiten Kristalle mit Uranylazetat reichlich die charakteristischen Natrium-Uranylazetat-Kristalle geben und die mit Soda in den Pflanzengewebe entstehenden Kristalle in ihrer Gestalt mit der des Gaylussits übereinstimmen, so handelt es sich hier nicht um reines Kalkkarbonat, sondern um das Natrium-Kalkdoppelsalz von der Zusammensetzung $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 + 5 \text{H}_2\text{O}$, bekannt unter dem Namen Gaylussit.

Der kohlen saure Kalk tritt, wie BÜTSCHLI in seiner zitierten umfassenden Untersuchung gezeigt hat, bei der Behandlung organischer Kalkgebilde z. B. des Flußkrebspanzers auch häufig in Form eines wasserhaltigen Salzes auf, dem die Formel $\text{CaCO}_3 + 6 \text{H}_2\text{O}$ zukommt. Seine Kristalle sind denen der Gaylussits sehr ähnlich¹⁾ und gehören gleichfalls dem monoklinen System an.

Daß unter den in Pflanzengewebe mit Soda entstehenden Gaylussitkristallen auch solche des oben besprochenen wasserhaltigen kohlen sauren Kalkes vorkommen, wäre möglich.

Ich habe daher, um diese Eventualität zu prüfen, die im Pflanzengewebe nach Behandlung mit Soda resultierenden Kristalle auch kristallographisch untersuchen lassen und zu diesem Zwecke 5 mikroskopische Präparate hergestellt: Schnitte 1. durch den Blattstiel von *Primula obconica*, 2. durch den Blattstiel von *Plectranthus fruticosus*, 3. durch die Blattspreite von *Echeveria glauca*, 4. durch den Stengel von *Kalanchoe sp.* und 5. isolierte Kristalle, gewonnen mit Alkohol und Soda aus dem filtrierten Saft von *Sempervivum tectorum*.

Mein verehrter Herr Kollege, der Mineraloge Hofrat Prof. Dr. FR. BECKE hatte die Freundlichkeit die Kristalle zu prüfen und mir über das Ergebnis seiner Untersuchungen, für die ich ihm zu großem Danke verpflichtet bin, folgendes mitzuteilen.

„Die Kristalle in allen fünf Präparaten stimmen nach den Winkeln, soweit sich solche im Mikroskop bestimmen lassen, und nach ihren optischen Merkmalen mit Gaylussit überein.

Die Ausbildung ist etwas verschieden. Die isolierten Kristalle²⁾ aus *Sempervivum* zeigen die Kombination $110 \cdot 001$, Prisma mit der schief aufgesetzten Basis. Man findet öfter Exemplare, welche ziemlich horizontal auf der stumpfen seitlichen Prismen-

1) BÜTSCHLI, O., l. c., Tafel VI.

2) Siehe Abb. 2 i.

kante aufrufen. An diesen kann man den Winkel der Prismenkante mit der Trace der Basis messen. Er beträgt 101° ; nach GROTH chem. Krist. II S. 222 ist dieser Winkel $101^\circ 33'$.

Solche Kristalle zeigen zwischen gekreuzten Nikols niedere Interferenzfarben. Die der Prismenkante nächste Auslöschungsrichtung bildet mit ihr einen Winkel von $14\frac{1}{2}^\circ \pm 1^\circ$ und entspricht der Schwingungsrichtung der langsameren Welle; sie geht durch den spitzen Winkel der Axen c und a .

Konoskopisch sieht man ein deutliches Interferenzbild: Zentral im Gesichtsfeld die Mittellinie α und beide optischen Axen. Aus dem Abstand der Hyperbelscheitel in der Diagonalstellung ergibt sich für $2V$ der Wert cca 38° bei Annahme eines mittleren Brechungsexponenten von cca 1.55. In der Normalstellung erkennt man merkliche gedrehte Dispersion. Der Axenbalken ist an der der Vertikalaxe zugewendeten Seite blaßgelblich, auf der anderen Seite blaßbräunlich gesäumt.

Alle diese Erscheinungen stimmen mit den Angaben bei GROTH l. c.: Axenebene $\perp q$ (010) bildet mit der c -Axe 15° für Rot, 13° für Violett im spitzen Winkel β , 1. Mittellinie Axe b , $2V$ für Na-Licht $35^\circ 4'$.

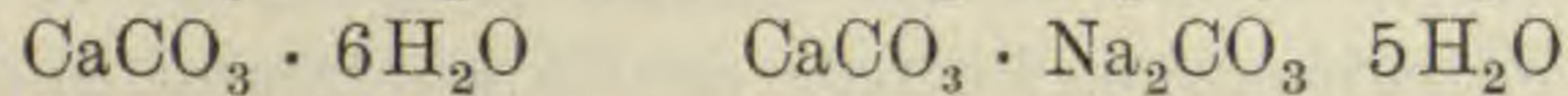
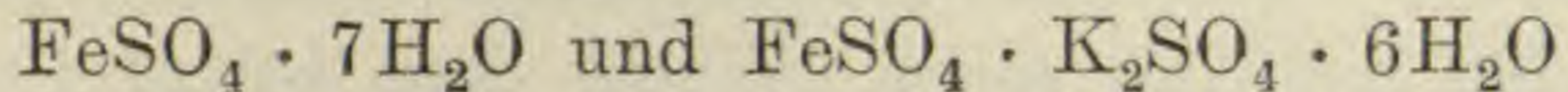
Kristalle, welche auf der Prismenfläche liegen, zeigen einen etwas weniger von 90° abweichenden Winkel zwischen der Prismenkante und der Kombinationskante der Basis. Die Auslöschungschiefe γ' liegt im spitzen Winkel dieser Kanten und weicht nur wenige Grade von der Prismenkante ab. Konoskopisch zeigt sich das Axenbild nun seitlich verschoben. Selten sieht man Kristalle auf der Basis liegen. Es zeigt sich spitzrhombischer Umriss, Auslöschung nach den Diagonalen, die Schwingungsrichtung der rascheren Welle entspricht der kurzen Diagonale.

Solche Kristalle, ebenso schräg und mit der scharfen Prismenkante nach oben liegende Kristalle zeigen lebhaftere Interferenzfarben (entsprechend der starken Doppelbrechung $\gamma - \alpha = 008$) und stets α in der Querrichtung.

Die Kristalle in den 4 anderen Präparaten sind ohne Zweifel dieselbe Kristallart; sie unterscheiden sich aber dadurch, daß statt der Fläche (001) das Längsprisma (011) neben (110) ausgebildet ist. Die beiden Formen sind manchmal im Gleichgewicht, meist ist aber (110) etwas stärker entwickelt. Bei *Echeveria* habe ich auch einzelne noch (011) Säulchen gesehen.

Sowohl die Winkel der Kanten a und c als die optische Orientierung und das Interferenzbild bei günstig liegenden Kristallen ist übereinstimmend mit Gaylussit.

(Von $\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ kann ich keine optische Bestimmung finden; BÜTSCHLI gibt leider die optischen Eigenschaften seiner Kristalle nicht an. Die Formen sind denen von Gaylussit sehr ähnlich. Das ist sehr gut möglich. Das Verhältnis würde ähnlich sein wie zwischen Eisenvitriol und den monoklinen Doppelsulfaten:



Ich glaube aber nicht, daß unter den gegebenen Umständen CaCO_3 -Hydrat kristallisieren kann. Dieses erfordert Temperaturen nahe 0° .)

Wie BÜTSCHLI¹⁾ gefunden hat, bilden sich mit Soda die wasserhaltigen Kalkkristalle ($\text{CaCO}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$), die dem Gaylussit so ähnlich sind, nur bei niederen Temperaturen nahe bei Null. Es ist daher mit Rücksicht auf die Befunde BECKES und mit Rücksicht darauf, daß meine Präparate bei gewöhnlicher Zimmertemperatur angefertigt wurden, wohl zweifellos, daß es sich in meinen erwähnten Präparaten nur um Gaylussit handelt und daß Kristalle von der Verbindung $\text{CaCO}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$ nicht entstehen. Neben den Gaylussitkristallen bilden sich mit Soda in sehr kalkreichen Geweben z. B. denen der Crassulaceen auch Sphärite von kohlensaurem Kalk. Behandelt man z. B. Schnitte von *Sempervivum tectorum*-Blätter mit einer 10proz. Sodalösung und bedeckt mit einem Deckglas, so entsteht zunächst eine Fällung von amorphem kohlensaurem Kalk, aus dem neben Gaylussitkristallen sich auch Sphärite abscheiden, wenn man das Präparat für einen Tag in die feuchte Kammer legt und so vor Verdunstung schützt.

Besonders schön erhält man diese Kalkosphärite in folgender Weise: Der filtrierte Saft zerriebener *Sempervivum-tectorum*-Blätter wird mit 10proz. Sodalösung im Verhältnis 1:2 versetzt. Darauf entsteht sofort ein voluminöser gelblich-weißer Niederschlag von kolloidem kohlensaurem Kalk, der im Laufe eines Tages in Sphärite übergeht. Abb. 4. Diese lassen sich mit Wasser waschen und von überschüssiger Soda völlig befreien. Eine genauere Prüfung ergab, daß sie aus kohlensaurem Kalk bestehen. Die gleichen Sphärite erhält man auf dieselbe Weise auch mit entsprechenden Lösungen von kohlensaurem Kali und kohlensaurem Ammoniak.

Die Sphärite haben verschiedene Größe, zeigen keine oder undeutlich radiäre Struktur und sind häufig zu zweien oder mehreren miteinander verwachsen. Die Zwillingsosphärite sind in der Mitte

1) BÜTSCHLI, O., l. c. Tafel VI.

oft eingeschnürt. Abb. 4. In polarisiertem Lichte leuchten sie auf und bei gekreuzten Nikols zeigen sie ein dunkles Kreuz.

Behandelt man die Gaylussitkristalle oder die Sphärite mit einer 5proz. Lösung von Oxalsäure, so lösen sie sich und gleichzeitig entsteht um den verschwindenden Kristall ein nach Art der TRAUBESchen Zelle wachsender Sack von verschiedener Gestalt. Abb. 5. Nebenher entstehen auch zahlreiche Kriställchen, wahrscheinlich von oxalsaurem Kalk¹⁾.

Legt man anstatt der Schnitte ganze Organe in 10proz. Soda-lösung für Tage oder eine Woche ein, so fallen die gelösten Kalkverbindungen gleichfalls als Kalkosphärite heraus, aber gewöhnlich in sehr bedeutender Größe. Diese hauptsächlich in der Epidermis sich ausbildenden Sphärite sind oft so groß, daß man sie schon mit freiem Auge oder mit der Lupe als kleine weiße Pünktchen wahrnimmt. Die größten erreichen einen Durchmesser von etwa 140 μ . Die Oberhaut erscheint damit wie gepflastert. Sie zeigen oft eine strahlig-radiäre Struktur, sind aber häufig nicht kreisrund, sondern am Rande unregelmäßig zackig begrenzt. Wenn mehrere miteinander verwachsen, so erstrecken sie sich auf mehrere Zellen und bilden dann große, knollige Massen. Abb. 6.

Solche große Sphärite, Klumpen oder knollige Anhäufungen von kohlsaurem Kalk, oft vermischt mit großen Einzelkristallen, erhielt ich in der angegebenen Weise auch bei *Echeveria*-, *Crassula*-, *Tradescantia*-Arten und den verschiedensten Kakteen.

Wenn in all diesen Fällen die Oberhaut als Niederschlagsort begünstigt ist und in dieser wieder die Spaltöffnung mit ihrer nächsten Umgebung, so folgt natürlich daraus noch nicht, daß hier der Kalk auch in der intakten Pflanze lokalisiert ist, denn es könnten ja die Kristallisationsbedingungen hier besonders begünstigt sein.

Die Empfindlichkeit der Kalkreaktion mit Soda ist eine sehr große. Sie gelingt mit einem Tröpfchen des Wiener Hochquell-Wasserleitungswassers prompt, wenn man den Tropfen eintrocknen läßt und den Rest der anorganischen Verbindungen mit einem Tröpfchen 10proz. Sodalösung behandelt. Sowie sich das

1) Um das Wachstum solcher Säcke oder Schläuche unter dem Mikroskope zu demonstrieren, eignet sich, wie ich gefunden habe, besonders essig-saurer Kalk. Bringt man etwas von diesem kristallisierten Salze auf einen Objektträger und fügt einen Tropfen 5proz. Oxalsäure hinzu, so sieht man unmittelbar darauf unterm Mikroskop die Entstehung solcher Schläuche. Es ist interessant zu beobachten, wie der Schlauch, einem braunen Wurme ähnlich, in der Flüssigkeit vordringt, an der Spitze eine feinkörnige Wolke und weiter rückwärts die Schlauch-Membran erzeugend.

Tröpfchen beim Verdampfen etwas konzentriert, erscheinen am Rande die charakteristischen Gaylussitkristalle.

So darf man sich nicht wundern, daß fast alle von mir untersuchten Gewebe der Pflanzen die Kalkreaktion geben, je nach dem Kalkgehalte selbstverständlich in verschiedenem Grade.

Zur Einübung der Reaktion empfehle ich Crassulaceen, Cacteen, Euphorbiaceen, Stengel und Blattstiele von *Boehmeria*, *Pelargonium zonale*, *Primula obconica*, *Plectranthus fruticosus*, *Begonia rex* und andere Pflanzen, besonders solche mit saftreichem Parenchym.

Hervorheben möchte ich, daß auch jene Pflanzen, die als kalkfeindlich bekannt sind, dennoch gelöste Kalkverbindungen enthalten und die Reaktion mit Soda geben, allerdings in viel geringerem Grade als die kalkholden Pflanzen. Zu den kalkfeindlichen gehören z. B. *Sphagnum*-Arten, *Drosera*-Arten und *Dionaea muscipula*. Aber sie alle zeigen, wenn auch in mäßigem, *Sphagnum* nur in minimalem Grade, die Kalkreaktion. Auch sie benötigen den Kalk, doch sind schon geringe Mengen davon ausreichend; wenn er in größeren Konzentrationen, zumal als kohlensaurer Kalk, geboten wird, schadet er, wahrscheinlich infolge seiner alkalischen Reaktion, die die genannten, gewöhnlich in sauer reagierenden Moorböden lebenden Pflanzen nicht vertragen¹⁾.

Aus der Zahl und Größe der bei der Reaktion mit Soda entstehenden Kristalle kann man einen beiläufigen Schluß ziehen auf den Kalkgehalt des Gewebes.

Es wurde bereits bemerkt, daß lösliche Kalkverbindungen auch mit anderen kohlensauen Alkalien niedergeschlagen werden, z. B. mit kohlensaurem Kali und kohlensaurem Ammoniak und daß man aus dem Saft der Crassulaceen sehr schöne Kalkosphärite, bestehend aus kohlensaurem Kalk, erhält. Auch in Gewebeschnitten entstehen mit den erwähnten Salzen Kalkniederschläge, gewöhnlich in Form von Sphäriten und Warzen, aber meist nicht so schön und sicher wie mit Soda, daher empfehle ich für den Kalknachweis in der Pflanze in erster Linie die früher angegebene Sodalösung in sehr konzentrierter Form.

Die Überführung gelöster Kalkverbindungen in Gaylussitkristalle durch Soda gehört nach dem Gesagten zweifellos zu den besten Kalkreaktionen der botanischen Mikrochemie.

1) MOLISCH, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. Jena 1916, p. 6—7.

Erklärung der Tafel VI.

- Abb. 1. Kristalle von Gaylussit, aus dem Blattstiel-Parenchym von *Primula obconica*. erhalten mit Soda. Vgr. 250.
- Abb. 2. Kristalle von Gaylussit aus *Sempervivum-tectorum*-Saft, erhalten mit Soda. i monoklines Prisma mit schief aufgesetzter Basis. Vgr. 350.
- Abb. 3. Gaylussitkristalle, kopiert nach Bütschli.
- Abb. 4. Sphärite (Globulite) von kohlensaurem Kalk, gewonnen aus einem Tröpfchen *Sempervivum tectorum*-Saft mit Soda. Vgr. 350.
- Abb. 5. Oben Gaylussitkristalle mit 5 proz. Oxalsäurelösung behandelt. Die Kristalle lösen sich und umgeben sich mit einer nach Art der TRAUBE'schen Zelle wachsenden Haut. Daneben entstehen Kriställchen von oxalsaurem Kalk. — Unten Sphärite von kohlensaurem Kalk, dasselbe zeigend. Vgr. 380.
- Abb. 6. Oberhaut von *Sempervivum tectorum* mit Sphäriten und Globuliten von kohlensaurem Kalk, entstanden nach längerem Liegen der Blätter in 10proz. Soda. Vgr. 200.

29. Fr. Bubák. Systematische Untersuchungen einiger Farne bewohnenden Pilze.

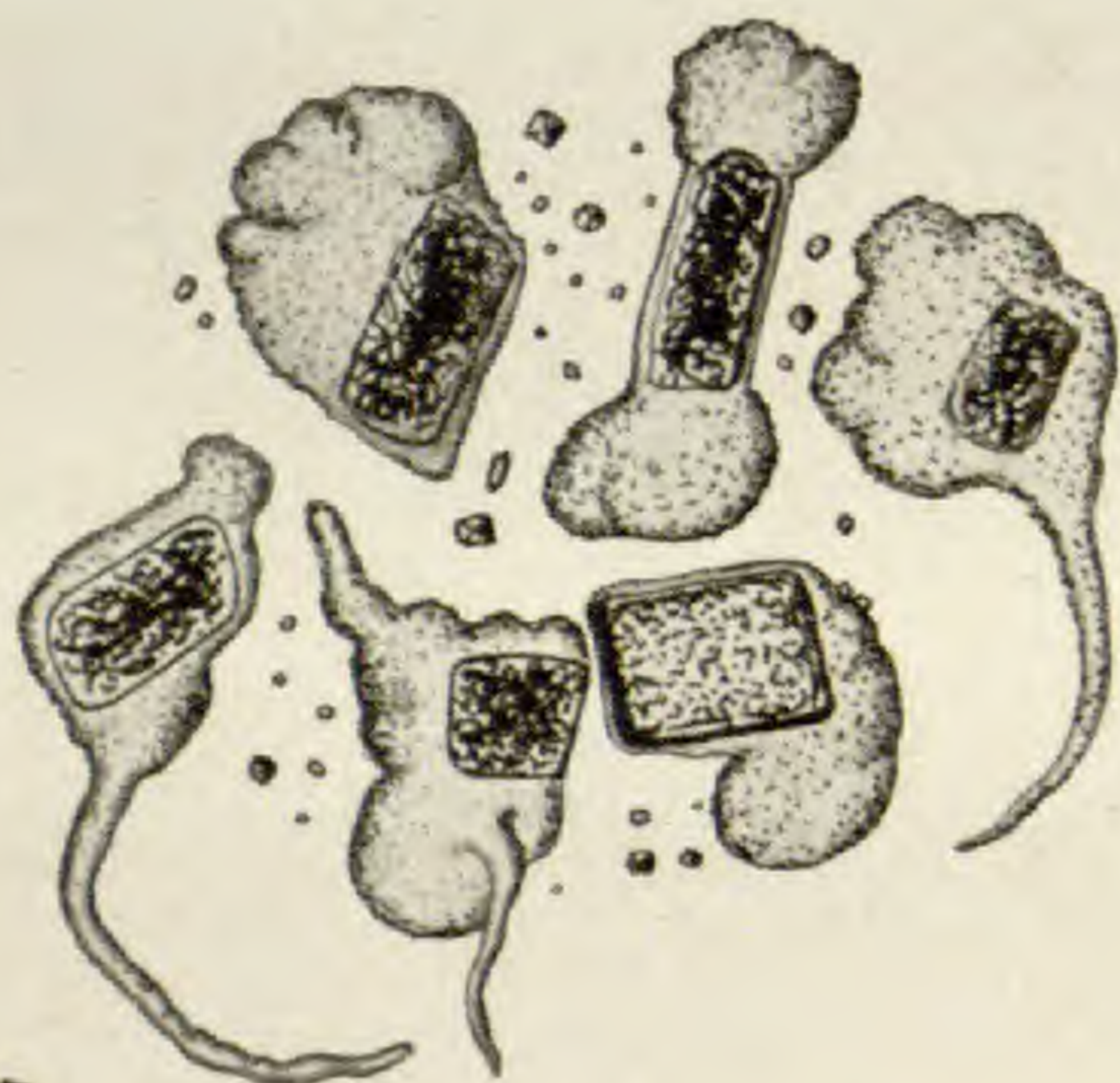
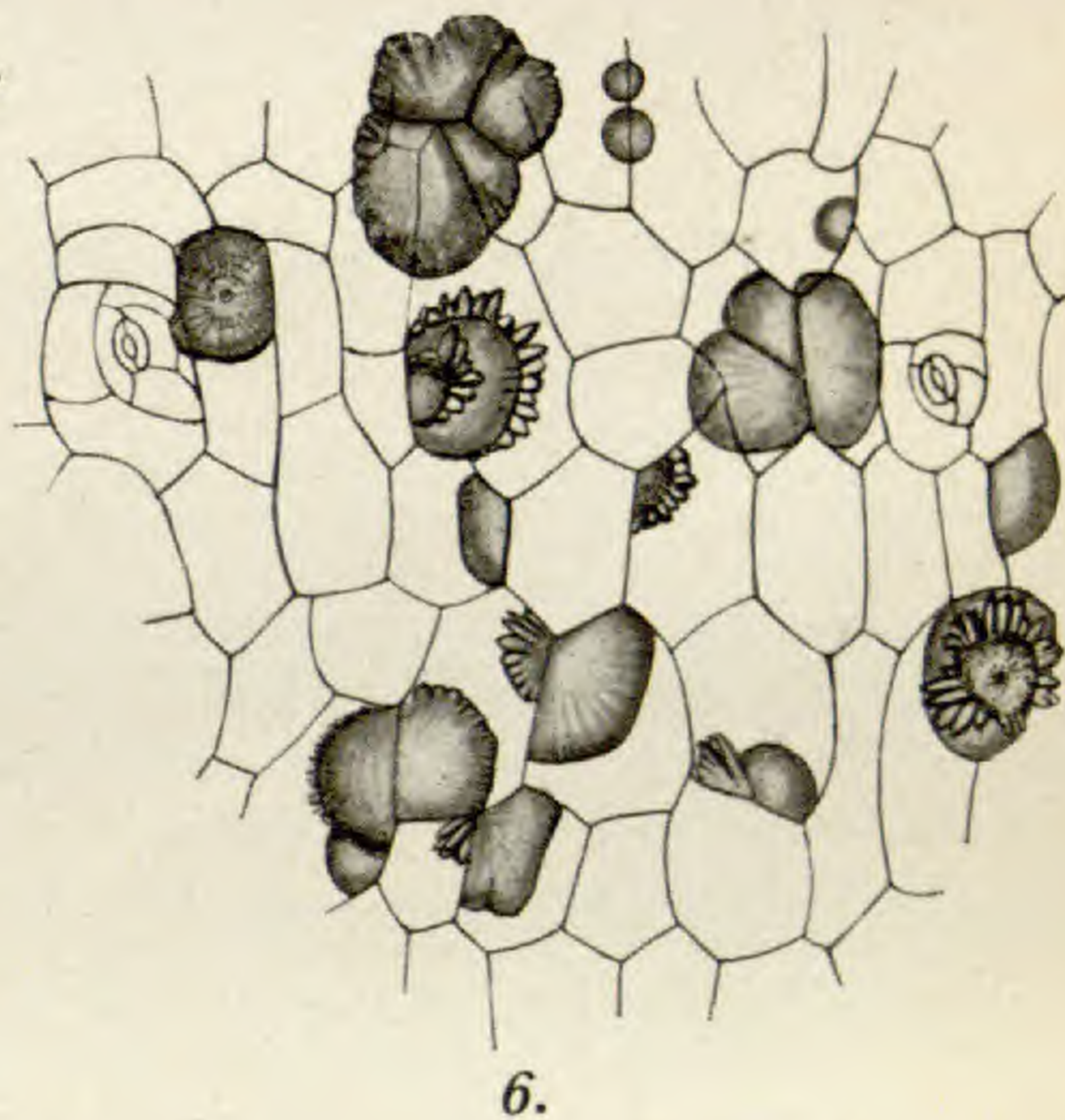
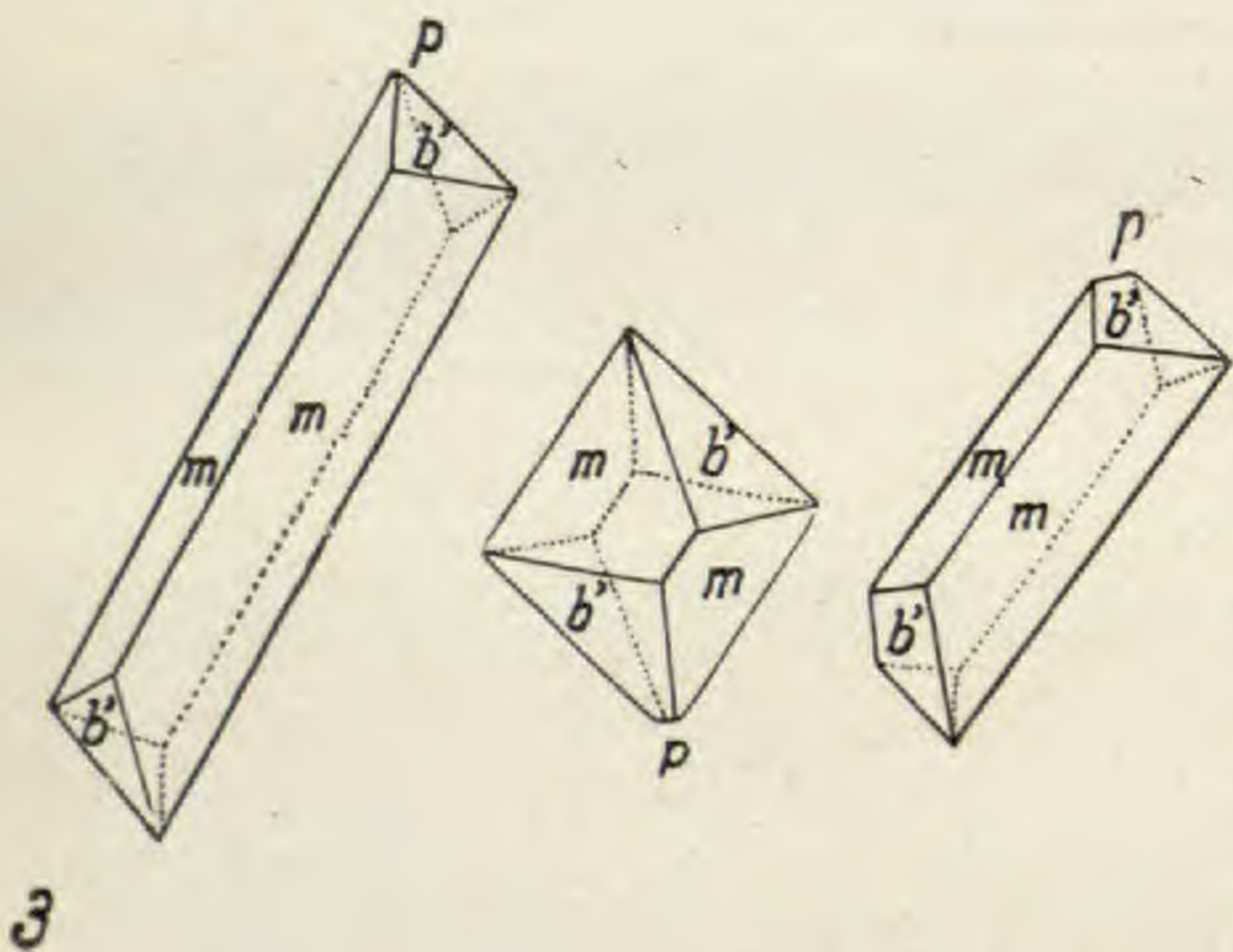
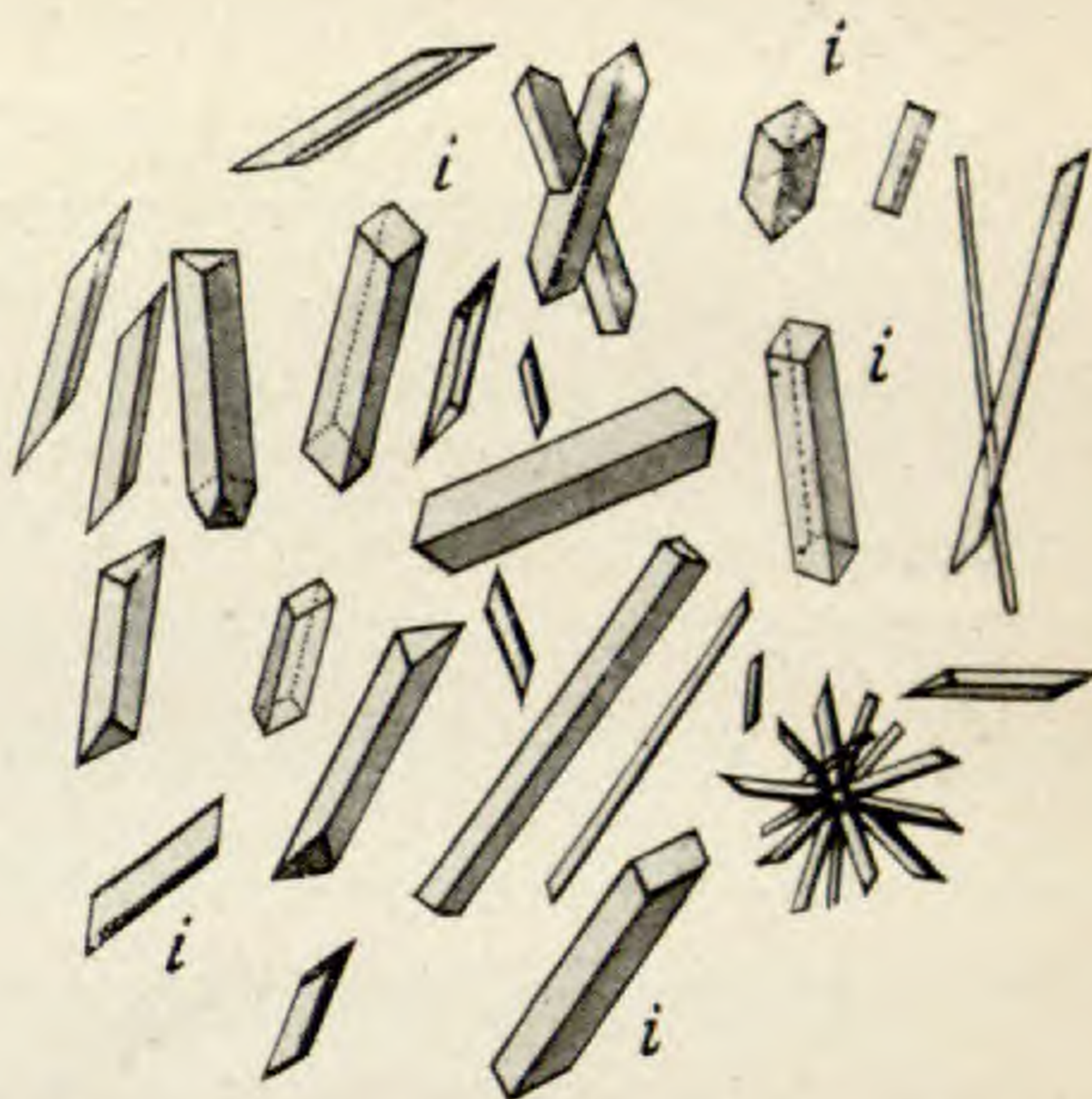
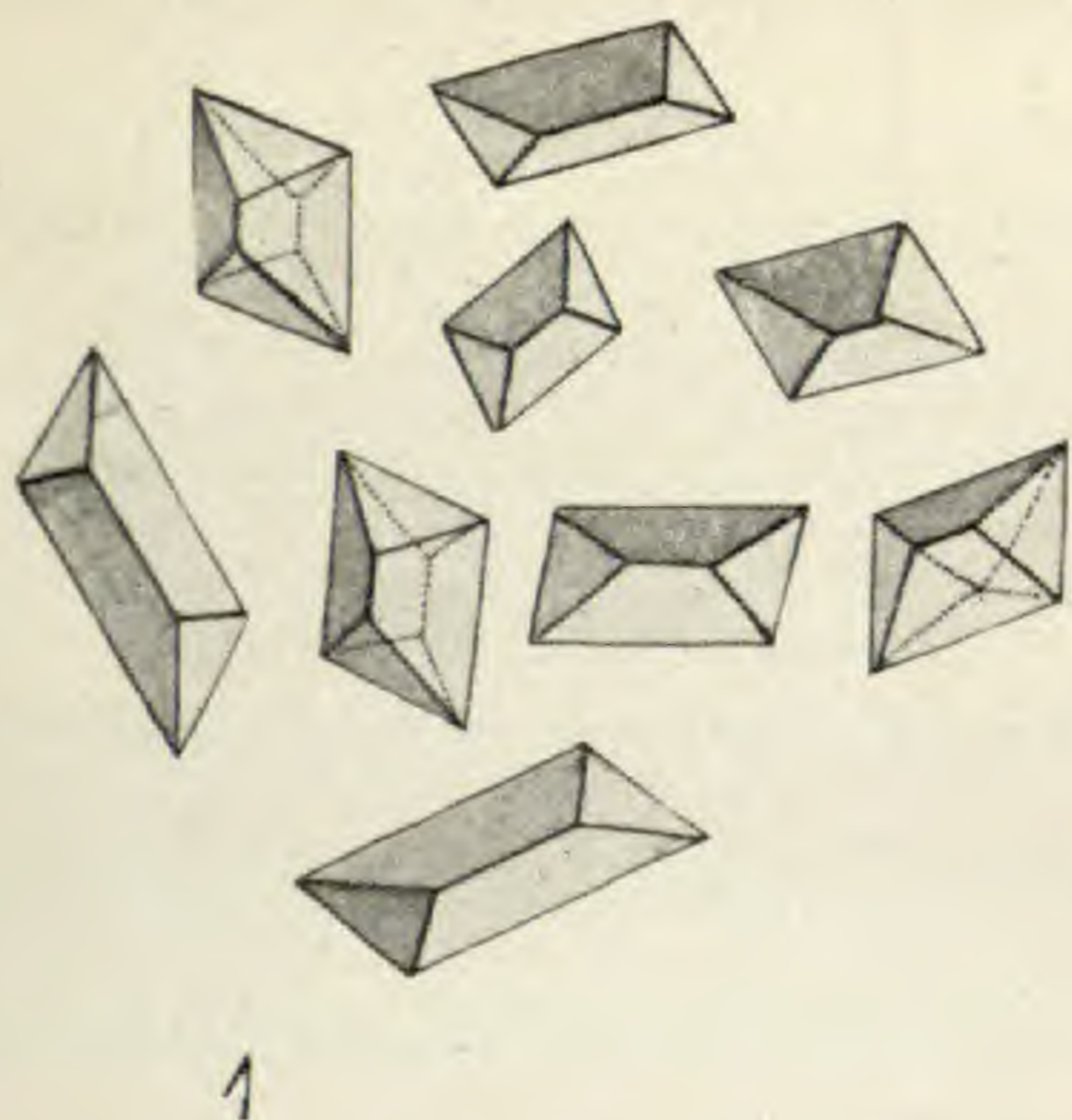
(Mit Doppeltafel VII u. VIII.)

(Eingegangen am 17. Mai 1916.)

In letzter Zeit habe ich teils selbst einige Farn-Pilze gesammelt, teils wurden mir solche von verschiedenen Mykologen zugeschickt. Die Bestimmung vieler derselben bot mir große Schwierigkeiten dar, so daß ich auf die Originale zurückgehen mußte. Trotz der momentan schlechten Verbindung mit fremden Ländern, gelang es mir doch durch die Liebenswürdigkeit vieler Freunde das nötige Material zu bekommen.

Ich bin zu großem Danke besonders den Direktionen des botanischen Museums in Berlin-Dahlem und der botanischen Abteilung des k. k. naturhist. Hofmuseums in Wien verpflichtet, da sie mir ihr ganzes Material von Farn-Pilzen zur Untersuchung geliehen haben.

Weiterhin spreche ich meinen herzlichsten Dank diesen Herren und Freunden aus: Prof. Dr. E. FISCHER in Bern, Lehrer O. JAAP in Hamburg, Prof. Dr. O. JUEL in Upsala, Dir. J. E. KABÁT in Turnau, Kustos Dr. K. von KEISSLER in Wien, Prof. Dr. G. LINDAU in Dahlem, Prof. Dr. C. MASSALONGO in Ferrara, Medizinalrat



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1916

Band/Volume: [34](#)

Autor(en)/Author(s): Molisch Hans

Artikel/Article: [Beiträge zur Mikrochemie der Pflanze. Nr. 5.: Über den Nachweis von gelösten Kalkverbindungen mit Soda. 288-295](#)