

54. E. Bachmann: Ein kalklösender Pilz.

(Mit Tafel XVI.)

(Eingegangen am 15. Oktober 1916.)

Unter dem Namen *Arthopyrenia lichenum* Arn. führt ARNOLD¹⁾ am Schluß mehrerer seiner Flechtenverzeichnisse einen Flechtenschmarotzer auf, der verschiedene Flechten befallen kann: *Verrucaria maculiformis* auf Kalkstein, *Lecania Nylanderiana* auf Mörtel, *Acarospora fuscata* auf Sandstein und Eisenerz, *Psorotichia lutophila*, *Verrucaria papillosa* und *dolosa* auf Kalkstein. In der zweiten Zusammenstellung erwähnt er außerdem noch den veralteten Thallus einer *Verrucaria* über Kalkstein und einen dünnen Thallus auf Sandstein ohne Nennung der Spezies als Unterlage für obigen Schmarotzer.

Nicht erwähnt ist in beiden Werken der Dachplattenkalk von Solnhofen, von dem mir ARNOLD seinerzeit reichliche Proben gesendet hat.

Bei der Untersuchung von chroolepusführenden Kalkflechten nahm ich auch die vermeintliche *Arthopyrenia* vor, fand aber weder im Dünnschliff noch in Mikrotomschnitten die genannte Alge vor und selbst in reich fruchtenden Pilzlagern keine Beziehung zu irgendeinem Flechtenthallus, vielmehr führt die *Pharcidia lichenum* (Arn.) ein völlig selbständiges Dasein auf dem Solnhofener Kalk. Untersuchung der Apothezien ergab vollständige Übereinstimmung mit den Diagnosen, die mir von Herrn Dr. ZAHLBRUCKNER gütigst mitgeteilt worden waren, wofür ich ihm auch hier meinen Dank ausspreche. Die eine stammt von REHM²⁾, die andere von VOUAUX³⁾.

Die Kalkplatten, auf denen der Pilz wächst, sind 1 bis 5 mm stark, sehr feinkörnig, ziemlich ebenflächig, weich und von mikroskopisch feinen Höhlen und Gängen durchsetzt. Die Wände der Gänge sind immer, die der Höhlen manchmal mit einer gelben, eisenhaltigen, in Salzsäure löslichen Masse ausgekleidet und können leicht zu der Täuschung verführen, daß hier braune Pilzhyphen eingedrungen seien. Bei etwa 50facher Vergrößerung betrachtet

1) ARNOLD, Dr. F. Die Lichenen des fränkischen Jura. Rgnsbg. 1855. p. 299. Ders., zur Lichenenflora von München, München 1891, p. 131.

2) Rabenhorsts Kryptogamen-Flora, II. Aufl., Die Pilze. II. Abtlg., p. 343.

3) Bull. Soc. Mycol. 1912, 28, p. 232.

erscheinen die Platten fast stets im Querschliff geschichtet. Die Schichten sind nur 20 bis 40 μ dick, laufen der Plattenoberfläche genau parallel und heben sich durch ihre gelbliche Farbe von den farblosen verkrüppelten Kalkkristallen ab. Beim Eintragen in Salzsäure löst sich ein kleiner Teil dieser fremdartigen Beimengung chemisch auf, der größte bleibt zurück und schlägt sich als gelber Bodensatz nieder. Mikroskopisch untersucht weist er eckige, farblose Kristalltrümmer auf, die im dunkeln Gesichtsfeld des Polarisationsapparats stark leuchten, vorwiegend aber formlose, gelbe Körnchen von durchschnittlich 1 μ Durchmesser, die nur teilweise im dunkeln Gesichtsfeld leuchten, zum andern Teil wohl ein anorganisches Kolloid darstellen. An manchen durch dunkles Gelb ausgezeichneten Stellen des Gesteins ist jedes der verkrüppelten Kalkkriställchen von dem Sediment wie mit einem dünnen gelben Häutchen umgeben, so daß der Kalk bei starker Vergrößerung betrachtet wie ein parenchymatisches Zellgewebe aussieht.

Auf der ebenen Oberfläche dieser Kalkplatten breitet sich *Pharcidia lichenum* in Form brauner Lager von geringer Ausdehnung aus. Der größte braune Fleck maß 16×4 mm, bestand aber nach den Einschnürungen zu schließen aus wenigstens drei Pilzindividuen. Die meisten haben nur 3—4 mm im Durchmesser, sind mehr oder weniger kreisrund und heben sich als dunkle Flecken von weniger zahlreichen weißen und gelben ab. Die weißen rühren von pilzfreien Kalkstellen her, an den gelben ist die Kolloidschicht unter der abgetragenen Kalkschicht zum Vorschein gekommen. Die braunen Lager der *Pharcidia* breiten sich mit Vorliebe auf den Kalkinseln der Oberfläche aus, treten aber auch auf die gelben Flecke der Zwischenschicht hinüber.

In Dünnschliffen rechtwinklig zur Kalkoberfläche fällt gegenüber Kalkflechten auf den ersten Blick der Mangel einer Gonidien-schicht auf, die ja bei endolithischen Kalkflechten immer sichtbar ist, auch wenn die Hyphen der Rhizoidenzone aus irgendeinem Grunde nicht erkennbar sind. Wie Fig. 1 zeigt, ist das ganze Gebilde mehr epial als endolithisch. Es bildet auf dem Kalk bei 56 facher Vergrößerung und weit geöffneter Blende betrachtet eine braune, von kleineren und größeren Lücken unterbrochene Kruste, die in der Mitte am dicksten ist, nach den Rändern, d. h. nach den Enden des Querschliffs dünner wird. An einem Lager wurden beispielsweise Krustenteile gemessen von $38 \times 12,4$, $38 \times 31,4$, $38 \times 34,2$, 16×2 bis 3 , 12×3 bis 4 μ Längs- bzw. Höhenausdehnung. Auf einem zweiten Dünnschliff von rund 800 μ Länge wechselten 5 pilzbedeckte mit 5 pilzfreien Stellen ab. Jene hatten die Längen; 32, 328, 56, 48,

48 μ , diese: 80, 40, 40, 72, 64 μ . Die Mächtigkeit der größten Pilzausbreitung betrug nur 32 μ , die der kleineren 6 bis 25 μ . Die braune Kruste überragt deutlich das Niveau des Kalkes, ist aber zum Teil in ihn eingesenkt, während sie bei jugendlichen Lagern nur aufgelagert ist, was für ihre Fähigkeit, sich allmählich in den Kalk einzufressen, spricht. Noch klarer geht das aus Fig. 2 hervor, die eine bei 220facher Vergrößerung gesehene ältere Hyphenmasse darstellt. Sie überzieht eine dem trüben Kalk oberflächlich aufsitzende, sehr durchsichtige Kristallgruppe, ist also vorwiegend epilithisch, sendet aber auch einzelne Hyphen in verschiedenen Richtungen, zum Teil geradezu rechtwinklig zur Plattenausbreitung ins Innere des Gesteins, obwohl hier Höhlen und Spalten von Anfang an nicht dagewesen sind.

Endolithisch ist das Lager in dem durch Fig. 3 dargestellten Querschliff, denn es erfüllt eine schachtartige Vertiefung als zusammenhängender, dunkelbrauner Zellkörper. Doch läßt die Nachbarschaft der hyphenähnlich aussehenden, mit einem eisenhaltigen Stoff ausgekleideten Spalten den Verdacht aufkommen, daß hier nur die Hyphenausfüllung einer ursprünglich vorhandenen Höhle vorliegt.

Wie solche Ausfüllungen zustandekommen, lehrt Fig. 4: Auf einem Flächenschliff sieht man bei 250facher Vergrößerung inmitten mehrerer kleiner, dunkelbrauner Zellgruppen, von denen aber nur eine gezeichnet ist, ein schachtartiges Grübchen, dessen Form die Isohypsen I, II und III veranschaulichen. In der ersten und höchsten beträgt der Umfang des Grübchens $68 \times 56 \mu$, in der zweiten, um 4 μ tiefer gelegenen $56 \times 44 \mu$, in der um 21,5 μ tieferen dritten $50 \times 44 \mu$. Die Form der Höhlung ist also die eines steifen, zylinderförmigen Hutes, dessen Krempe zwischen den Isohypsen I und II liegt. Von den dunkelbraunen Zellgruppen auf der Oberfläche des Kalkes verlaufen acht hellbraune, langgliedrige, nicht torulöse Hyphen in gleicher Ebene bis Isohypse I, hierauf mit schwacher Senkung nach Isohypse II, was durch punktierte Linien angedeutet ist. Von hier steigen sie senkrecht bis auf den Boden des Schachtes hinab, auf dem sie sich zu einer Zellplatte ausgebreitet haben, deren Elemente an Form, Größe und zum Teil auch Farbe mit den dunkelbraunen Zellkörpern der Kalkoberfläche übereinstimmen. Unter günstigen Wachstumsbedingungen vermag die Zellplatte allmählich die ganze Höhlung auszufüllen. Diese Bedingungen sind dadurch gegeben, daß sich die atmosphärische Feuchtigkeit in dem Grübchen viel länger hält, als an allen anderen Stellen des epilithischen Lagers.

Bei a sind zwei der eindringenden Hyphen in ihrem Verlaufe auf eine kurze Strecke unterbrochen, vermutlich infolge von Verletzungen, entstanden bei den Operationen des Schleifens oder Einbettens. Der Gedanke, daß sie hier unterirdisch verlaufen, ist zu verwerfen, denn wenn das der Fall wäre, müßten die betreffenden Hyphenstücke durch die dünne Kalkdecke hindurchschimmern und bei Senkung des Tubus, wenn auch mit verschwommenen Umrissen, sichtbar werden, wie in Fig. 7 die punktierten Hyphenteile.

Betrachtet man einen Flächenschliff bei schwacher Vergrößerung von oben (Fig. 5), so fällt zunächst wieder die Lückenhaftigkeit des Pilzlagers auf. Es besteht aus unregelmäßig gestalteten, dunkelbraunen, undurchsichtigen Zellkomplexen, die nur hier und da an ihrem Rande, wenn er durchscheinend genug ist, Zellstruktur erkennen lassen. Zwischen ihnen sieht man den Kalk mit weißer Farbe durchschimmern, entweder in der Tiefe oder in Form über das Lager vorspringender Kalkkristalle — und das auch dort, wo es dem bloßen Auge als gleichförmig schwarzer Fleck erscheint. Dadurch unterscheidet sich die *Pharcidia* wesentlich von den Kalkflechten; denn sie überziehen den Kalk als gleichmäßige, zusammenhängende, Unebenheiten ausgleichende, die Oberfläche glättende Schicht. Vom Rande der braunen Zellkomplexe gehen zweierlei Hyphen aus, starre, gerade oder schwach gebogene und geschmeidige, mit geknietem, wellenförmigem, manchmal sogar zickzackartigem Verlauf. Diese kriechen immer auf der Oberfläche des Kalkes entlang, dringen in seine natürlichen Vertiefungen ein und bahnen sich zuweilen sogar nach Auflösung desselben einen Weg in sein Inneres. Bei Senkung der Tubus läßt sich der Verlauf dieser endolithischen Hyphen in der Regel verfolgen, nur daß ihre Umrisse wegen der darüber lagernden Kalkschicht verschwommen erscheinen. Die zarten Hyphen (d in Fig. 6) sind hellbraun oder gelblich, dünnwandig, schwach torulös, reich verzweigt, gehen auch Anastomosen ein (Fig. 10c) und werden nach der Peripherie des Lagers immer heller, zuletzt farblos. Hier haben sie bei 3 bis 4 μ Länge nur 1 μ Dicke während die älteren $8 \times 4 \mu$ messen und wandständiges Protoplasma besitzen. Sie stellen einerseits die Verbindung zwischen den vielen Zellkomplexen, aus denen das Lager zusammengesetzt ist, her, bilden andererseits um dessen Rand herum ein dem Protothallus der Flechten vergleichbares Vorlager.

Jede Zelle der zarten Hyphen hat die Fähigkeit, zu einer dickwandigen Kugel von 6 und mehr μ Durchmesser anzuschwellen, womit zunehmende Bräunung Hand in Hand geht. Dieser Vor-

gang erfolgt in der Regel an höheren Punkten, also da, wo die Hyphe bei ihrem Hinkriechen eine Erhöhung der unebenen Kalkoberfläche erreicht hat, wie bei a, c, e in Fig. 7. Zelle a liegt um 11μ höher als das Ende der zarten Hyphe links von ihr, um $15,4 \mu$ höher als Zelle b, die wieder von c um $8,5 \mu$ überragt wird. Einen Höhepunkt hatte die ursprünglich dem Zellkomplex A entspringende Hyphe bei e erreicht, nämlich 14μ über b. — Wenn der Anschwellungs- und Bräunungsprozeß von der höchstgelegenen auf die benachbarten Zellen allmählich übergreift, entsteht eine torulöse Hyphe (zwischen a und b), wenn sich eine solche verzweigt: eine einschichtige Zellfläche (bei e), wenn diese in die Dicke wächst, ein mehrschichtiger, dunkelbrauner, undurchsichtiger Zellkomplex (A). Wie die Zellgruppe zwischen A und f zeigt, die 11μ unter e liegt, können auch tiefer gelegene Zellen der zarten Hyphen im Alter anschwellen, ihre Wände erreichen dann aber weder die Dicke noch die Bräunung der höher gelegenen.

So wächst das Pilzlager an seinem Umfang, indem die zarten Hyphen des Vorlagers neue Zellkörper bilden, die, indem sie selbst sich allseitig ausbreiten, dem Zentrallager näher rücken, um zuletzt, wenigstens für das unbewaffnete Auge, zu einem gleichmäßigen braunen Fleck auf der Unterlage zu werden.

Auffallend ist, daß auf Flächenschliffen auch braune Zellkörper gefunden werden, die weder untereinander, noch mit einem größeren Pilzlager in Verbindung stehen (Fig. 5). Noch mehr fällt das in die Augen, wenn man eine Stelle, die überhaupt arm an braunen Hyphen ist, mit starker Vergrößerung betrachtet (Fig. 6). Da treten noch dunkelbraune Einzelkugeln (6 a), Doppelzellen (6 b) und torulöse Hyphen (c) auf, die auch bei weit geöffneter Blende keinerlei Verbindungshyphen aufweisen. Um sicher zu gehen, habe ich kleine Flächenschliffe mit Hilfe des ABBEschen Zeichenapparates abgezeichnet, sie darauf auf dem Objektträger entkalkt, aber dafür Sorge getragen, daß die Pilzbestandteile hierbei ihre gegenseitige Lage beibehielten. Das ist leicht zu erreichen, wenn man an der Unterseite des Flächenschliffs eine Spur Canadabalsam beläßt, weil er die Pilzbestandteile an Ort und Stelle festhält. So hat sich unzweifelhaft feststellen lassen, daß die genannten Zellen und Zellvereinigungen dem Kalk in völliger Isolierung aufgelegt haben.

Wahrscheinlich handelt es sich hier um eine ungeschlechtliche Vermehrungsart des Pilzes, wie die in Fig. 8 dargestellten, auf Flächenschliffen leicht auffindbaren Übergänge von der einfachen Kugelzelle zur torulösen Hyphe, aus der letzten Endes ein

Zellkörper werden kann, zeigen. Die Kugelzellen müßten dann als Konidien bezeichnet werden, Konidienträger sind die starren Hyphen. Sie entspringen am Rande von dunklen Zellkomplexen, schmiegen sich nicht der Kalkoberfläche an, sondern überbrücken ausläuferartig die Vertiefungen oder streben sogar luftwärts empor und werden nicht selten in zerbrochenem Zustande gefunden. Ihre Zellen sind dickwandig, zylindrisch, durchschnittlich $4\ \mu$ dick und $12\ \mu$ lang (e in Fig. 6), können aber kurz vor dem Fadenende oder näher der Basis, dann als seitliche Sprossungen, zu den in Fig. 8 dargestellten Einzelkugeln anschwellen (Fig. 9). Nachdem sich diese losgelöst haben, können sie durch fließendes Wasser oder Wind an eine nackte Kalkfläche gelangen und die oben geschilderte Entwicklung durchmachen. Ob das sich wirklich so verhält, müßte natürlich erst durch Kulturen mit frischem Material bewiesen werden.

Wenn man einen dünnen Flächenschliff von der Unterseite betrachtet, sehen die meisten Teile des Pilzlagers unklar und verschwommen aus, einzelne jedoch zeigen ebenso scharfe Umrisse und Einzelheiten wie die meisten Pilzbestandteile bei Betrachtung desselben Schliffs von der Oberseite her. Daraus folgt, daß sie bis zur Unterseite des Dünnschliffes eingedrungen sind; unter ihnen sind häufig Hyphen, die ihren Höhlenwänden genau so eng anliegen, wie die Hyphen der Rhizoidenzone von Kalkflechten. Deshalb wird man annehmen dürfen, daß sie sich ihren Kanal durch Auflösung des Kalks selbst gebildet haben.

Schleift man einen Querschliff keilförmig zu, derart, daß die pilztragende Seite knapp weggenommen wird, löst dann den Dünnschliff in Salzsäure auf, so findet man in der Regel einen Rückstand von Pilzbestandteilen, auch wenn die mikroskopische Untersuchung des Schliffes vor der Entkalkung nichts davon sehen ließ. Sie bestehen zum Teil aus ziemlich großen Zellkomplexen, die aber natürliche Höhlungen ausgefüllt haben könnten, andernteils aus zarten Hyphen (Fig. 2 a b, 3 b), die wohl selbsttätig in den Kalk eingedrungen sind.

Für die Fähigkeit der *Pharcidiahyp*phen, Kalk zu lösen, spricht endlich noch der Umstand, daß jüngere Pilzbestandteile der glatten Oberfläche des Kalkes einfach anhaften, ältere bei Untersuchung eines Flächenschliffes von oben und unter Anwendung einer starken Vergrößerung immer eine Art Wallgraben um sich herum erkennen lassen, als wären sie ein wenig in die Unterlage eingesunken.

Vergleicht man mit dem bisher Gesagtem noch die Beschaffenheit von Mikrotomschnitten ($5\ \mu$ Dicke), so kommt man zu demselben Ergebnis: *Pharcidia lichenum* lebt als selbständiger Organismus auf Solnhofener Plattenkalk, ist imstande, ihn aufzulösen und in ihn einzudringen, aber nur bis in ganz geringe Tiefe.

Das jugendliche Lager, von dem Fig. 11 ein Stück darstellt, beträgt nur eine Mächtigkeit von $56\ \mu$ an zwei Stellen von $72\ \mu$, d. h. $\frac{1}{17}$ bis $\frac{1}{14}$ mm. Von der gesamten Mächtigkeit ragt der dunklere Teil über den Kalk hinaus. Der helle ist in ihn versenkt, von dem Perithezium nur die untere, kegelförmig zulaufende Spitze. Von dieser aus sind noch keine Hyphen in den Kalk hineingewachsen, aber in ihrer Umgebung befinden sich paraplektenchymatische Gewebemassen, von denen nur eine gezeichnet ist. Durch Lücken von ihm getrennt finden sich weiterhin noch andere Hyphenkomplexe, alle von paraplektenchymatischem Bau und mehr oder weniger tangential gestreckt. Nur an zwei Stellen dringt blaßwandiges, kleinzelliges Hyphengewebe bis $72\ \mu$ Tiefe in den Kalk ein.

Wie die das Lager zusammensetzenden Hyphenkomplexe wachsen, zeigt Fig. 12, eine Zellgruppe von $40 \times 73\ \mu$ Ausmessung. Von den ca. 80 Zellen, die ihr Querschnitt aufweist sind mindestens 10 Prozent im Zustand der Teilung begriffen, wie die zarten Querscheidewände erkennen lassen. Da diese verschiedene Richtungen haben, muß ihrem Auftreten ein Wachstum nach ebensoviel Richtungen vorausgegangen sein. Da die meisten (bei a in Fig. 12) parallel zur Gesteinsoberfläche gehen und in einer ziemlich tiefen Region liegen, muß das Wachstum vorwiegend nach innen und nahe der Kalkoberfläche stattfinden. In der äußeren, dunkelbraunen Partie haben die Teilungen aufgehört, sie wächst nicht mehr, sie ist alt und am Ende ihrer Entwicklung angekommen.

Ausgewachsene und kräftige Lager sind zwar nicht lückenlos, besonders in der Peripherie, aber in der Mitte zu einem mächtigen, lückenarmen Paraplektenchym, von dem Fig. 13 eine ungefähre Vorstellung geben soll, geworden. In genauer Ausführung stellt sie allerdings nur einen $124\ \mu$ mächtigen Abschnitt aus dem Zentrum des Lagers dar, der als Sockel eines Peritheziums dient. An ihn schließt sich, was nur durch Umrißzeichnung angedeutet ist beiderseits (im Querschnitt) ein an Mächtigkeit nach der Peripherie allmählich abnehmendes eng paraplektenchymatisches Gewebe an. Rechnet man in diesem Lagerabschnitt $40\ \mu$ Höhe auf das den Kalk überragende Perithezium, so würden $84\ \mu$ auf den im Kalk liegenden Sockel kommen. Nimmt man aber an, daß sich derselbe

durch interkalare Teilungen etwas über den Kalk erhoben hat, so kann man doch 40—60 μ als Höhe des in den Kalk eingedrungenen Sockelteils rechnen; das ist der nach unten in rhizoidenähnliche Fortsätze auslaufende Abschnitt.

Der Sockel ist 80 μ breit, dann durch einen 4 bis 8 μ breiten Spalt von dem nächsten paraplektenchymatischen Gewebekomplex getrennt. Dessen Mächtigkeit beträgt 84 μ , sinkt dann peripheriewärts plötzlich auf 60 μ , weiterhin auf 40 und besteht schließlich nur noch aus unzusammenhängenden braunen Gewebemassen, wie sie Fig. 11 zeigt. Das zusammenhängende Paraplektenchymzentrum reicht vom linken Rande des Fruchtkörpers 318 μ weit nach links. Dann erst fängt der lückenreiche Lagerteil an, der für jugendliche Pflanzen charakteristisch ist.

Nur bei Anwendung homogener Immersion und stärkerer Vergrößerungen (Zeiß Apochrom. 2 mm num. Apert. 1,3, Komp. Okul. 4 und 6) erkennt man, daß die Zellwand des Paraplektenchyms nicht allein aus der braunen, in der Zeichnung dargestellten Mittellamelle besteht, sondern daß außer ihr noch eine dickere farblose Innenschicht vorhanden ist. Beide zusammen übertreffen an Dicke den Durchmesser des Lumens bedeutend. Denn sein protoplasmatischer Inhalt erscheint nach Färbung mit Eisenalaun und Hämatoxylin nur als ganz feines blaues Pünktchen.

Einigen Zellnestern unterhalb des Subhymeniums fehlt der braune Farbstoff in der Mittellamelle, sonst gleichen sie den anderen Zellen des Sockels völlig. Die des Subhymeniums und Hymeniums dagegen haben ein großes, reichlich mit Protoplasma erfülltes Lumen. Ihre dünnen Wände sind auch zweischichtig, allein die Mittellamelle hebt sich von der Innenschicht nur durch stärkeres Lichtbrechungsvermögen ab.

An einigen anderen Mikrotomschnitten derselben Serie, der Fig. 13 entstammt, waren die kalklösenden Rhizoidalhyphen wesentlich besser ausgebildet, aber doch von verschwindender Kleinheit und Dürftigkeit verglichen mit denen endolithischer Kalkflechten, etwa einer *Verrucaria calciseda* oder gar einer *V. marmorea*, von der FÜNFSÜCK¹⁾ in 19 mm Tiefe noch nicht die äußerste Grenze des Eindringens in den Kalk feststellen konnte.

Die *Pharcidiazellen* sondern demnach die kalklösende Säure nur in minimaler Menge ab, im Gegensatz zu den Algen, von denen sie so reichlich erzeugt wird, daß die von ihnen gebildeten

1) ENGLER, A. und PRANTL, K., Die natürlichen Pflanzenfamilien I. Teil, Abtl. 1. Lichenes, p. 20.

Höhlen, wie ich¹⁾ früher nachgewiesen habe, den Algenkörper selbst an Volumen um das mehrfache übertreffen. Diese, die Algen, dringen tief in den Kalk ein, jene korrodieren ihn nur oberflächlich, diese sind Meister in der Kunst des Kalkauflösens, jene nur Stümper.

Dem widersprechen auch nicht die Erfahrungen, die LIND²⁾ mit Schimmelpilzkulturen auf Kalkplättchen in der feuchten Kammer gemacht hat. Seine Pilzhyphen haben zwar enge Kanäle durch eine Kalkplatte hindurchgefressen, aber diese war mit einer Nährlösung schwach durchtränkt und nicht über $\frac{1}{15}$ mm dick.

Der Widerspruch jedoch, daß reine Pilzhyphen eine so schwach lösende Kraft haben, die Hyphen der Flechtenpilze eine viel stärkere, läßt sich lösen, wenn man annimmt, daß die Flechtenhyphen das kalklösende Stoffwechselprodukt von ihren Gonidien, die ja Meister in der Kunst des Kalklösens sind, geliefert erhalten.

Nach der SCHROETERSchen³⁾ Einteilung der Litophyten gehört *Pharcidia lichenum* zu den F e l s h a f t e r n . Weil sie nicht ganz in den Kalk versenkt ist, muß sie zu den kalklösenden F e l s a n w o h n e r n gezählt werden.

Ein dunkler Punkt ist ihre Ernährungsweise. Gewöhnlich lebt sie als Schmarotzer auf verschiedenen Flechten. Tatsächlich habe ich an hellen Kalkstellen kleine, von *Pharcidia*hyphen befallene Flechtenanfänge gefunden, aber die dunklen Flecke bestehen aus reichlich fruchtenden *Pharcidialagern*, die auf dem Kalk ein von anderen Organismen unabhängiges Leben führen.

Daß ein und derselbe Organismus seine Lebensweise wechseln kann, hat TOBLER⁴⁾ nachgewiesen: bei der Untersuchung von Flechtenparasiten gelangte er zu der Überzeugung, daß es für sie keine scharfe Grenze zwischen Parasit, Parasymbiont und Saprophyt gibt. Auch für *Arthrorhaphis flavovirescens* sind nach TOBLER⁵⁾ verschiedene Lebensmöglichkeiten wahrscheinlich. Bei *Pharcidia* liegt der Fall aber schwieriger, weil sich hier heterotrophe Ernährungsweise als Parasit auf Flechten und autotrophe auf rein anorganischer Unterlage gegenüber stehen.

1) BACHMANN, E., Kalklösende Algen. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. 33 p. 45 ff. 1915.

2) LIND, K., Über das Eindringen von Pilzen in Kalkgesteine und Knochen. PRINGSHEIMS Jahrb. 32. 603—634.

3) SCHROETER, C., Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich 1908 p. 515.

4) TOBLER, F., Zur Biologie von Flechten und Flechtenpilzen. I, II. PRINGSHEIMS Jahrb. 49, 389 ff. 1911.

5) TOBLER, F., Ebenda und: Kritische Bemerkungen über *Raphiospora Arthrorhaphis*, *Mycobasidia*. HEDWIGIA, Bd. 47, p. 140—144

Nun hat HARDER¹⁾ in einer bemerkenswerten Abhandlung gezeigt, daß der Pilz *Hyalopus heterosporus* seine Entwicklung in einer chemisch reinen Normallösung von Ammoniumchlorid durchmacht, das heißt in einer Flüssigkeit, die sehr arm an mineralischen Stoffen ist und in der eine Kohlenstoffquelle theoretisch überhaupt fehlt. Außerdem gelang es ihm, Sporen der neuen *Hyalopus*art in aqua destillata nicht nur zur Keimung zu bringen, sondern die Kultur des Pilzes bis zur Konidienbildung durchzuführen. Demnach gibt es, wie es LIESKE²⁾ in seinem Referat über genannte Arbeit ausdrückt, Organismen, die mit den minimalsten Mengen von Nährstoffen gedeihen können.

Wendet man diesen Satz auf *Pharacidia lichenum* an, so kann man unbedingt behaupten, daß sie auf dem Solnhofener Plattenkalk alles findet, was sie zu ihrem Lebensunterhalt braucht. Als ihre Hauptnahrungsquelle ist das gelbliche Sediment anzusehen, das sicher aus allerlei Stoffen zusammengesetzt ist, die reinem Kalke fehlen. Es ist zwischen den Kalkkristallen in feinsten Verteilung enthalten und bietet dadurch eine große Angriffsfläche dar. Die zartesten Hyphen treten mit ihm in innigste Verbindung. Denn in entkalkten und aufgehellten Pilzlagern sieht man sie häufig wie mit einem Bart von Kolloidkörnchen besetzt, die außerordentlich fest gehalten werden, wie daraus hervorgeht, daß sie nicht völlig von den Hyphen losgerissen werden, selbst wenn man das Präparat unter dem Deckglas färbt, aufhellt und mehrmals mit Wasser ausspült. Es erinnert dies durchaus an die Art der Verwachsung zwischen den Wurzelhaaren höherer Pflanzen und Bodenpartikelchen. Nur haben die Hyphen wahrscheinlich noch den Vorzug, durch Enzyme, an denen ja Pilze so reich sind, die Bodenteilchen aufschließen zu können. — Woher die Pflanze ihren Kohlenstoffbedarf deckt, ob von einem humusartigen Bestandteil des Sediments oder von Rückständen ehemaliger Algenanflüge, wie sie sich auf Kalkoberflächen leicht ansiedeln, muß dahingestellt bleiben. Reich kann die Versorgung damit nicht sein, wie die Kleinheit und Dürftigkeit der Lager erkennen läßt. Keinesfalls erfolgt sie von lebenden Algen oder Flechten aus, und deshalb muß die *Pharacidia lichenum* befähigt sein, auf dem Solnhofener Dachplattenkalk als Saprophyt zu leben.

1) HARDER, R., Morphologie und Physiologie von *Hyalopns heterosporus* nov. sp., im Centralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten. II. Abt., Bd. 42, p. 28 ff., Jena 1914.

2) Zeitschrift für Botanik, Bd. VII, p. 182. Jena 1915.

Zusammenfassung.

1. *Pharcidia lichenum* (Arn.) lebt meistens als Schmarotzer auf verschiedenen Flechtenarten, auf Solnhofener Dachplattenkalk aber als Saprophyt in kleinen, reichlich fruchtenden Lagern.

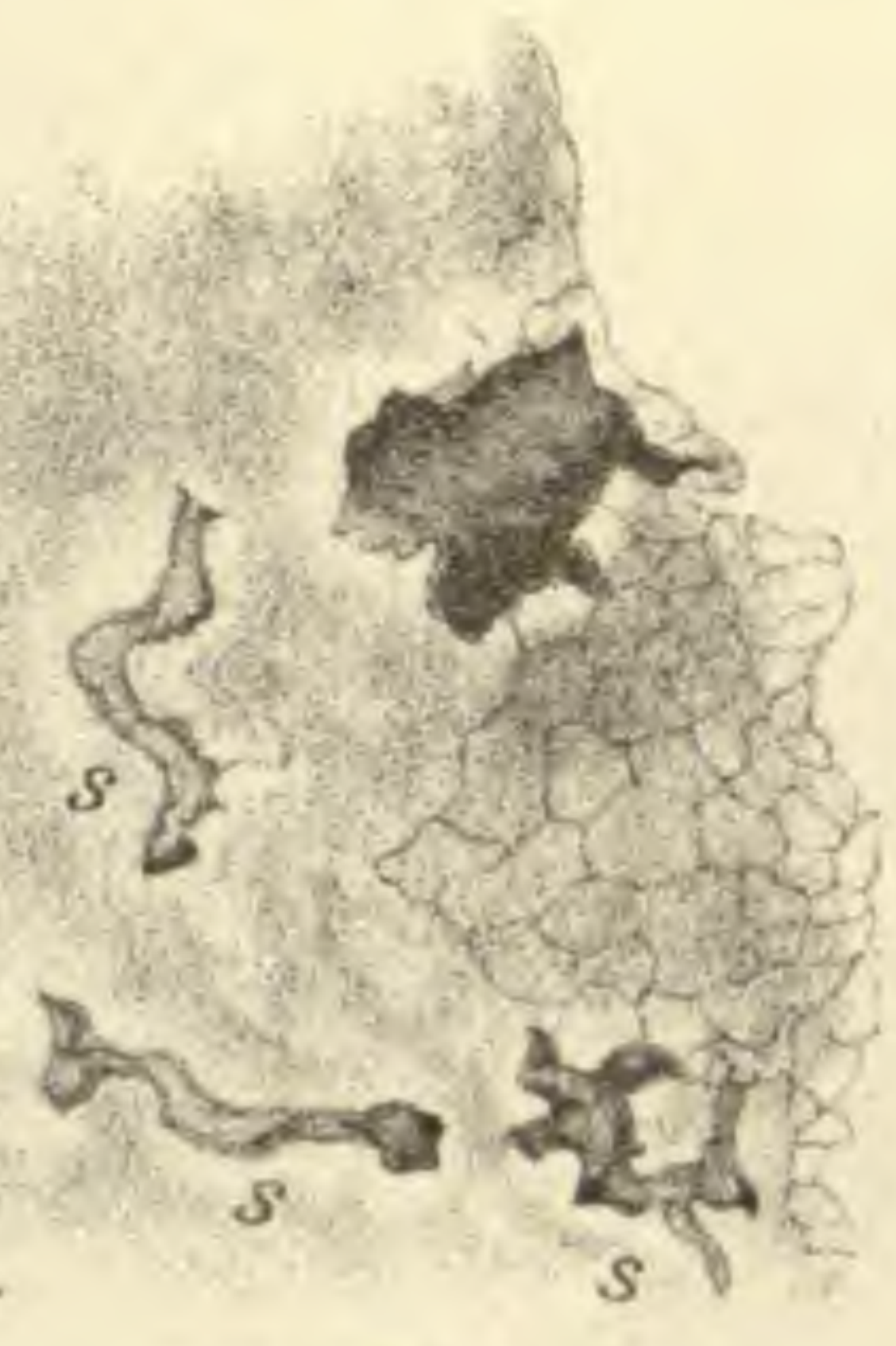
2. Sie gehört zu den Felshaftern oder kalklösenden Felsanwohnern.

3. Die kalklösenden Eigenschaften der *Pharcidia* sind sehr gering, ihre Hyphen sondern demnach die kalklösende Säure nur in minimaler Menge ab.

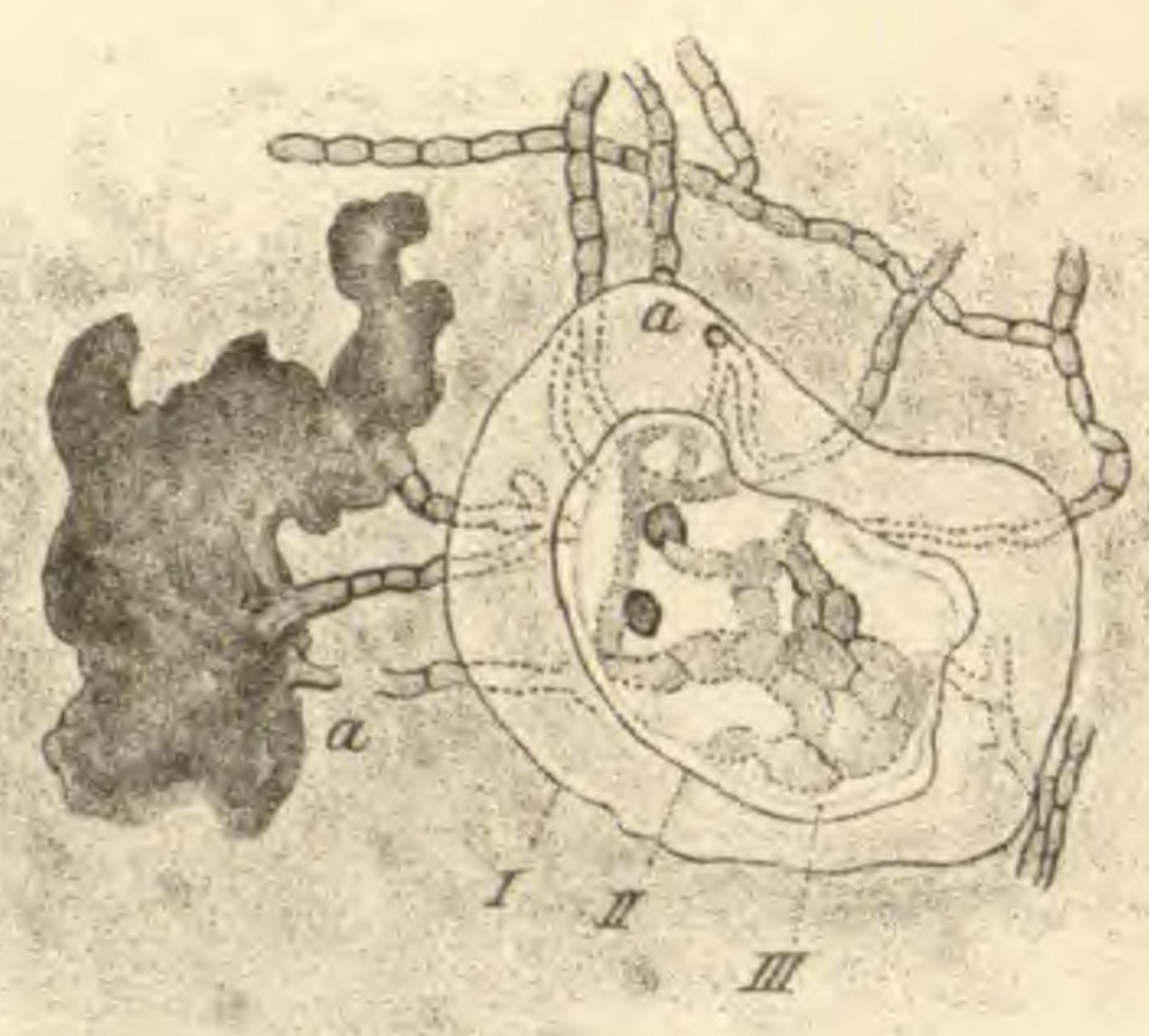
4. Die Hyphen flechtenbildender Pilze beziehen die den Kalk lösende Säure hauptsächlich von ihren Gonidien.

Erklärung der Tafel XVI.

1. Querschliff mit *Pharcidialager*, $56/1$.
2. Querschliff mit einem kleinen Teil eines *Pharcidialagers* über durchsichtigen Kalkkristallen, $220/1$.
3. Querschliff mit einer hyphenerfüllten Höhlung und mehreren leeren Adern, $220/1$.
4. Flächenschliff von der Oberseite, mit einem Grübchen, das von Hyphen besiedelt wird. I, II, III: Isohypsen (s. Text), $250/1$.
5. Flächenschliff von der Oberseite. $56/1$.
6. Flächenschliff von der Oberseite; a: isolierte Kugelzellen, b: Doppelzellen, c: isolierte torulöse Hyphen, d: zarte Hyphen, e: starre Hyphe, $250/1$.
7. Flächenschliff von oben gesehen; von Kalk bedeckte Pilzbestandteile punktiert gezeichnet, $250/1$.
8. Uebergang einer Kugelzelle (a) in die torulöse Hyphe e, $250/1$.
9. Starre Hyphen mit Kugelzellen, $250/1$.
10. Endolithische Hyphen vom dünnen Rande keilförmig zugeschliffener Querschliffe, $250/1$.
11. Mikrotomschnitt quer durch ein jugendliches Lager mit Perithezium, $250/1$.
12. Mikrotomschnitt durch einen Zellkomplex aus einem jugendlichen Lager.
13. Mikrotomschnitt quer durch ein älteres Lager; nur der ein Perithezium tragende Zellkomplex ist genau, der anschließende bloß in Umrissen gezeichnet, $250/1$.



3. 220/1.



4. 250/1.

1. 56/1.



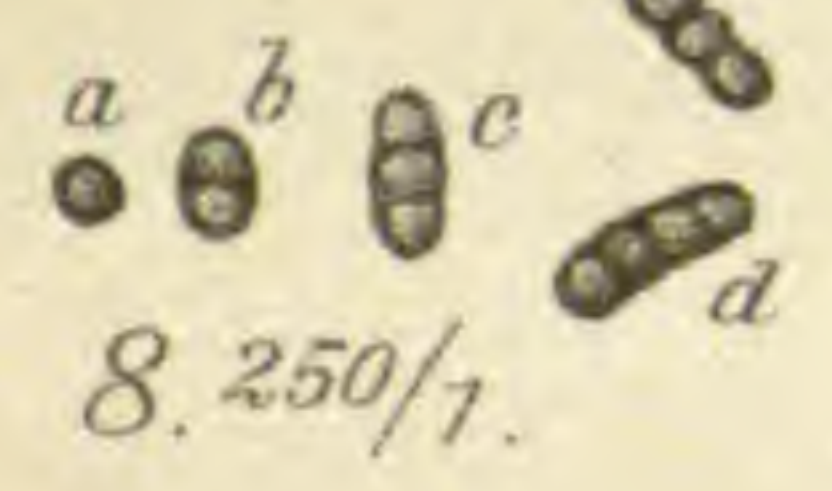
6. 250/1.



5. 56/1.



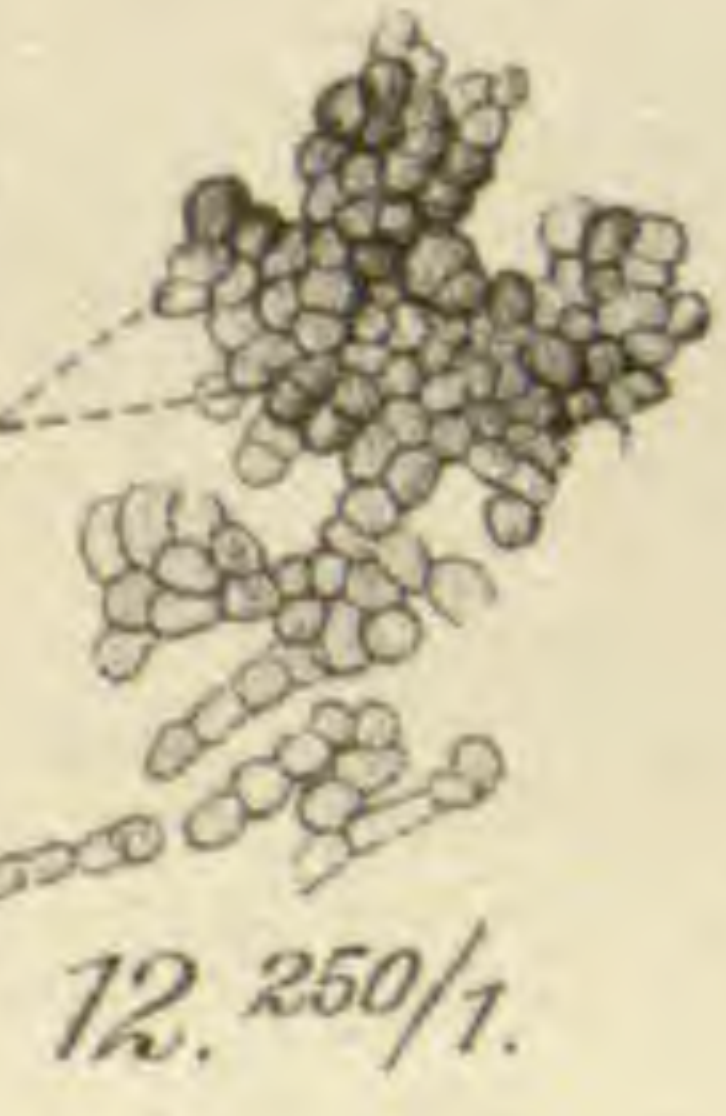
2. 220/1.



8. 250/1.



9. 250/1.



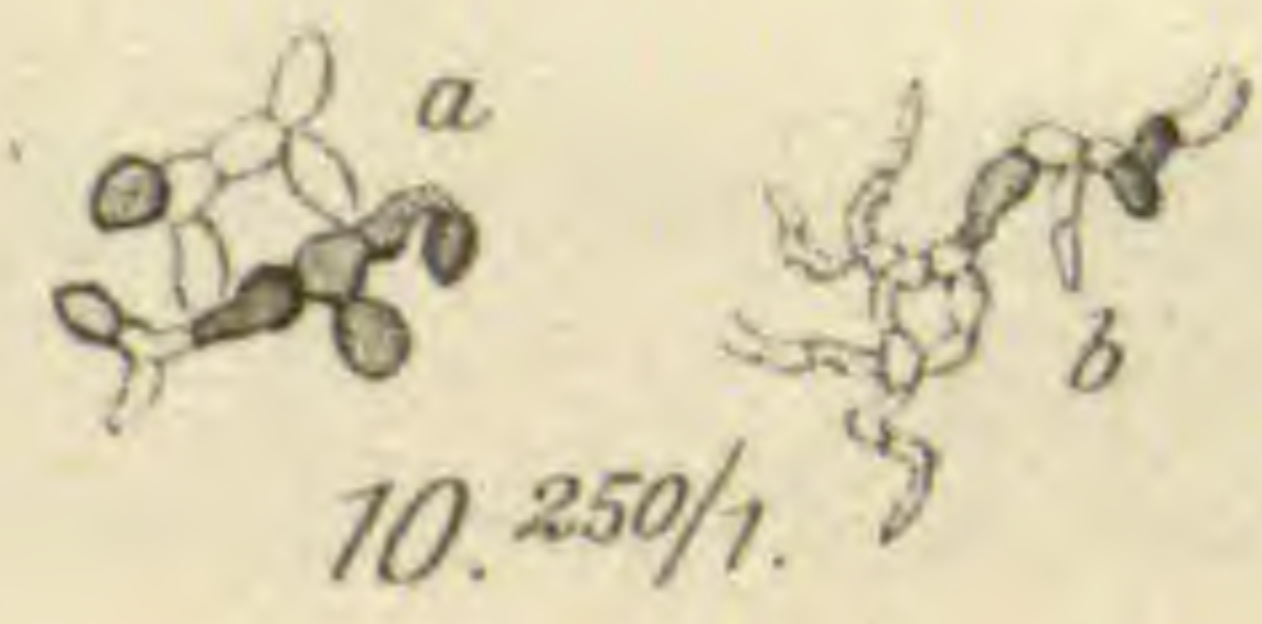
12. 250/1.



7. 250/1.



13. 250/1.



10. 250/1.



11. 250/1.

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): Bachmann Ew.

Artikel/Article: [Ein kalklösender Pilz. 580-591](#)