

Ueber die Keimung einiger grosssporiger Flechten.

Von

A. de Bary.

(Mit Taf. XVII—XIX.)

Durch eine Reihe von Untersuchungen, deren bester Theil in Tulasnes Mémoire sur les Lichens (Ann. sc. nat. 3. Sér. XVII) enthalten ist, wissen wir, dass die Sporen der meisten Flechten beim Keimen dieselben Entwicklungserscheinungen zeigen wie die gleichnamigen Organe verwandter Thallophyten und speciell sehr vieler Pilze. Die innerste Schicht der Sporenwand treibt schlauchförmige Ausstülpungen, Keimschläuche, welche die Aussenschichten durchbrechen, den Sporenhalt allmählich in sich aufnehmen und zu ästigen Zellreihen heranwachsen. An einer Spore entsteht fast immer ein Keimschlauch oder zwei, selten mehrere.

Unter den beschriebenen Fällen macht aber einer eine bemerkenswerthe Ausnahme von der allgemeinen Regel. Tulasne (l. c. p. 97) sah die keimenden Sporen von *Ochrolechia pallescens* Mass. (*Lecanora Parella* Ach.) sich auf ihrer ganzen Oberfläche mit dünnen cylindrischen Haaren oder Fäden (poils, filaments) bedecken, welche, bis gegen 100 an der Zahl, strahlig von der Spore abstehen, mehimals länger werden als der Durchmesser dieser, und sich verästeln. Die Fäden sind „fast solid“. Sie werden durch Schwefelsäure zerstört, nach Einwirkung dieses Reagens „bleibt aber die Spore selbst unversehrt zurück, ohne die geringste Perforation zu zeigen, woraus zu schliessen ist, dass die Haare nur von der Oberfläche ausgehen und keine Höhlung haben, welche mit dem Lumen der Spore in Verbindung steht.“ Man kann sie auch durch Druck und Reiben mit dem Episorium von dem anscheinend unversehrten Endosporium ablösen.

Da die Spore eine typische Zelle ist, so stellt sich diesen Angaben gegenüber die Frage: wie verhält sich die Bildung der haarähnlichen Fortsätze zu den bekannten Gesetzen der Entwicklung und des Wachstums der Zellen? Sind sie Auswüchse, Verdickungen des Episoriums, oder sind sie Keimschläuche, also zunächst schlauchförmige Zellen, und entstehen diese wirklich, dem Grundgesetze pflanzlicher Zellbildung zuwider, in der Aussenschicht der Membran und getrennt von dem Protoplasmakörper der Mutterzelle?

Zur Entscheidung dieser Fragen, auf welche Tulasne nicht eingeht, wurden die nachstehenden Untersuchungen unternommen, deren Resultat zwar schon kurz in dem 2^{ten} Bande des Handbuchs der Physiologischen Botanik mitgetheilt ist, deren ausführlichere Darstellung aber nicht unnütz sein dürfte. Die Untersuchung wurde ausgedehnt auf eine Reihe anderer Flechten, deren Sporen denen von *Ochr. pallescens* durch ihre beträchtliche Grösse und ihren Bau ähnlich sind, und welche hiernach auch ähnliche Keimungserscheinungen erwarten liessen. Es sind dies ausser *Ochrolechia* Massal. (*Lecanora pallescens* Schaer., *L. tartarea* Schaer.) die Genera *Pertusaria* DC. und *Megalospora* Massal. (*Lecidea sanguinaria* Ach., *Lecid. affinis* Schaer.).

Die zu beschreibenden Aussaaten wurden gemacht nach der von Tulasne (l. c.) angegebenen Methode, welche darin besteht, dass man die fruchtragende Flechte, stark befeuchtet, über dem Gegenstande befestigt, welcher die Sporen aufnehmen soll. Die reifen Sporen werden hiebei aus dem quellenden Apothecium ejaculirt und fallen auf den Recipienten. Alle hier zu beschreibenden Aussaaten wurden auf gewöhnliche Objectträger gemacht, welche sich in einer abgeschlossenen feuchten Atmosphäre befanden, die Keimungen erfolgten in den Wassertröpfchen, welche sich auf die Objectträger niederschlugen.

Ich beginne mit den *Pertusarien*, von denen ich *P. communis* DC., *P. fallax* Hook, *P. lejoplaca* Schaer., *P. Wulfenii* DC. und *P. DeBaryana* Hepp n. sp.¹⁾ untersucht habe. Es ist bekannt, dass die Arten dieser Gattung sich vornehmlich von einander unterscheiden durch die Zahl der in einem Ascus gebildeten Sporen, die Gestalt, durchschnittliche Grösse und Structur der letzteren.

1) Vergl. die Erklärung der Abbildungen. Herr Dr. Hepp hatte die Güte, die Bestimmung der Arten zu controliren. In dem Handbuch der physiol. Bot. habe ich die neue Art irrtümlich *P. ceuthocarpa*? genannt.

In den Hauptpunkten des Baues stimmen alle Arten überein. Die reife, frisch aus dem Apothecium entleerte Spore ist eine längliche oder ovale Zelle von beträchtlicher Grösse. Ihr farbloser Inhalt besteht aus feinkörnigem Protoplasma und zahlreichen diesem eingelagerten ziemlich gleichgrossen runden Oeltröpfchen, welche der Spore ein dichtkörniges undurchsichtiges Ansehen geben. Selten liegen in der Mitte einzelne Oeltropfen, welche die übrigen an Grösse bedeutend übertreffen. Beiderlei Inhaltsbestandtheile werden durch Jod gelb, durch Chlorzinkjodlösung braunroth gefärbt, beide erfüllen, soweit ich erkennen konnte, mit einander den ganzen Raum der Spore, derart gemengt, dass die Oeltropfen durch sehr schmale Protoplasma-streifen von einander getrennt sind (Fig. 1, 2, 9, 14, 17, 18, 20). Stirbt eine Spore durch irgend welche Ursache ab, so fliessen die Oeltröpfchen in eine homogene, fettglänzende durchscheinende Masse zusammen. An Herbariumexemplaren wird meistens der Inhalt aller Sporen von einer solchen gebildet, diese scheint daher, z. B. von *Mas-salongo* (Rich. Lich. crust. p. 186) und *Körber*, für den charakteristischen Sporenhalt der *Pertusarien* gehalten zu werden; sie kommt aber nur den todtten Sporen zu.

Der Inhalt wird umgeben von einer dicken Membran, welche an frischen reifen Exemplaren der untersuchten Arten meistens farblos, glashell, selten und wie es scheint nur in einzelnen sehr alten Exemplaren (z. B. von *P. communis*, *lejioplaca*) blass gelbbraun und graubraun ist. An der Membran lassen sich zunächst zwei Hauptlagen unterscheiden, von denen ich die innere als Membran oder Wand im engeren Sinne, die äussere als Gallerthof bezeichnen will. Erstere ist eine Haut vom Ansehen einer geschichteten Cellulosemembran, aussen und innen scharf umschrieben, weich, biegsam, im Wasser nicht, oder doch nur in den späteren Keimungsstadien, zu formloser Gallerte aufquellend. An der Membran ist eine innerste Schichte, *Endosporium*, zu unterscheiden, welche bei allen Arten rings um die ganze Spore 1 Mikromillimeter oder wenig darüber dick ist und an lebenden Exemplaren keine untergeordnete Schichtung erkennen lässt. Sie wird umgeben von dem *Episporium*, einer Lage, welche je nach den Arten verschiedene Mächtigkeit, vielfach reiche feine Schichtung und zumal bei den dickwandigen Sporen an beiden Enden weit grössere Dicke als an den Seiten zeigt. Die Aussenfläche des *Episporis* ist bei den vier in obiger Aufzählung zuletzt genannten Arten uneben, in der Profilansicht daher fein gekerbt.

Am auffallendsten tritt die Unebenheit bei *P. Wulfenii* hervor

(Fig. 17—19). Wie an solchen Sporen, welche durch Druck entleert oder durch Tödtung durchscheinend gemacht sind, deutlich wird, haben hier die Erhabenheiten die Gestalt feiner querlaufender Leisten, welche durch Anastomosen zu einem unregelmässigen Netze mit spitzwinkelligen quergestreckten Maschen verbunden sind. Das Netz ist in der Mitte der Spore am deutlichsten, gegen beide Enden hin wird es sehr zart und engmaschig, an den Enden selbst kaum erkennbar¹⁾).

Wesentlich die gleiche Beschaffenheit wie bei genannter Art hat die Oberfläche des Episporis von *P. lejoplaca*, *fallax*, *DeBaryana*, nur dass bei diesen das Netz noch weit zarter und engmaschiger ist als bei *P. Wulfenii*. Es wird daher leicht ganz übersehen und ist in den beiliegenden Abbildungen mehrfach nicht wiedergegeben.

Bei *P. communis* sind die zarten vorragenden Netzleistchen auf der Aussenfläche nicht vorhanden, diese vielmehr glatt oder wenig wellig. Dagegen ist hier, wie schon von Hepp (Fl. Eur. 676) abgebildet wurde, das Endosporium regelmässig wellig gefaltet und die angrenzenden Theile des Episporis entsprechend uneben. Ausserdem zeigt das Episporium dieser Species (Fig. 8, 9) in der Durchschnittsansicht breite, senkrecht von innen nach aussen und durch alle Schichten gehende Streifen von abwechselnd verschiedenem Lichtbrechungsvermögen — die einen hell glänzend, die andern dunkel; letztere entsprechen entweder den nach aussen, oder den nach innen vorspringenden Falten des Endosporis, manchmal kommt beides dicht neben einander vor. In der Flächenansicht bilden die dunkeln Streifen ein grobmaschiges blasses Netz (Fig. 8 b), und die Falten des Endosporis haben, soweit erkennbar ist, dieselbe netzförmige Gestalt und Verbindung; beide Netze scheinen sich zu decken. Wenn nun auch hiernach eine directe Beziehung zwischen der Faltung des Endosporis und der Streifung besteht, so kann letztere doch nicht einfach der optische Effect von jener sein. Vielmehr zeigt scharfe Einstellung des optischen Längsschnittes der Spore sowohl als aufmerksamere Betrachtung der Flächenansicht mit wechselnder Einstellung des Mikroskops, dass die Sonderung in dunklere Netzstreifen und helle Interstitien dem Epispor selbst, seiner ganzen Dicke nach, zukommt, am auffallendsten den inneren Schichten. Sie findet sich auch an solchen (hie und da zur Beobachtung kommenden) Sporen, bei wel-

1) Tulasne's Fig. 11, pl. 16 stellt die Profilansicht einer im Absterben begriffenen ungekeimten Spore von *P. Wulfenii* oder einer ähnlichen Species dar, und nicht den Beginn der Keimung.

chen das Endospor nicht oder kaum wellig ist. Nach den von anderen Zellhäuten bekannten Thatsachen wird der Grund der Streifung in einer nach den Streifen wechselnden Dichtigkeit der Membran zu suchen sein.

Mit der Unebenheit des Endosporiums und der wechselnd ungleichen Dichtigkeit der Membranschichten mag eine Erscheinung zusammenhängen, welche man an todtten Sporen der *P. communis* oft findet, und welche darin besteht, dass die Membranstructur undeutlich wird, der Inhalt aber die Gestalt eines homogenen spindelförmigen Körpers annimmt, dessen Aussenfläche allenthalben zu dicken unregelmässigen queren Runzeln oder Leisten oder cylindrischen Zapfen vorgetrieben ist. Solche Körper sind es offenbar, welche Massalongo, *Lich. crostos*. Fig. 382, 391, freilich sehr unvollkommen, abbildet. Ich habe die Entstehung dieser Bildungen nicht genau verfolgt, aber das eine festgestellt, dass sie nur an abgestorbenen Sporen bei längerer Austrocknung und bei Aufbewahrung in Glycerin auftreten; und ich erwähne ihrer hier lediglich deshalb, weil sie für Keimungsanfänge gehalten werden könnten, mit welchen sie in der That nichts gemein haben.

Das Episporium wird umgeben von einer Lage, welche innerhalb des Ascus eine scharf doppelcontourirte, dünne Haut bildet (Fig. 1), in Wasser aber alsbald zu bedeutender Dicke und weicher Gallertconsistenz aufquillt, weshalb ich sie eben Gallerthof genannt habe. Der Hof ist an der ganz frisch entleerten Spore je nach den Arten von verschiedener Festigkeit und Breite, dünn und ganz homogen z. B. bei *P. lejoplaca*, *Wulfenii*, derber, zart geschichtet und oft feinkörnig bei *P. fallax*, *DeBaryana*, *communis*. Es ist nicht zu bezweifeln, dass er ein Theil und zwar die primäre Lage der Zellmembran ist; eingehende Untersuchungen über die Entwicklung der Sporen, welche hierüber allein sichern Aufschluss geben können, liegen jedoch nicht vor. Chlorzinkjod färbt bei *P. communis* und *deBaryana* die inneren Membranschichten (Endo- und Epispor) violett, die äusseren sehr blass-, den Gallertsaum intensiv gelb; bei *P. lejoplaca* wird das Endospor sehr blass violett, die übrigen Lagen gelb.

Die obigen und alle folgenden Angaben über die Structur der Sporen beziehen sich, wo nicht ausdrücklich das Gegentheil bemerkt ist, nur auf frische, reife, spontan aus den Ascis entleerte Exemplare. An abgestorbenen ist nicht nur der Inhalt, sondern auch die Membran vielfach verändert, ältere Herbariumexemplare daher zur Controlirung des Gesagten grösstentheils unbrauchbar, und die vortreff-

lichen Artunterschiede, welche in dem Bau der Spore enthalten sind, an getrockneten Exemplaren meistens nicht aufzufinden.

Die Keimung der Pertusarien beginnt in den ersten 24 bis 48 Stunden nach der Aussaat, sie erfolgt in den Wassertröpfchen auf dem Objectträger leicht bei allen untersuchten Arten, mit Ausnahme der *P. Wulfenii*, welche mir weitaus die meisten Sporen, aber nie eine Spur von Keimung lieferte.

Bei den Arten, deren Episporium das Endospor an Dicke bedeutend übertrifft (*P. DeBaryana*, *fallax*, *communis*), wird der Anfang des Keimens angezeigt durch das Auftreten rundlicher oder linsenförmiger Bläschen im Innern des Episporiums. Dieselben treten fast immer nur auf der dem Substrat zugekehrten unteren Hälfte der Spore auf, in grosser Zahl, etwa zu 50 bis 70 und mehr über ihre Fläche zerstreut, die obersten, an der Grenze der Unterhälfte liegenden, können genau in der Profilsicht beobachtet werden, wenn man das Profil der unverrückt liegenden Spore einstellt. Nur in einzelnen Fällen (bei *P. DeBaryana*, *communis*) fand ich die Bläschen rings um die ganze Seitenfläche der Spore. Auf den ersten Blick sieht es aus, als lägen die Bläschen wie ringsum geschlossene Vacuolen in der Membran, bei scharfer Profileinstellung erkennt man aber, dass sie mit dem Inhalt in Verbindung stehen vermittelt eines geraden engen Porencanals. Ist dieses einmal festgestellt, so lässt sich an guten Aussaaten leicht eine vollständige Entwicklungsreihe finden, welche zeigt, dass die Bildung der Bläschen beginnt mit dem Auftreten enger, von der Innenfläche des Endospors senkrecht nach aussen gerichteter Canäle; diese verlängern sich derart, dass sie das Endosporium und eine für alle gleiche Anzahl Schichten des Episporiums durchsetzen, und erweitern sich aussen von den letzteren zu den Bläschen. Dieser Sachverhalt wird bei aufmerksamer Beobachtung ohne weiteres an jedem guten Präparat deutlich; er tritt besonders schön hervor, wenn man den Sporenhalt durch Chlorzinkjod oder Carminlösung färbt (vgl. Fig. 3—5, 8a, 10—11, 15).

Manchmal gelingt es, die verschiedenen Entwicklungszustände der Bläschen selbst an einem und demselben Exemplar zu finden, doch sind solche Fälle selten, da an einer Spore die Bildung aller nahezu gleichzeitig beginnt und nahezu gleichen Schritt hält. Die Länge der Porencanäle ist nach den Arten verschieden; bei *P. DeBaryana* sind sie am längsten, indem sie fast durch die halbe Dicke der Membran gehen, bei *P. fallax*, *P. communis* sind sie kürzer, bei letzterer sitzen die Bläschen fast dem Endospor auf. Die Anwendung

färbender Reagentien zeigt, dass Canäle und Bläschen von Anfang an mit homogenem farblosem Protoplasma erfüllt sind, welches mit dem des Sporeinhalts in unmittelbarer Continuität steht. Liegen die Sporen im Wasser, so erscheinen jene allerdings nur wie wasserhelle, zuweilen einige Körner enthaltende Hohlräume in der Membran. Die Wand der Bläschen wird von einer zwar zarten, aber deutlich doppelt contourirten besonderen Membran gebildet, welche sich in dem einfachen Umriss der Canäle fortsetzt und die gleiche Lichtbrechung zeigt wie das Endosporium. In der Anordnung der beschriebenen Bildungen ist keine weitere Regel als die schon angeführte zu erkennen, dass sie auf der ganzen dem Substrat zugekehrten Hälfte zerstreut liegen. Bei *P. communis* sah ich die Porenkanäle immer nur von den nach aussen vorspringenden Falten der Innenfläche ausgehen. An den Enden der Spore sind Bläschen und Canäle meist weniger zahlreich als in der Mitte oder gar nicht vorhanden. Dafür, dass sie vor der Keimung schon vorgebildet oder angelegt wären, ist kein Anzeichen vorhanden, vielmehr geht aus den beobachteten Erscheinungen hervor, dass sie in der ursprünglich ringsum gleichartig gebauten Spore, auf der dem Substrat gerade zugekehrten Seite (ausnahmsweise ringsum), als Neubildungen entstehen.

Die Bläschen dehnen sich, wenigstens an der Seite der Spore, innerhalb der Membranschichten, in welchen ihre Bildung beginnt, aus, bis ihr Durchmesser der Dicke jener Schichten ohngefähr gleich- und ihr äusserer Rand der Oberfläche nahekömmt. Die Membran wird hierbei zunächst weder an einzelnen Punkten vorgetrieben, noch im Ganzen dicker. Wenn man in diesem Stadium durch wasserentziehende Reagentien oder Sprengung der Spore den Druck des Inhaltes auf die Membran mindert oder aufhebt, so werden die Bläschen kleiner, ohne jedoch zu verschwinden, die Membran nimmt an Dicke beträchtlich zu und der äussere Rand der Bläschen tritt von der Oberfläche der Spore weit zurück, er wird von einer breiten vielschichtigen Lage der Membran umzogen (Fig. 5, 11 b). Der Umfang der ganzen Spore wird hierbei nicht grösser, meist sogar etwas kleiner. Aus diesen Erscheinungen folgt zunächst, dass die Bläschen in dem Maasse, als sie sich ausdehnen, innerhalb der äussersten, elastischen und Widerstand leistenden Schichten die Membran zusammendrücken, sich in diese eindrängen. Der Umstand aber, dass die Bläschen und Porenkanäle auch nach Sprengung der Spore nicht verschwinden, macht es wenigstens sehr wahrscheinlich, dass bei ih-

rer Bildung die Membran an den entsprechenden Stellen theilweise aufgelöst wird.

Die Vergrößerung der Bläschen schreitet, während ihre Form die gleiche bleibt, fort, bis ihr Durchmesser die ursprüngliche Dicke des Episporis etwas übertrifft; dieses wird hierdurch entweder auf der ganzen Unterseite oder zunächst an einzelnen Stellen derselben vorgetrieben. Endlich treibt jedes Bläschen an seiner äusseren Seite eine cylindrische, stumpfe, schlauchförmige Ausstülpung, deren Dicke beiläufig dem halben Bläschendurchmesser gleichkommt, welche die Aussenfläche des Episporis durchbricht und durch den Gallerthof hindurch ins Freie tritt (Fig. 6, 12, 13, 16). An der Seite der Spore wachsen die Schläuche senkrecht zur Oberfläche, stehen also strahlenartig von dieser ab; an den Enden bohren sie sich oft erst in unregelmässigen Krümmungen durch das dicke Epispor, ehe sie dessen Oberfläche erreichen und durchbrechen. Die Schläuche sind stets mit sehr zarter, doch deutlicher Membran versehen, welche sich in die Wand der Bläschen continuirlich fortsetzt, und von homogenem Protoplasma erfüllt. Sie gleichen vollständig jungen zarten Keimschläuchen von anderen Flechten und Pilzen.

Pertusaria lejoplaca (Fig. 20) ist von den drei soeben besprochenen Arten durch ihr dünnes Epispor ausgezeichnet, dieses ist an den Seiten von geringerer Dicke als das Endosporium. Dem entsprechend beginnt die Keimung hier in einer von der beschriebenen etwas verschiedenen Weise. Auf der dem Substrat zugekehrten Seite der Spore entstehen zahlreiche senkrecht zur Oberfläche gerichtete Canälchen, welche so zart sind, dass sie an der intacten Spore kaum erkannt werden können, durch Chlorzinkjodlösung dagegen sehr deutlich hervortreten (Fig. 21 b). An der Oberfläche der Membran erweitert sich das Ende jedes Canals zu einem kugeligen Bläschen, welches über die Oberfläche hervorragt, innerhalb des Gallertsauces zu etwa der doppelten bis dreifachen Dicke der Membran anschwillt und dann an seiner Aussenseite einen ins Freie tretenden Keimschlauch treibt (Fig. 21—24). Die Bläschen sind von Anfang an mit einer zarten Membran bekleidet und von homogenem Protoplasma erfüllt, welches durch den Canal mit dem des Sporeinhalts in continuirlicher Verbindung steht.

Die Keimschläuche verhalten sich in ihrer Weiterentwicklung bei allen untersuchten Arten gleich, wenn man von unbedeutenden Dicken- und Gestaltverschiedenheiten absieht. Sie wachsen nach Art gewöhnlicher Flechten- und Pilzkeimschläuche in die Länge und neh-

men dabei zunächst die Richtung an, dass sie der Fläche des Substrates parallel und diesem zum Theil aufliegend radienartig von der Sporenoberfläche abstehen (Fig. 12, 23). Ihre Structur bleibt (mit Ausnahme der Querwände) immer die gleiche, welche oben beschrieben wurde. Sobald ihre Länge etwa dem Querdurchmesser der Spore gleichkommt, treten einzelne Querwände und unregelmässige Verästelung auf. Die Aeste erheben sich vielfach schräg oder senkrecht in die Luft. Die meisten Sporen starben auf dem Objectträger in diesem Stadium oder schon vorher ab. Nur bei einigen Exemplaren von *P. DeBaryana* gelang es die Entwicklung noch ein Stück weiter zu verfolgen: die Schläuche erreichten die 2- bis 3fache Länge des Sporendurchmessers, verästelten sich reichlich, viele Aeste richteten sich aufrecht, einzelne bildeten H-förmige Anastomosen mit einander. Auch im Innern des Episporiums entstanden zahlreiche Aeste, welche die Schichten dieses allmählich vollkommen verdrängten und mit einander ein dichtes Geflecht rings um das Endospor bildeten. Von dem Geflecht entsprangen wiederum zahlreiche aufrecht in die Luft ragende Zweige (Fig. 7).

Der Sporenhalt wird beim Beginn der Bläschenbildung noch schwärzer, undurchsichtiger als vor der Keimung; es gelingt mit einiger Mühe, sich zu überzeugen, dass dies von dem Auftreten zahlreicher kleiner Vacuolen herrührt. Während der Entwicklung der Schläuche bleibt sein Ansehen lange unverändert, doch beobachtet man zuweilen grössere Vacuolen und somit ein allerdings sehr langsames theilweises Verschwinden der Fetttropfen. Bei den beschriebenen Exemplaren, deren Keimung am weitesten fortschritt, wurde das Fett nach und nach fast vollständig gelöst, an seine Stelle trat wässrige Flüssigkeit, in welcher nur mehr spärliche Fetttropfchen suspendirt blieben (Fig. 7). An der Mehrzahl der Sporen war der grösste Theil der Fetttropfen zur Zeit des Absterbens noch unverbraucht und ballte sich zu einem dunkeln grobkörnigen Klumpen zusammen (Fig. 16).

Die Membran der Spore beginnt mit der Austreibung der Keimschläuche zu quellen, sie wird weich, die Schichtung verschwindet; ihr völliges Verdrängtwerden durch das Astgeflecht der Schläuche bei den Exemplaren, deren Keimung bis zur gänzlichen Auflösung des Fettes verlief, wurde schon erwähnt; bei den vorher absterbenden stellte sie zuletzt eine homogene zart umschriebene durchsichtige Gallertmasse dar.

Die reifen Sporen von *Megalospora* sind farblos, länglich-cy-

lindrisch (*M. sanguinaria*) oder eiförmig (*M. affinis*)¹⁾ und haben im Wesentlichen den gleichen Bau wie bei den *Pertusarien* mit dickem *Episporium* (Fig. 25, 30). Ihre Oberfläche ist glatt²⁾, der *Gallert-hof* fehlt, die Fettkörner des Inhalts sind kleiner, dieser durchscheinender, das *Endosporium* dicker als bei den genannten *Pertusarien*. Der Keimungsanfang ist dem für diese Flechten beschriebenen durchaus ähnlich, nur mit dem Unterschied, dass die Bläschen und Keimschläuche in der ganzen Oberfläche, nicht bloss an der Unterseite der Spore entstehen (Fig. 26—28, 31). Die Bläschen bilden sich dicht an der Aussenfläche des *Endosporiums*; die Keimschläuche sind pfriemenförmig und stehen nach allen Seiten senkrecht von der Oberfläche ab. Sie erreichten auf dem Objectträger höchstens die halbe Länge des Sporenquerdurchmessers (Fig. 29); spätestens in diesem Stadium starben die Sporen, viele schon mit Beginn der Bläschenbildung, alle lange bevor der Inhalt verbraucht war. Bei *M. sanguinaria* begann die Keimung nur bei sehr wenigen Exemplaren, die meisten blieben wochenlang unverändert, um zuletzt zu Grunde zu gehen.

Die Sporen von *Ochrolechia pallescens*³⁾ haben die Gestalt eines regelmässigen Ellipsoids, ihre dünne farblose Wand ist in eine zarte Aussen- und eine etwas dickere Innenschicht (*Endosporium*) gesondert, ohne *Gallert-hof*. Ihr Inhalt besteht aus einem

1) Ueber die Unterschiede der beiden Arten vergl. die Tafelerklärung.

2) Die Oberfläche frisch ejaculirter Sporen ist immer rein und glatt, ohne die Anhängsel, welche ihnen nach *Schleiden* (*Grundz.* 3. Aufl. II p. 45, 46) und *Buhse* (*Bull. soc. Natur. Moscou T. XIX*) in Form von „Hörnern, Spitzen und sonst wunderlichen Auswüchsen“ ankleben sollen. Auch im Innern der *Asci* finde ich nichts von solchen Dingen, es entstehen hier eine oder zwei Sporen, und nicht, wie *Schleiden* angibt, 8—12, von denen nur 1—2 sich vollkommen ausbilden, die anderen aber abortiren und den ausgebildeten in Form eben jener Anhängsel ankleben. Zu der Beschreibung solcher *Appendices* könnten etwa keimende Sporen die Veranlassung gegeben haben; da aber kaum anzunehmen ist, dass die genannten Autoren die Keimung beobachtet haben, so wären ihre Angaben unerklärlich, wenn nicht eine Abbildung von *Lindsay* zu Hülfe käme (*Popular history of brit. Lichens pl. XIV*). Es ist kaum zweifelhaft, dass diese solche Sporen darstellt, welche mit dem sie umgebenden *Protoplasma*, also wohl vor völliger Reife, in dem *Ascus* eingetrocknet sind; das vertrocknete *Protoplasma* haftet ihren Enden in Form kegelförmiger verdrehter Auswüchse an. — Eine Abnormität, welche *Buhse* abbildet, fand ich dagegen hie und da bei *M. sanguinaria* wieder; sie besteht darin, dass die Spore durch eine dicke Querwand in zwei sehr ungleich grosse Tochterzellen getheilt ist.

3) Die untersuchten Exemplare sind auf Buchen gewachsen und gehören der Form *tumidula* (*Kbr. Lich. Germ. 149*) an.

Gemenge von Fett und feinkörnigem Protoplasma, in seiner Mitte liegt einer oder mehrere grosse kugelige Fetttropfen (Fig. 32). Jod färbt das Fett gelb bis gelbbraun, das Protoplasma braunroth, und man erkennt nach Einwirkung dieses Reagens, dass rings um die centralen Fettkugeln zahlreiche grössere rundliche Protoplasmaklümpchen angehäuft sind. Der Beginn der Keimung erfolgt in der Regel innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Aussaat und wird dadurch angezeigt, dass auf der ganzen Aussenfläche der Spore zahlreiche zerstreute runde Wäzchen erscheinen (Fig. 33—35). Diese wachsen sofort zu den von Tulasne beschriebenen Fäden oder Haaren aus, welche nach allen Seiten von der Sporenoberfläche ausstrahlen; sie sind oft schon 24 Stunden nach der Aussaat 3—4mal länger als breit, in den nächsten Tagen wachsen sie weiter in die Länge und verzweigen sich (Fig. 36—38). Die Structur der Haare und der Wäzchen, aus welchen sie entstehen, ist die gleiche, welche für die Keimschläuche und Bläschen der Pertusarien und speciell der *P. lejoplaca* beschrieben wurden: eine sehr zarte Membran umschliesst ein durchaus homogenes farbloses, durch Jod gelb werdendes Protoplasma. Nach Einwirkung von Chlorzinkjodlösung erkennt man aufs deutlichste, wie dieses mit dem Protoplasma der Spore in continuirlicher Verbindung steht durch einen sehr feinen Porencanal, welcher durch das Endosporium senkrecht nach aussen geht, und sich auf der Aussenseite des letzteren zum Bläschen erweitert. Dieses liegt zuerst in dem Epispor, wölbt die betreffende Stelle des letzteren nach aussen, um sie alsbald zu durchbrechen oder wenigstens bis zur Unkenntlichkeit vorzudrängen (Fig. 34). Die Auswüchse der Sporenoberfläche entsprechen somit genau den Bläschen und Keimschläuchen der *P. lejoplaca*, nur sind jene, bevor sie zu den Schläuchen auswachsen, kleiner als bei dieser und die Porencanäle schwieriger sichtbar, theils wegen ihrer Zartheit, theils weil es bei der grossen Anzahl der Bläschen und ihrer Vertheilung über die ganze Spore oft schwer hält, scharfe Profilsansichten der einzelnen zu erhalten. Bei geeigneter Einstellung des Mikroskops gelang es übrigens nicht selten, an den Bläschen, welche mitten auf der Oberseite intacter Sporen liegen, den Querschnitt des Porencanals zu sehen, als einen dunkeln Punkt im Centrum des kreisförmigen Umrisses des Bläschens (Fig. 35). Und an Sporen, welche mit Jod oder Chlorzinkjod behandelt sind, kann man, mittelst starken Drucks auf das Deckglas, Sporenhalt durch die Canäle in die Bläschen oder in umgekehrte Richtung pressen.

Die Veränderungen des Sporenhalts während der Keimung sind

dieselben wie bei den Pertusarien. Die Menge der körnigen Bestandtheile vermindert sich in dem Maasse als die Schläuche wachsen; ihr völliges Verschwinden ist bis jetzt nicht beobachtet worden. Die Sporenwand behält während der bekannten Stadien ihre ursprüngliche Grösse und Gestalt. Meine bestentwickelten Exemplare starben ab, als die Keimschläuche etwa die doppelte Sporenlänge erreicht hatten; Tulasne sah Schläuche, welche 3—4mal so lang waren als die Sporen.

Von *Ochrolechia tartarea* Mass. kann ich mit Bestimmtheit angeben, dass die ersten Keimungsanfänge denen der beschriebenen Species gleich sind. Ihre Entwicklung weiter zu verfolgen, erlaubte das mir zu Gebote stehende Material nicht.

Die Haare der keimenden Spore von *O. pallescens*, welche zu den Eingangs gestellten Fragen Veranlassung gegeben haben, sind somit Keimschläuche, im Wesentlichen denen typisch keimender Flechten gleich, ausgezeichnet durch ihre grosse Zahl und die sehr enge Verbindung ihres Lumens mit dem der Spore. Und die anderen hier beschriebenen Genera stimmen mit *Ochrolechia* wie in der Grösse und Structur der reifen Spore, so auch in den Keimungseigenthümlichkeiten überein; man kann auf Grund dieser Uebereinstimmungen die in Rede stehenden Gattungen unter einem gemeinsamen Namen, etwa als *grosssporige Flechten*, zusammenfassen — womit jedoch keineswegs gesagt sein soll, dass sie alle mit einander eine Gruppe im natürlichen Systeme bilden.

Die mitgetheilten Beobachtungen dürften noch eine weitere, von Tulasne angeregte Frage beantworten. Bei den mit einem oder zwei Schläuchen keimenden Flechten wird die Spore zu Gunsten der Keimschläuche entleert und stirbt hiermit ab; wenigstens gilt dies für eine Reihe sicher beobachteter Fälle. Da mit Grund angenommen werden darf, dass sich aus der Spore ein neuer Thallus entwickelt, so muss dieser bei den letzterwähnten Flechten, wie bei sehr vielen Pilzen, aus den Keimschläuchen entstehen und einige, freilich nicht ganz vollständige, directe Beobachtungen Tulasne's lassen hieran kaum einen Zweifel übrig. Für *Ochrolechia pallescens* und indirect auch für *Pertusaria* spricht nun Tulasne die Vermuthung aus, der Thallus selbst werde durch eine im Innern des Sporenraumes stattfindende Zelltheilung angelegt, und die von der Oberfläche ausstrahlenden Keimschläuche seien nur seine ersten Haftorgane. Die Vermuthung gründet sich darauf, dass auch bei lange fortgesetzter Cultur der Sporenhalt nur zu kleinem Theile ver-

schwand, und dass die Keimschläuche der *O. pallescens* von denen anderer Flechten in jeder Beziehung wesentlich verschieden zu sein schienen. Der letztere Grund fällt jetzt weg. Gegen den ersteren lässt sich nach den meisten hier mitgetheilten Beobachtungen allerdings nichts sagen, da bei denselben die Sporen abstarben, ohne dass ihr Inhalt auch nur zum grösseren Theile verschwunden gewesen wäre. Bei den beschriebenen bestentwickelten Exemplaren der *Per-tusaria DeBaryana* dagegen fand Letzteres statt, die Spore entleerte sich in dem Maasse als die Keimschläuche wuchsen, nach Verbrauch des Sporenhalts stand das Wachstum der Schläuche (auf dem Objectträger) still, erst etwa 14 Tage später starben sie ab. Es ist wohl hinreichender Grund zu der Annahme vorhanden, dass sich die anderen grosssporigen Flechten bei ungestörtem Verlauf der Keimung ebenso verhalten; dass also der Sporenhalt zu Gunsten der Keimschläuche verbraucht, der Thallus aus letzteren entwickelt wird.

Erklärung der Abbildungen.

Die Figuren 1, 7, 36, 38 sind 190 mal, 34 b 700 mal, alle übrigen 390 mal vergrößert.

Taf. XVII.

Fig. 1—7. *Pertusaria DeBaryana* Hepp.

Die Species ist zu charakterisiren: Thallus runzelig, hellgrau oder gelblich; Fruchtwarzen zahlreich, dicht gedrängt, stark vorspringend, mit 1—8 punktförmigen Ostiollis. Asci mit 4 oder 3 Sporen; diese ellipsoidisch 130—184 Mik. lang, 3—3½ mal so lang als dick (nach Dr. Hepp's Messungen); Episorium an den Seiten (ohne den Gallerthof) 4 mal dicker als das Endospor, vielschichtig, auf der Aussenfläche sehr zart quergestreift.

An Buchen auf dem Blauen im Schwarzwald (3800').

Fig. 1. Fast reife Asci, isolirt, a mit 3, b mit 4 Sporen. Die äussersten Doppelinien um jede Spore bezeichnen den innerhalb des Ascus schmalen Gallerthof.

Fig. 2. Reife, ejaculirte Spore, in Wasser liegend. s Endosporium, e Episorium, g Gallertsaum.

Fig. 3. Ejaculirte Spore, höchstens 24 Stunden nach der Aussaat, in Wasser liegend. Optischer Längsschnitt. Porencanäle in der Membran sichtbar.

Fig. 4. Keimende Spore, 24 Stunden nach der Aussaat. Porencanäle und Bläschen in der Membran.

Fig. 5. Aehnlicher Entwicklungszustand wie Fig. 4, nach 48 stündiger Einwirkung von Carminlösung. Optischer Längsschnitt. Die Punkte auf der Fläche deuten die bei tieferer Einstellung des Mikroskops durch den Inhalt durchschimmernden Porencanäle auf der Unterseite an.

Fig. 6. Keimende Spore am dritten Tag nach der Aussaat (5. October); Gallertsaum weggelassen.

Fig. 7. Dasselbe Exemplar am 12. October. h eine H-förmige (auch mit stärkerer Vergrößerung untersuchte) Anastomose. Episor von einem dichten Geflechte von Keimschläuchen durchwuchert. Von den ausstrahlenden Keimschläuchen sind nur die ohne starke Veränderung der Einstellung sichtbaren gezeichnet, viele andere, zumal tiefer liegende, nicht wiedergegeben. Das Exemplar wuchs kaum weiter und starb gegen den 1. November ab.

Fig. 8. *Pertusaria communis* DC.

b. Reife ejaculirte Spore, nach kurzer Einwirkung von Alkohol in Wasser liegend. Inhalt durchscheinend-homogen, in der Zeichnung weggelassen. Gezeichnet sind der

optische Längsschnitt von Membran (Endosporium undeutlich geworden) und Gallerthof, und die zarte netzartige Streifung, welche bei scharfer Einstellung der Oberfläche an der Membran hervortritt.

a. Spore im Anfang der Keimung, ebenso behandelt wie b. Optischer Längsschnitt mit den Porencanälen gezeichnet; Inhalt und Gallertsaum weggelassen.

Taf. XVIII.

Fig. 9—13. *Pertusaria communis* DC.

Fig. 9. Reife, seit höchstens $\frac{3}{4}$ Stunden ejaculirte Spore in Profilsicht.

Fig. 10. Keimungsanfang. Bläschen entwickelt.

Fig. 11. Kleines Exemplar, etwas weiter als 10 entwickelt, aus der natürlichen Lage um 90° gedreht, die Bläschen tragende Unterseite in Profilsicht; a in Wasser, frisch, b optischer Längsschnitt nach 34 stündiger Einwirkung von Glycerin und Carminlösung. Gallerthof in der Zeichnung weggelassen.

Fig. 12. Weiter entwickeltes Exemplar, mit zahlreichen gestreckten Keimschläuchen, in natürlicher Lage, von oben gesehen.

Fig. 13. Aehnliches, etwas weniger entwickeltes Exemplar, aus der natürlichen Lage um 90° gedreht.

Fig. 14—16. *Pertusaria fallax* Hook.

Fig. 14. Reife ejaculirte Spore.

Fig. 15. Keimende Spore, 24 Stunden nach Aussaat, von oben gesehen, im Profil. Der Gallertsaum vollkommen unkenntlich.

Fig. 16. Keimende Spore, am 16ten Tage nach der Aussaat, von oben im Profil gesehen. Beginnt abzusterben. Einzelne Zellen der Keimschläuche geplatzt und entleert.

Fig. 17—19. *Pertusaria Wulfenii* DC.

Fig. 17, 18. Reife ejaculirte Sporen, in Wasser. Profilsicht. In Fig. 18 der Gallertsaum weggelassen.

Fig. 19. Reife ejaculirte Spore, in Wasser liegend, nach Tödtung durch Alkohol. Optischer Längsschnitt und Oberfläche gezeichnet, mit Hinweglassung des Inhalts und Gallerthofs.

Taf. XIX.

Fig. 20—24. *Pertusaria lejoplaca* Schaer.

Fig. 20. Reife ejaculirte Spore.

Fig. 21. a keimende Spore, 36—48 Stunden nach Aussaat. Bläschen seitlich vortretend. b dieselbe, mit Chlorzinkjod behandelt.

Fig. 22. Keimende Spore, 48 Stunden nach Aussaat.

Fig. 23. Aelteres Exemplar. Keimschläuche deutlich septirt.

Fig. 24. Keimende Spore, aus der natürlichen Lage um 90° gedreht.

Fig. 25—29. *Megalospora affinis* Kbr.

Fig. 25. Reife ejaculirte Spore, in Wasser.

Fig. 26. Keimungsanfang, 36 Stunden nach Aussaat. Profil und Oberfläche gezeichnet.

Fig. 27. Exemplar in demselben Entwicklungsstadium wie Fig. 26, durch Druck gesprengt und entleert. Profil und Oberfläche gezeichnet.

Fig. 28, 29. Keimende Sporen am dritten Tage nach der Aussaat. Ausführung wie Fig. 26.

Fig. 30, 31. *Megalospora sanguinaria* Mass.

Fig. 30. a. b reife ejaculirte Sporen, in Wasser.

Fig. 31. Keimende Spore, Beginn der Bläschenbildung, 24 Stunden nach Aussaat, optischer Längsschnitt.

Nach Untersuchung lebender Exemplare hat *M. sanguinaria* je eine Spore im Ascus; Sporen länglich-cylindrisch, 78—104 Mik. lang, 39—52 Mik. breit, im Mittel aus 10 Messungen 93 Mik. lang, 45 Mik. breit. — *M. affinis*: Je zwei Sporen im Ascus; Sporen eiförmig, Epispor am schmalen Ende am dicksten. Länge der Spore 49—86 Mik., Breite 34—40 Mik., im Mittel aus 10 Messungen: Länge 58, Breite 38 Mik. Bei *M. sanguinaria* ist bekanntlich ferner der Grund des Apotheciums intensiv roth, durch einen in den engen Lücken des Hyphengeflechts in amorphen Massen abgelagerten, in Alkalien mit violettrother Farbe löslichen Farbstoff. Bei *M. affinis* fehlt dieser, das betreffende Gewebe ist sehr dicht und fast farblos. Die angegebene Zahl der Sporen im Ascus fand ich überall, wo es möglich war sie genau zu bestimmen, was allerdings wegen der Schwierigkeit, die Ascii unversehrt zu isoliren, oft nicht gelingt.

Fig. 32—38. *Ochrolechia pallescens* Mass.

Fig. 32. Reife ejaculirte Spore.

Fig. 33. Anfang der Keimung. Profilsicht.

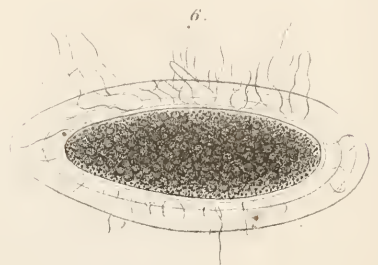
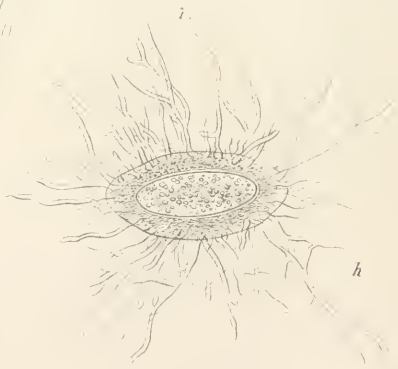
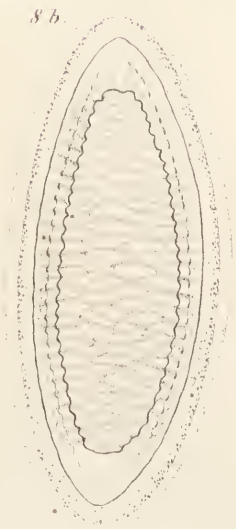
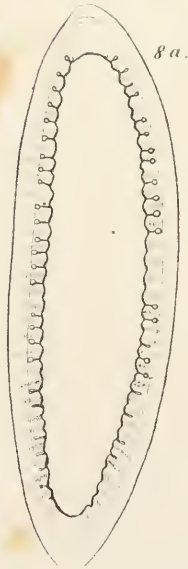
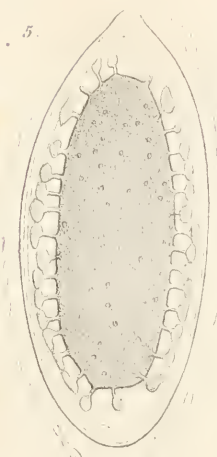
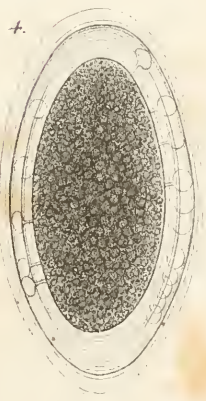
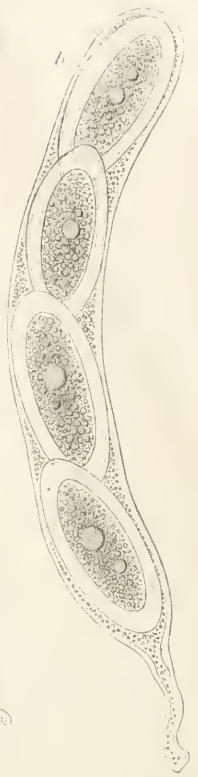
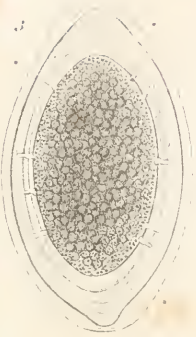
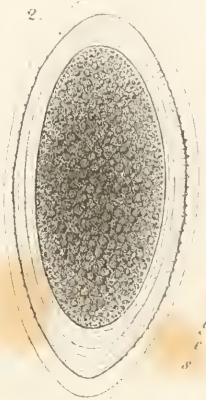
Fig. 34. a dasselbe Exemplar wie 33, mit Chlorzinkjod behandelt, etwas gedrückt. b Stück des Profils von demselben nach Sprengung und theilweiser Entleerung.

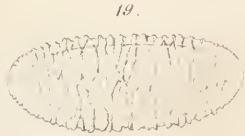
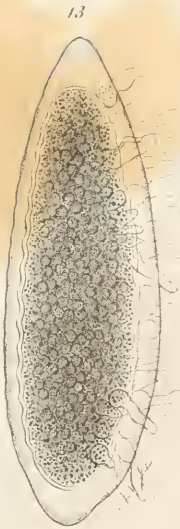
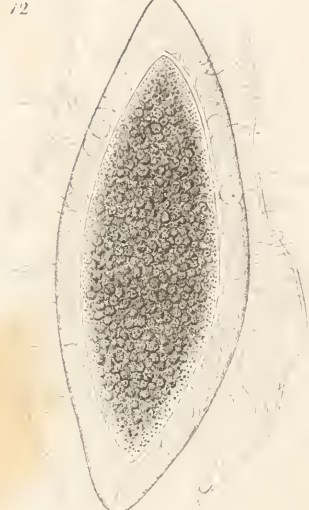
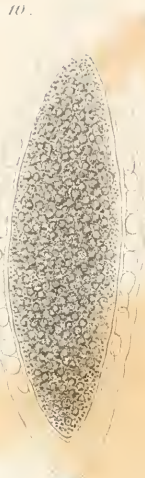
Fig. 35. Keimende Spore, 12—16 Stunden nach Aussaat. Profil und Oberfläche.

Fig. 36. Ebensolche, weiterentwickelt.

Fig. 37. Weitere Entwicklung der Keimschläuche (etwa 24 Stunden nach Aussaat). Profil. Die mit x bezeichneten Keimschläuche genau in Profilsicht.

Fig. 38. Etwa 36 Stunden nach Aussaat.





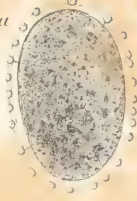
32.



33.



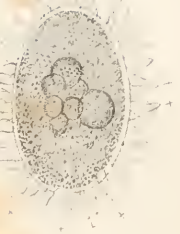
34 a



34 b



37



35



30 a



30 b



38



29



31



25



36



26



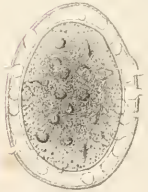
23



27



28



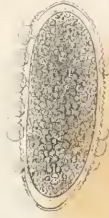
21 a



21 b



22



20



24



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik](#)

Jahr/Year: 1866-1867

Band/Volume: [5](#)

Autor(en)/Author(s): Bary Anton Heinrich de

Artikel/Article: [Ueber die Keimung einiger grosssporiger Flechten. 201-216](#)