Die Rhizoidenzone granitbewohnender Flechten.

Von

E. Bachmann.

Mit Tafel I und II.

So leicht es war, die Beziehungen der Kalkflechten zu ihrem Substrat zu ermitteln, auf so große, ja wie es anfangs schien, fast unüberwindliche Schwierigkeiten stieß die Erforschung derselben Beziehungen bei den Kieselflechten. Die Undurchsichtigkeit der meisten Silikate ließ von einer mikroskopischen Untersuchung nicht mehr erhoffen, als die makroskopische ergeben hatte. Tatsächlich lieferten mit vieler Mühe und großem Zeitaufwand hergestellte Dünnschliffe durch flechtenbewachsenen Diabas kein brauchbares Resultat. Das größte Hindernis, der Sache auf den Grund zu kommen, ist aber die Unlöslichkeit des Quarzes und der Silikate in allen Lösungsmitteln. Zwar ist Flußsäure schon von Winter[1]) zu diesem Zwecke verwendet worden, aber wie mir scheinen will, mit geringem Erfolg. Denn die einzige von ihm festgestellte Tatsache ist, daß die auf Granit häufig wohnende *Sarcogyna privigna* Ach. ziemlich dicke Hyphenbündel in die feinen Spalten des Gesteins hinabsendet. Und so fest seien diese stielartigen Hyphenvereinigungen mit dem Gestein verwachsen, daß nicht durch mechanische Mittel, sondern nur durch die auflösende Kraft des Fluorwasserstoffs die Mycelstränge vom Gestein befreit werden könnten. Aus dieser Beschreibung, mehr noch aus der beigegebenen Abbildung geht nur zu klar hervor, daß Winter alle Feinheiten und Einzelheiten des Rhizoidenteiles der untersuchten Flechte entgangen sind, daß er nicht einmal die Frage gelöst hat, ob die Hyphen bloß auf bereits vorhandenen Haarspalten oder durch chemische Auflösung der kieselsäureführenden Mineralien auf selbstgebahnten Wegen ins Gesteinsinnere zu dringen vermögen.

---

1) Winter, Zur Anatomie einiger Krustenflechten. Flora 1875, S. 182.

Nicht viel mehr kann man der Beobachtung entnehmen, die an Glasflechten[1]) gemacht worden ist, daß nach ihrer Trennung vom Glase in diesem eine Menge kleiner, ziemlich tiefer, mehr oder weniger halbkugelförmiger Vertiefungen, die durch die rhizoidalen Hyphen in das Glas hineingefressen worden sind, zurückbleiben. Eine etwaige mikroskopische Untersuchung von der Rückseite des Glases mit schwacher Vergrößerung wäre gewiß interessant, würde aber kaum zu Ergebnissen von allgemeiner Bedeutung führen, da das Untersuchungsmaterial sehr beschränkt, wahrscheinlich auch zum Teil in Privatsammlungen verborgen und darum ganz unzugänglich ist.

Will man nur den gröberen Bau der Rhizoidenzone kennen lernen, so bieten feinklastische Tonschiefer ein geeignetes Untersuchungsmaterial, besonders wenn die Flechten, wie es häufig der Fall ist, die Schichtenköpfe der widersinnisch gelagerten Schiefer in dicker Kruste bedecken. Von hier aus senden sie nämlich in die reichlich vorhandenen feinen Spalten mehrere cm tief weißliche Mycelstränge, die bis über 1 mm breit und meist etwas weniger dick, also plattgedrückt sind. Sie verzweigen sich vielfach und bilden auch zahlreiche Anastomosen.

Weit schwächere Andeutungen von solchen in die Tiefe dringenden Flechtenbestandteilen findet man auf vulkanischen Gesteinen, besonders auf den Klüften auseinander gebrochener, schon etwas verwitterter Granitstücke. Schwach grüne Anflüge auf solchen Flächen beweisen, daß sich sogar Gonidien dort ansiedeln. Durch Abkratzen mit einem Skalpell oder Abspülen mit einem feuchten Pinsel kann man diese Elemente auch auf das Deckglas bekommen, wobei aber leider ihr Zusammenhang sehr gestört wird. Im günstigsten Falle erhält man kleine Abschnitte, bloße Fetzen des endolithischen Flechtenteils unter das Mikroskop, die sich nicht im entferntesten mit dem vollständigen Bild der Rhizoidenzone vergleichen lassen, das ein entkalkter Dünnschliff durch eine Kalkflechte liefert.

So lagen die Dinge, als eines der untersuchten Granitstücke von besonderer Grobkörnigkeit in seinem Innern grüne Glimmerblätter aufwies. Eine sofortige mikroskopische Untersuchung ließ

1) Naturwiss. Rundschau, V. Jahrg., S. 132, referiert nach Comptes rendus de la Société de Biologie, T. XI, No. 1.

ganze Gonidienplatten, Mycelstränge und Hyphennetze erkennen, von denen der Glimmerkristall in mehreren Lagen erfüllt war.

Damit war ein Fingerzeig gegeben, von wo aus die Lösung des Problems in Angriff zu nehmen sei: von der mikroskopischen Untersuchung der Glimmerkristalle flechtenbewohnter Granitstücke.

Es eignen sich dazu sowohl Lesesteine, wie sie an den Rändern aller Felder in Granitgegenden aufgehäuft liegen, als auch vom Fels frisch abgeschlagene Stücke. Grobkörniger Granit liefert bessere Aufschlüsse als feinkörniger, weißer Glimmer ist dem braunen Magnesia- und Eisenglimmer weit vorzuziehen. — Der Glimmerkristall kann senkrecht zur Gesteinsoberfläche und zugleich zur Ausbreitung des Thallus gerichtet sein oder ihr parallel laufen und an der Oberfläche liegen oder endlich eine Zwischenstellung einnehmen. Im ersten und dritten Falle breitet sich die Flechte auf den Kristallrändern, sozusagen auf den „Schichtenköpfen", im zweiten Fall auf der „Schichtungsfläche" des Glimmerkristalls aus. Mit Leichtigkeit läßt sich konstatieren, daß es den Flechtenkomponenten weit schwerer gelingt, auf den glatten Glimmerflächen Fuß zu fassen, als auf den fein gerieften Außenrändern der Kristalle. Deshalb findet man nicht selten inmitten eines ausgebreiteten Flechtenthallus einzelne noch gar nicht oder nur teilweise vom Rand her überwachsene glänzende Kristallflächen. Sie sind zur mikroskopischen Untersuchung besonders geeignet und müssen zu diesem Zweck mit dem Skalpell sorgfältig Blatt für Blatt abgehoben werden. Meistens werden sich diese Blätter noch weiter spalten lassen zu möglichst dünnen Lamellen, die serienweise auf dem Deckglase anzuordnen sind und dann in der Reihenfolge ihrer ehemaligen Aneinanderlagerung untersucht werden müssen, wenn man feststellen will, in welchem Grade der Kristall von Flechtenbestandteilen befallen ist. — Die senkrecht gelagerten, thallusbedeckten Glimmerkristalle kann man nur durch Zerschlagen des Granits zugänglich machen, um sie dann wie oben angegeben zu behandeln. Jene waren ohne Ausnahme mit Hyphen und meist auch mit Gonidien erfüllt, diese erwiesen sich oft vom Rhizoidenteil der Flechte befallen, um so weniger, je feinkörniger und fester oder frischer der Granit war. In grobkörnigen und durch Verwitterung schon etwas gelockerten Graniten waren auch diese Kristalle nicht selten bis zu einer gewissen Tiefe von Hyphen förmlich durchseucht und führten sogar Gonidien. Bei starker Durchwucherung mit Hyphen verliert der Glimmer sein charakteristisches Aussehen und

wird kreideartig weiß. Größere senkrecht zur Thallusausbreitung gelagerte Kristalle sind nur am Außenrande auf eine Breite von $^1/_4$ bis $^1/_2$ mm derartig verändert, während der Rest Glanz und Durchsichtigkeit beibehalten hat. Trotzdem ist auch dieser Teil, wenngleich in schwächerem Grade, schon von Hyphen durchsetzt. Die Tiefe, bis zu welcher sie in die Kristalle eindringen können, ist je nach der Flechtenart und vor allem nach der Beschaffenheit des Granits sehr verschieden. Bei *Lithoicea chlorotica* (Ach.) Hepp. habe ich, um nur einige Beispiele anzuführen, 0,2 mm, bei *Lecidea crustulata* (Ach.) Kbr. bis 2 mm, bei *Rhizocarpon atroalbum* Arn. 3 mm, bei *Pertusaria corallina* (L.) Kbr. 4 mm als höchsten Randabstand gemessen. In Kristallen, die an der Oberfläche liegen und parallel zur Thallusausbreitung gelagert sind, ist die Ausbreitung der sie bewohnenden Hyphen nur durch die Ausdehnung des Kristalls selbst beschränkt, und selbst Gonidien erfüllen sie bis zu einer Tiefe von mehreren Millimetern in solcher Menge, daß sie einen grünen Schein annehmen. In stark gelockerten Graniten kann dies auch an senkrecht gelagerten Kristallen auftreten, ein Umstand, der ja, wie oben erwähnt, überhaupt zur Entdeckung der Bewohnbarkeit des Glimmers durch Flechtenelemente geführt hat.

Ob die Hyphen, wie die der Kalkflechten, durch Auflösung der Glimmersubstanz, also infolge eines chemischen Vorganges oder in bereits vorhandenen Spalten, diese bloß erweiternd, also auf mechanischem Wege in dieses spaltbarste aller Mineralien eindringen, ob beide Vorgänge gleichzeitig oder nacheinander stattfinden, ist auf den ersten Blick nicht leicht zu entscheiden: die Erscheinung, die bei der mikroskopischen Untersuchung eines vom Rhizoidenteil einer Flechte durchsetzten Glimmerkristalls zuerst und am meisten in die Augen fällt, ist die flächenhafte Anordnung aller Flechtenelemente. Sie breiten sich, so scheint es zunächst, ausschließlich parallel zu den Flächen bester Spaltbarkeit aus. Dadurch drängt sich von selbst der Gedanke auf, daß die Bedingung für das Eindringen der Hyphen und Gonidien das Vorhandensein feiner Spalten im Glimmer ist, die sich nach den Gesetzen der Kapillarität mit Wasser füllen, es lange festhalten müßten und so ein geeigneteres Feld für die Entwicklung und das Wachstum der Hyphen darböten als die Oberfläche anderer Silikate, die entweder keine oder nur wenig und kleine Kapillarspalten besitzen und darum das Wasser nicht solange festzuhalten imstande wären. — Hiermit scheint auch die noch in der neuesten Auflage

von Mayers Agrikulturchemie[1]) vertretene Ansicht von der Schwerlöslichkeit des Glimmers übereinzustimmen. Diese, richtiger gesagt, der Widerstand, den der Glimmer der Verwitterung entgegensetzt, und der so groß ist, daß Mayer ihn in dieser Beziehung dem Quarz an die Seite stellt, läßt vermuten, daß er den Wurzeln höherer und den Hyphen niederer Pflanzen gegenüber durch eine große Unangreifbarkeit ausgezeichnet sein wird. Dem widersprechen aber neuere Beobachtungen[2]) an Kulturen von Buchweizen, Senf und Hirse teils in Wasser, teils in sterilisiertem Sand, bei welchen das Kalium den Pflanzen entweder in Form von Orthoklas oder Muskovit geboten worden ist. Es ergab sich, daß das Kalium des Glimmers den untersuchten Pflanzen viel zugänglicher war als das des Feldspats, daß die mit Orthoklas gedüngten Pflanzen viel schlechtere Ernten ergaben, selbst bei zwölffacher Kalimenge. Unter dem Einfluß der von den Wurzeln genannter Pflanzen abgesonderten Säfte löste sich folglich der Glimmer ungewöhnlich schnell auf.

Dieselbe Eigenschaft, glimmerlösende Stoffe auszuscheiden, muß auch den Hyphen der Kieselflechten zukommen; dafür sprechen folgende Tatsachen: Wenn bei der Spaltung eines Glimmerblattes ein Teil der Hyphen an dem einen Blättchen hängen bleibt, der andere mit dem gegenüberliegenden Blättchen abgerissen wird, bleibt auf jedem eine Ätzspur des abgerissenen Teils zurück, die oft so deutlich ist, daß man Zelle für Zelle, wie von einem Abdruck herrührend, erkennen kann. Am schönsten zeigen das infolge der scharfen Ausprägung ihrer Zellen die torulösen Hyphen des Protothallus, manchmal auch das Paraplektenchym und strangartige Gewebe. — Wie fest die abgerissenen Hyphen mit dem Glimmer verwachsen gewesen sind, kann man an den rauhen, zackigen Umrissen der Abrißstellen sehen; denn beim Herausreißen der Hyphen aus der Glimmersubstanz bleiben kleine Körnchen und manchmal sogar muschelartige Teilchen des Glimmers an ihnen haften. Selbst zarte Hyphen ohne deutliche Zellengliederung lassen bei dieser Prozedur als ehemaliges Einlagerungsbett eine manchmal verzweigte Rinne mit fein gezähnelten Rändern zurück, die besonders bei seitlich verschobener Diaphragmascheibe d. h. unter schief einfallenden Lichtstrahlen deutlich hervortritt. — Paraplektenchyma-

1) Mayer, Agrikulturchemie, Bd. 2, S. 26.

2) Tagebuch der XI. Vers. russ. Naturf. u. Ärzte, nach Naturw. Wochenschrift, N. F., Bd. II, Nr. 10.

tische Zellgruppen sind oft durch größere oder kleinere Lücken voneinander getrennt, welche durch einzelne Verbindungshyphen überbrückt werden (Taf. I, Fig. 17). Verfolgt man den Verlauf einer solchen, so bemerkt man, wie ihr Bild um so unschärfer wird, je näher man beim Verschieben des Präparats ihrem anderen Ende kommt, und daß durch Senkung oder Hebung des Tubus um einen gewissen Betrag, der an dem Knopf der Mikrometerschraube leicht abgelesen werden kann, das Bild wieder scharf wird. In diesem Falle liegt die zweite Paraplektenchymgruppe höher oder tiefer, also überhaupt auf einem anderen Blätterdurchgang des Glimmerkristalls als die erste und die Verbindungshyphen müssen quer, richtiger gesagt, unter spitzem Winkel zur Richtung bester Spaltbarkeit durch den Glimmer hindurchgewachsen sein, was nur möglich ist, wenn er chemisch aufgelöst worden ist. — Endlich zeigt die mikroskopische Betrachtung einschichtiger Gewebeteile, seien es Einzelhyphen oder Verbindungen derselben zu netzförmigen Prosoplektenchym- oder zu Paraplektenchym-Gruppen nie lufterfüllte Lücken, wie sie doch zwischen ihnen auftreten müßten, wenn sie bloße Spaltausfüllungen, Eindringlinge in von vornherein vorhandene Spalten der Glimmerkristalle wären. Tatsächlich treten zahlreiche Luftbläschen in den Lücken der Gewebeteile auf, aber nur als Folge eines nachträglichen Dickenwachstums derselben, und das führt zur zweiten, zur mechanischen Einwirkung der Hyphen auf den Glimmer.

Da, wo dieser kreideartiges Aussehen angenommen, Glanz und Durchsichtigkeit verloren hat, ist durch Vermehrung der Hyphen die ursprünglich einschichtige Lage derselben zu einer mehrschichtigen geworden. Infolgedessen sind die Glimmerblättchen, dem Druck der Hyphen rechtwinklig zur Richtung bester Spaltbarkeit nachgebend, auseinander gedrängt worden, so daß sie nach dem Rand hin schwach divergieren. In diesem mechanisch erweiterten Raum können sich nun die Hyphen noch besser entfalten und gestalten sich allmählich aus einem mehrschichtig-netzförmigen zu einem immer dichter werdenden filzartigen Prosoplektenchym um, das besonders in der Jugend voller Lücken, im ausgetrockneten Zustand voller Luftbläschen ist. In einiger Entfernung vom Rande geht dieser Hyphenfilz meist wieder in die einschichtige Netzform über, deren Fäden sich chemisch in den Glimmer eingefressen haben, wo also der Raum vollständig erfüllt ist, entweder mit Glimmer oder mit Hyphe, wo er keine kleinste Lücke aufweist,

wo also auch Luftbläschen nicht bemerkt werden können. — Natürlich kann der mechanische Spaltungsvorgang auch den ganzen Kristall ergreifen, der dann in seiner ganzen Ausdehnung kreideartig aussieht, ohne aber von selbst in die einzelnen Blättchen zu zerfallen, weil sie durch den zwischen ihnen befindlichen und mit ihnen fest verwachsenen Hyphenfilz zusammengehalten werden. Die tonartige Schicht unter dem Thallus von *Pertusaria corallina Kbr.* bot am häufigsten Gelegenheit, derartige, gänzlich zersetzte Kristalle zu untersuchen. — Schließlich darf eine Erscheinung nicht unerwähnt bleiben, die einige Mal beim Spalten von Kristallen mit kreideartigem Rande beobachtet worden ist: in den Lücken des mehrschichtigen netzförmigen oder filzartigen Prosoplektenchyms lagen kleine Kristallsplitter. Da nun Glimmer, das elastischste aller Mineralien, wohl ausgezeichnet spaltet, aber bei der Spaltung nicht bricht und splittert, liegt der Gedanke nahe, die beobachteten Splitter seien durch das Wachstum der Hyphen entstandene Glimmerausschnitte, ehemalige Lückenausfüllungen des Hyphenfilzes.

Nach alledem erfolgt das Eindringen der Hyphen in den Glimmer anfangs auf chemischem Wege durch Auflösung der Glimmersubstanz, kann aber unter günstigen Umständen zuletzt zu einer mechanischen Trennung der Glimmerlamellen führen, die sich entweder über den ganzen Kristall erstreckt, wie bei *Pertusaria corallina Kbr.* oder einseitig ist, so daß er aufgeblättert wird wie ein Buch, dessen Schalen man ein wenig voneinander entfernt. Oberflächlich gelegene Kristalle sind zuweilen so stark von Flechtenbestandteilen durchwachsen, daß diese buch- oder fächerartige Aufblätterung schon mit Lupenvergrößerung deutlich zu erkennen ist. In senkrecht gelagerten Kristallen, wenn sie einem kleinkörnigen und frischen Granit angehören, unterbleibt die mechanische Trennung oft gänzlich oder sie ergreift nur einen schmalen Randabschnitt, wenn der Granit grobkörnig und womöglich schon etwas gelockert ist. In jenem Falle muß sie unterbleiben wegen des Gegendrucks der anderen Gesteinsbestandteile, in diesem findet sie bis zu gewissem Grade und nur da statt, wo dieser Gegendruck etwas nachgelassen hat, nämlich nahe der Oberfläche. Darum sind auch oberflächlich und parallel zur Thallusausbreitung gelagerte, durch keinerlei Druck beengte Kristalle am reichlichsten mit allerlei Flechtenbestandteilen durchwuchert.

Daß die Hyphen den Glimmer in verschiedenen Richtungen, auch schiefwinklig zur Richtung bester Spaltbarkeit durchdringen

können, habe ich schon erwähnt; Beobachtungen, wie die oben mitgeteilte, beweisen dies. Größte Vorsicht in der Deutung aber muß man walten lassen, wenn dem Glimmer fremde, entweder farblose oder braun gefärbte Kristallnadeln eingebettet sind, welche in Farbe und Dicke den Protothallushyphen oft täuschend ähnlich aussehen und ihn in allen möglichen Richtungen durchdringen können. In einem Präparat von *Buellia aethalea* (Ach.) waren bei 220facher Vergrößerung in dem Gesichtsfelde über 30 solcher Nädelchen mit einem Blick zu übersehen. Eins von ihnen lief 51 μ horizontal auf der Oberfläche des Kristallblättchens hin; die meisten andern schief von der oberen nach der unteren Spaltungsfläche verlaufenden Nadeln erschienen 5—30 μ lang, einige aber auch genau punktförmig, wenigstens bei höchster Einstellung des Tubus. Mit allmählicher Senkung des letzteren verlängerte sich der Punkt ein wenig nach der Seite, um bei tiefster Einstellung (0,03 Umdrehungen der Mikrometerschraube) wieder genau punktförmige Gestalt anzunehmen. Hier lag also eine Nadel vor, von der das Kristallblättchen fast genau in der Achse des Linsensystems durchsetzt worden war. Die mineralische Natur dieser Hyphen vortäuschenden Nadeln war durch Glühen auf einem Platinblech oder durch vorsichtiges Erwärmen in konzentrierter Schwefelsäure, wobei sie sich in keiner Weise veränderten, nachzuweisen; Hyphen hätten sich bei gleicher Behandlung infolge von Verkohlung der organischen Substanz schwärzen müssen.

Daß sich die Hyphen trotz ihres Vermögens, den Glimmer in allen Richtungen zu durchwachsen, trotzdem vorwiegend in Richtung der Blätterdurchgänge ausbreiten, wird am einfachsten aus der Annahme erklärt, daß die Richtung geringster Kohäsion mit der geringster chemischer Anziehung zusammenfällt. Beim Glimmer steht diese Richtung senkrecht zum basischen Pinakoid; in ihr erfolgt sowohl die mechanische, als auch die chemische Trennung der kleinsten Teilchen am leichtesten. Darum dringt im ersten Fall die Schneide des Messers, im zweiten die von den Hyphen abgesonderte lösende Flüssigkeit am leichtesten parallel zum basischen Pinakoid in den Kristall ein. — Dem könnte entgegengehalten werden, daß auch der Kalkspat leicht spaltbar ist, also auch in ihm eine Bevorzugung der Spaltungsrichtungen seitens der eindringenden Hyphen wahrnehmbar sein müßte. Aber erstens ist die Spaltbarkeit des Kalks wesentlich geringer als die des Glimmers und, was die Hauptsache ist, die Löslichkeit des Calciumkarbonats

viel größer als die des Silikats. Zweitens hat der Kalkspatkristall drei Richtungen geringster Kohäsion und bester Spaltbarkeit, die sich unter Winkeln von 107° schneiden, auf denen also auch die Hyphenausbreitung gleich gut vor sich gehen müßte. Drittens hat man bisher nur kristallinischen Kalk untersucht, d. h. Vereinigungen von vielen verkrüppelten Kristallen, die nach den verschiedensten Richtungen aneinander gelagert sind. Die Spaltungsrichtung benachbarter Kristalle stimmt wohl in den seltensten Fällen überein, die Hyphen müßten also, wenn sie sich nur parallel zu jenen ausbreiten wollten, die Richtung fortwährend ändern. Trotzdem ist es nicht ausgeschlossen, daß in größeren Kristallen eine solche Bevorzugung der drei Spaltungsrichtungen stattfindet; wenigstens könnte man das aus dem Bilde[1]), das drei von *Verrucaria calciseda* DC. durchwachsene Kristalle darstellt, herauslesen; besonders in dem größten Kristalle sind die den eingezeichneten Blätterdurchgängen parallel gehende und die einen Winkel von ungefähr 107° mit ihr bildende die beiden häufigsten.

Von den Kalkflechten unterscheiden sich die Kieselflechten hauptsächlich dadurch, daß nur ihr Rhizoidenteil in den Stein versenkt ist. Allerdings führt der Glimmer fast aller untersuchten Granitflechten am Rande auch Gonidien, manchmal sogar in großer Menge und bis in beträchtliche Tiefe. Aber während bei den heteromeren Kalkflechten mit dem ganzen Thallus auch die Gonidien als gesonderte und wohl charakterisierte Schicht in dem Kalk ausgebreitet sind, bilden die endolithischen Gonidien der Granitflechten nur ein kleines und zufälliges, von der Beschaffenheit des Granits abhängiges Anhängsel der epilithischen Gonidienzone. Nur in einem Falle (bei *Acarospora discreta* Th. Fr.) ist ein direkter Zusammenhang beider nachgewiesen worden; bei den meisten anderen Flechten scheinen beiderlei Algenzonen völlig unabhängig voneinander zu vegetieren. Demnach muß man sich vorstellen, daß die Besiedelung der Glimmerkristalle mit Algenzellen von den Randhyphen des Protothallus aus erfolgt, indem diese, bei ihrer Ausbreitung auf dem Granit an dem Rand eines solchen Kristalls angelangt, in sein Inneres dringen und dabei Gonidien mitnehmen. Einzelhyphen, wie eine bei *Lecidea crustulata* Kbr. beschrieben und abgebildet worden ist (Taf. I, Fig. 15), bei der fünf Algenkugeln reihen-

---

1) Bachmann, Beziehungen der Kalkflechten zu ihrem Substrat. Ber. d. Dtsch. Bot. Gesellsch., Bd. VIII, Taf. IX, Fig. 3.

weise hintereinander beerenartig angeheftet sind, die größten randwärts, die kleineren glimmereinwärts, zeigen das besonders deutlich. Ob kugelförmige Gonidien selbständig, d. h. unabhängig von Hyphen und anders als auf Spalten, eindringen können, ist nicht sicher. Fadenförmige sind dazu imstande, wie die Glimmerkristalle des mit *Lithoicea chlorotica* Hepp. bewachsenen, beständig von Wasser überrieselten Granits beweisen. Auch bewegliche Algen, wie Diatomeen, haben diese Fähigkeit und bewohnen Glimmerkristalle feuchter Granitwände in mehreren Spezies oft zu Hunderten und vermehren sich anscheinend sogar innerhalb derselben. — Zuweilen leben Algen aus verschiedenen Abteilungen des Systems dicht beisammen in demselben Kristall; am auffallendsten ist dies bei der schon oben erwähnten *Lithoicea chlorotica*, einer Wasserflechte. In den von ihr überzogenen Glimmerkristallen treten kugel- und fadenförmige, verzweigte und einfache freudig- und blaugrüne Algen auf, alle außer Berührung mit den Flechtenhyphen und allesamt anderen Arten und Gattungen angehörig als die im Thallus befindliche flechtenbildende Gonidie. — Bei allen anderen Flechten sind die mit den Thallusgonidien gleichartigen glimmerbewohnenden Algenzellen einzeln oder gruppenweise zarten Hyphen angeheftet oder werden von ihnen ringartig umsponnen (V. M. Fig. 4, 7).[1]) Später findet man oft mehrere bis viele dieser Gruppen zu hyphendurchsetzten und von ihnen umsponnenen Gonidienplatten (Taf. I, Fig. 16) von ziemlicher Ausdehnung verschmolzen, aber immer nur in oberflächlich und parallel zur Thallusausbreitung gelagerten und im Außenrande senkrecht gerichteter Kristalle. — Der die Gonidiengruppen umspinnende Hyphenring ist in der Jugend einfach (Taf. II, Fig. 13), und die Berührung zwischen ihm und den Algenzellen nicht immer sehr innig. Später besteht er aus drei bis vier konzentrisch umeinander gelagerten, den Gonidien, die sich unterdessen auch vermehrt haben, fest angepreßten Hyphenkreisen (Taf. II, Fig. 12). Zuletzt, wenn die Gonidienplatten mehrschichtig geworden sind, sind sie ringsum in ein unentwirrbares, filzartiges Hyphengewebe eingebettet, das in seinen peripherischen Teilen sogar braun (*Acarospora fuscata* Th. Fr.) oder grünlichbraun (*Rhizocarpon geographicum* DC.) gefärbt sein kann. Diese also sogar von einer Art Rinde umgebenen scheiben-

---

1) Im folgenden ist unter V. M. stets meine Vorläufige Mitteilung über die Beziehungen der Kieselflechten zu ihrem Substrat (Ber. d. Dtsch. Bot. Ges., XXII Heft 2) zu verstehen.

förmigen Gonidien-Hyphenkomplexe haben dann große Ähnlichkeit mit dem Querschnitt durch die feinfädigen Thallusspitzen mancher Pannariaspezies. Ihr Durchmesser beträgt bei genannter *Acarospora* 100—350 μ, bei *Lecidea macrocarpa* Th. Fr. 40—75 μ, bei *Rhizocarpon geographicum* DC. 40—150 μ. Gonidien, die außer Kontakt mit Hyphen gefunden wurden, waren auffallend blaß gefärbt, verglichen mit solchen, bei denen es zu inniger Berührung zwischen beiden Flechtenkomponenten gekommen war. Die Berührung unterbleibt, wenn die glimmerbewohnende Alge mit der thallusbildenden der Art nach nicht übereinstimmt, wie bei *Buellia aethalea* Th. Fr., *Lithoicea chlorotica* Hepp. Sie kann aber, wie das bei *Acarospora fuscata* Th. Fr. und *Lecidea macrocarpa* DC. beobachtet worden ist, trotz dieser Übereinstimmung unterbleiben oder auf ein Minimum beschränkt sein; wahrscheinlich sind derartige Gonidiengruppen aus Algenkugeln entstanden, die an den Rand eines bereits mechanisch gespaltenen Glimmerkristalls angeflogen waren und in der wasserhaltenden Kapillarspalte, soweit sie noch nicht ganz von Hyphen erfüllt war, einen geeigneten Boden für ihr Wachstum und ihre Vermehrung vorfanden.

Der Rhizoidenteil der Granitflechten, zu dem die Gonidien nicht mitzurechnen sind, besteht aus dreierlei Elementen: 1. aus zarten, farblosen langgliedrigen, meist reich verzweigten und vielfach anastomosierten Hyphen. 2. Nicht immer, aber meistenteils sind auch noch kurzgliedrige, dickwandige, grün, braungrün oder braun gefärbte Hyphen (V. M. Fig. 1) vorhanden, die bei einigen Flechten perlschnurartig gestaltet sind und den „Deckhyphen“ der Kalkflechten äußerlich gleichen, aber nicht wie diese als Rindenbestandteile anzusehen sind, sondern dem sogenannten Protothallus angehören. Deshalb sind sie auch bei Flechten besonders deutlich, die sich eines schwarzen Vorlagers erfreuen (*Buellia aethalea* Th. Fr., *Lecidea crustulata* Kbr. und *macrocarpa* Th. Fr., *Rhizocarpon geographicum* DC.). Sie verlaufen entweder in gekröseartigen Windungen oder geradlinig und sind im ersten Falle zu platten Knäueln, im letzten zu radial angeordneten, wurzelartig verzweigten Strängen vereinigt. Die braunen, nicht torulösen unter diesen Hyphen gehen an ihren Enden gewöhnlich in zarte, farblose über. 3. Den letzten und auffallendsten Teil der glimmerbewohnenden Rhizoidenzone bilden die Kugelzellen, die ich, wenn man das Wort im weitesten Sinn auffaßt, bei fast allen genau untersuchten Arten nachweisen konnte. Sie fehlten gänzlich bei *Pertusaria corallina* Kbr., *Buellia*

aethalea (Ach.) und *Calicium chlorinum* Kbr., dessen Rhizoidenteil überhaupt sehr kümmerlich entwickelt ist. Auch bei *Acarospora fuscata* Th. Fr., *Lecanora badia* Ach., *L. polytropa* Th. Fr. habe ich sie vermißt; da ich von ihnen aber nur einen oder zwei Kristalle untersucht habe, könnten sie durch umfassendere Untersuchungen noch entdeckt werden. *Lecidea crustulata* Kbr., *L. macrocarpa* Th. Fr., *Rhizocarpon geographicum* DC., *Rh. atroalbum* Arn., *Aspicilia gibbosa* Kbr., *Acarospora discreta* Th. Fr., *Sphyridium byssoides* Th. Fr. und *Lithoicea chlorotica* Hepp. besitzen sie in überraschend großer Menge. Ihr Inhalt ist in ausgewachsenem Zustand reines, mit Alkannatinktur rot werdendes Öl, bei *Sphyridium byssoides* Th. Fr. ein eiweißartiger Stoff, der von Alkanna nicht gerötet, von Jodlösung gelb, von Millons Reagens in frisch bereitetem Zustand rosa gefärbt wird. Ihre Verwandtschaft mit den Ölzellen der anderen Flechten geben sie aber wenigstens im Alter durch ein dem Eiweiß eingebettetes Fettkügelchen zu erkennen.

Gleichviel welchen Inhalt sie führen, die Kugelzellen der Kieselflechten unterscheiden sich von denen der Kalkflechten wohl meist, wenn nicht immer durch ihre plattgedrückte, sphäroidartige Gestalt. Dafür spricht die Tatsache, daß bei genauer Einstellung des Mikroskops alle Einzelheiten, wie Scheidewände und Öltröpfchen, gleich deutlich sichtbar sind, um bei Senkung oder Hebung des Tubus ebenso gleichmäßig zu verschwimmen, als ob alles in einer Ebene läge, vor allem aber folgende Beobachtung: von einem mit *Lecidea crustulata* Kbr. bedeckt gewesenen Glimmerkristall wurde ein mit braun- und ziemlich dickwandigem Paraplektenchym bedecktes Glimmerblatt abgespalten. Beim Spalten blieb ein Teil des Gewebes am liegenden, der andere am hangenden Blättchen haften. Die Lücken zeigten an Stelle des Zellgewebes unregelmäßig gestaltete, aber ungefähr vier-, fünf- und sechsseitige, bräunliche Punkte, die durch farblose Zwischenlinien voneinander getrennt waren. Die bräunlichen Punkte sind beim Spalten an dem Glimmerblättchen hängengebliebene Reste der unteren schwach gewölbten Hauptwände. Stellt man nun das Mikroskop erst auf das dunkelbraune, nicht abgerissene paraplektenchymatische Zellnetz, dann auf die Abrißstelle mit den bräunlichen Punkten ein, so muß man den Tubus um 2,5 μ senken, um sie scharf zu sehen, was auf eine Höhe der Seitenwände, anders gesagt, auf eine Dicke der Zellen von 5 μ schließen läßt. Da nun der Durchmesser der Zellen in Richtung der Spaltungsfläche gemessen etwa 16 μ beträgt, würden

sie in dieser Richtung ungefähr drei mal stärker ausgedehnt sein, als senkrecht dazu. Ich füge hinzu, daß zwar die meisten Zellen dieses Gewebes inhaltsleer, einige aber noch mit je einem Tropfen farblosen Fettes erfüllt waren. — Weit mehr als durch die sphäroidartige Gestalt ihrer Ölzellen unterscheiden sich die Kiesel- von den Kalkflechten dadurch, daß diese Zellen da, wo sie häufiger auftreten, zu zusammenhängenden Platten verwachsen. Dieses ölerfüllte Paraplektenchym besteht aus isodiametrischen (Taf. I, Fig. 2, 5, 6, 7; V. M. Fig. 9), seltener aus einseitig gestreckten Zellen (Taf. I, Fig. 4), von denen jede mit einem, ausnahmsweise mit mehreren Öltröpfchen gefüllt ist. Es bietet den großen Vorteil, daß es eine ungefähre Schätzung der Zahl der Zellen, die in ihm vereinigt sind, zuläßt. Diese Zählung ist mit Hilfe eines Netzmikrometers ausgeführt worden und hat z. B. bei *Acarospora discreta* (Ach.) auf einem kleinen in zwei dünnere Blättchen zerlegten Glimmerblatt 12725 Ölzellen von durchschnittlich 9 μ Durchmesser, bei *Aspicilia gibbosa* (Ach.) auf einem 1 qmm großen Stück kreideweißen Glimmers im Minimum 18000 Zellen mit je einer Olkugel von 4—6 μ Durchmesser ergeben. Näheres hierüber im speziellen Teil. Der Nachweis der Rotfärbung mit Alkannatinktur hat immer dann Schwierigkeiten, wenn bei der Spaltung des Glimmerblattes die Ölzellplatte nicht bloßgelegt worden, sondern beiderseits von dünnen Glimmerblättchen bedeckt geblieben ist. Dann ist es nötig, das Präparat längere Zeit in einem zugedeckten Uhrschälchen mit dem Reagens liegen zu lassen oder durch Zerdrücken des Gewebes einen Teil des Inhalts herauszupressen. Olzellplatten von ganz besonderer, aber für eine Wasserflechte charakteristischer Beschaffenheit besitzt *Lithoicea chlorotica* Hepp.

Die den Hauptbestandteil der Rhizoidenzone ausmachenden zarten Hyphen sind 1—3 μ dick, farblos und langgliedrig; die jüngsten unter ihnen erscheinen sogar ungegliedert oder lassen höchstens an der Ursprungsstelle einer Zweighyphe eine Scheidewand erkennen. Sie gleichen darin ganz denen der Kalkflechten, sind auch wie diese wurzel- oder baumartig verzweigt und so vielfach anastomosiert, daß sie ein netzförmiges Prosoplektenchym bilden, dessen Grobmaschigkeit mit der Entfernung vom Glimmerrand zunimmt, und das endlich in viele einzelne, wenig verzweigte und darum noch nicht anastomosierte Hyphen ausläuft. Dies ist die einzige Form der Rhizoidenzone bei den Kalkflechten; bei den Kieselflechten aber geht sie durch Änderung der Ver-

bindungsweise der Hyphen oder durch Formänderung der Einzelzellen in verschiedene abgeleitete Gewebeformen über.

Die gerinfügigste Veränderung besteht darin, daß die innersten Hyphen des netzförmigen Prosoplektenchyms statt wurzelartig weit und geradaus glimmereinwärts zu wachsen, seitwärts ausbiegen und bogenförmige Anastomosen bilden, die den letzten Abschluß des Hyphennetzes bilden (V. M. Fig. 10). Die Bögen können, wie bei *Aspicilia gibbosa* (Ach.), mehr oder weniger konzentrisch oder, wie ich es bei *Rhizocarpon geographicum* DC. beobachtet habe, abwechselnd angeordnet sein, d. h. so, daß jeder jüngere Bogen mit seinen Pfeilern auf den Gipfelpunkten zweier älterer Bögen entspringt. Diese seltene Form des Prosoplektenchyms tritt aller Wahrscheinlichkeit nach da auf, wo sich das Gewebe auf Spalten, zwischen bereits getrennten Glimmerblättchen ausbreitet, und damit hängt vielleicht auch das Auftreten der eigentümlichen Zellform zusammen, die ich als „Borstenzelle“ (V. M. Fig. 5) bezeichnet und außer bei den eben genannten Flechtenarten auch noch bei *Rhizocarpon atroalbum* Arn. beobachtet habe. Darunter verstehe ich Hyphen, die auf einem dickeren, ein- oder wenigzelligen Stiel eine lange, haarartig feine und scharf zugespitzte Endzelle tragen. Bei der letztgenannten Spezies entspringen sie sowohl aus echten torulösen Protothallushyphen, als auch aus farblosen, weitzelligen Rhizoidenhyphen oder sogar aus paraplektenchymatischen Zellplatten (Taf. II, Fig. 17). Die Endzelle übertraf die Grundzelle in dem einen Fall um das sechsfache an Länge, in einem anderen zwar nur um das zwei- bis dreifache, stach aber durch ihre geringe Dicke von der tonnenartig aufgetriebenen Basalzelle sehr ab. Auch das kommt vor, daß auf der isodiametrischen Grundzelle zunächst zwei langgestreckte dünnere saßen und auf diesen erst die Borstenzelle, die aber immer noch um die Hälfte länger war als die beiden gestreckten Zellen zusammengenommen. Sie entspringen seltener vereinzelt, meist zu mehreren nebeneinander aus dem Grundgewebe und laufen dann untereinander parallel oder divergieren, sind aber, das ist ein ihnen allen zukommendes Merkmal, mit der Spitze stets glimmereinwärts gerichtet. Ob ihre Gestalt durch die ausgezeichnete Spaltbarkeit oder durch die geringe Löslichkeit des Glimmers bedingt wird, ob sie, die den ersten Vorstoß in den Kristall unternehmen, als Keile anzusehen sind, oder ob durch eine so auffallende Verringerung ihres Querschnittes eine ebensogroße relative Vergrößerung ihres Oberfläche und damit ihrer chemischen Einwirkung auf den

Glimmer erreicht werden soll, muß ich unentschieden lassen. Tatsache ist, daß bei den Kalkflechten eine ähnliche Hyphenform nicht auftritt.

Die größere Mannigfaltigkeit der Glimmer bewohnenden Rhizoidenzone der Kieselflechten spricht sich ferner im Auftreten des strangartigen Prosoplektenchyms und des Paraplektenchyms aus, zweier Gewebeformen, die den Kalkflechten ebenfalls fremd sind. — Jenes, das strangartige Gewebe (Taf. II, Fig. 14 u. V. M. Fig. 8), besteht aus mehreren parallel nebeneinander her laufenden und seitlich fest verwachsenen, deutlich gegliederten Hyphen, deren Zellen 3—4 μ dick und drei bis vier mal längen sind. Die aus zwei bis etwa zwanzig Hyphen verschmolzenen Stränge können unter sich Anastomosen eingehen, so daß zwischen ihnen rundliche oder längliche Lücken entstehen, die entweder durch zarte Einzelhyphen überbrückt oder mit Paraplektenchym erfüllt sind (Taf. I, Fig. 2). Das Stranggewebe wird immer nur in größerer Nähe des Randes des Glimmerkristalle gefunden und geht nach innen in gewöhnliche, baumartig verzweigte und netzartig anastomosierte Hyphen, also in das typische Rhizoidengewebe über, es stellt demnach einen älteren Zustand desselben dar. Noch später, nachdem die Glimmerblättchen am Rande mechanisch getrennt worden sind, geht es in ein mehr oder weniger dichtes, filzartiges Gewebe über, das ein Gewirr von Hyphensträngen und Einzelhyphen darstellt, in das auch noch Gonidiennester eingebettet sein können. Mächtigste Entwickelung zeigt es natürlich in oberflächlich gelegenen, durch andere Gesteinsbestandteile nicht beengten Glimmerkristallen, aber auch in denen, die der tonähnlichen Schicht von *Pertusaria corallina* Kbr. eingelagert sind.

Wie das Stranggewebe, so ist auch das Paraplektenchym ein Produkt der flächenartigen Ausbreitung aller glimmerbewohnenden Flechtenbestandteile. Selten braunwandig, meist farblos, überzieht es manchmal Flächen von mehreren qmm ohne Unterbrechung oder bildet kleine Gruppen von rundlicher, noch öfter lanzettlicher Form. Die Lücken zwischen ihnen sind mit Stranggewebe erfüllt (V. M. Fig. 3) oder durch zarte Einzelhyphen überbrückt. Die Zellen des ersteren haben sich bei gleichbleibender Länge etwas erweitert, wenn auch nur auf 5—6 mm, und bilden mit den isodiametrischen Zellen eine homogene Gewebsplatte, in der es an Übergängen von der einen zur anderen Zellform nicht fehlt. Bei *Pertusaria corallina* habe ich derartige Platten gesehen, in denen das Stranggewebe vorwog; aber seine Zellen waren zum größten Teil so stark

erweitert und die Übergänge in das isodiametrische Paraplektenchym so zahlreich, daß das Ganze nicht mehr den Eindruck eines Prosoplektenchyms machte. Bei *Rhizocarpon geographicum* DC. ist es umgekehrt: die Zahl der isodiametrischen Zellen überwiegt; bis 300 μ Randabstand fehlt das Stranggewebe gänzlich; von da an bildet es 6 bis 20 μ breite, aus zwei bis drei Zellreihen bestehende Hyphenzüge um Paraphlektenchymnester von beispielsweise 30 : 60; 40 : 120; 140 : 160 μ kürzestem und längstem Durchmssser. — Mit zunehmendem Alter gleichen sich die ursprünglich scharfen Gegensätze zwischen den beiderlei Gewebsformen mehr und mehr aus, aber nicht immer ganz. Denn weit häufiger als Zellplatten mit durchweg isodiametrischem Bau treten alte, entleerte mit ausgeprägter Gegensätzlichkeit der Zellgestalt auf. Letztere ist bei dem echten Paraplektenchym ziemlich regelmäßig fünf- und sechseckig, (V. M. Fig. 3), nur in den halbkreisförmigen Fettgewebeplatten von *Lithoicea chlorotica* vier- und rechteckig (Taf. I, Fig. 10).

Ein kurzer Rückblick auf das Gesagte zeigt den großen Unterschied zwischen Kiesel- und Kalkflechten. Diese, mit dem ganzen Thallus dem Gestein eingesenkt, weisen wenigstens vier verschiedene Typen des Lagers auf, die an Dünnschliffen genauer zu studieren wohl lohnen würde, die Rhizoidenzone aber ist bei allen von gleicher Beschaffenheit sowohl was die Elemente selbst, als auch ihre Verbindungsweise betrifft. Bei den Kieselflechten ist die Rhizoidenzone, soweit sie den Glimmer bewohnt, viel mannigfaltiger gebaut, worüber der allgemeine und noch mehr der spezielle Teil dieser Arbeit nähere Auskunft gibt. — Beiden gemeinsam ist der Reichtum an Fett, das oft an besonders geformte Zellen, die Sphäroidzellen, manchmal auch nur an erweiterte Hyphen, die Ölhyphen, gebunden ist. Der Rhizoidenzone der Kalkflechten scheint Fett nie ganz zu fehlen, wenn es bei den verschiedenen Arten auch in sehr ungleichen Mengen auftritt; die mancher Kieselflechten ist ungemein reich daran, die anderer fettfrei. Jedenfalls ist das Auftreten von fettführenden Sphäroidzellen nicht an Karbonate gebunden.

Durch den Nachweis, daß der Glimmer des Granits Gonidien führt und von dem Rhizoidenteil der Flechten unter günstigen Umständen kaum weniger durchsetzt wird als der Kalk von dem der Kalkflechten, ist selbstverständlich zur Lösung der Frage nach den Beziehungen der Kieselflechten zu ihrem Substrat nur wenig geschehen, weil daraus kein Schluß auf das Verhalten der Hyphen gegen andere Silikate wie Feldspat, Augit, Hornblende gezogen

werden kann. Daß der Orthoklas des Granits trotz seiner guten Spaltbarkeit nach dem Klinopinakoid von Hyphen nicht durchdrungen wird, ließ sich wegen der Undurchsichtigkeit des Materials zwar nicht direkt sehen, konnte aber daraus geschlossen werden, daß sich Glimmerkristalle, die durch eine nur 1 mm dicke Orthoklaslage vom Flechtenlager getrennt waren, stets hyphenfrei erwiesen[1]). Vermutlich werden Hornblende, Augit und die andern gesteinbildenden Silikate ein gleiches Verhalten zeigen, wenigstens konnte an Dünnschliffen von flechtenbesetzten Diabasen nie eine Spur von Hyphen in den Augiten und Plagioklasen erkannt werden. Daraus würde sich ergeben, daß andere Silikate als Glimmer von Flechtenbestandteilen nicht anders als auf vorhandenen Haarspalten durchwachsen werden können.

Die geologische Bedeutung der Kieselflechten ist demnach eine zweifache: eine chemisch auflösende und eine mechanisch trennende. Beide Wirkungen können bei glimmerhaltigen Gesteinen auftreten. Jene ist nur mikroskopisch, diese manchmal schon mit bloßem Auge, oft mit der Lupe erkennbar und zwar sowohl an parallel zur Thallusausbreitung gerichteten, als auch an senkrecht oder schief gestellten Kristallen, wenn sie über das Lager emporragen. Die Zwischenräume der buchartig auseinander gespreizten Glimmerlamellen sind mit Thallusmasse, Hyphen und Gonidien erfüllt. In größerem Maßstabe zeigt sich die mechanische Wirkung, wenn der Granit unter dem Einfluß der *Pertusaria corallina* in schalenartigen Stücken abspringt. — Von der Oberfläche glimmerfreier Gesteine vermögen die Hyphen nur auf Haarspalten ins Innere zu dringen, wo sie infolge späteren Dickenwachstums die Gesteinsteile auseinander drängen. Zwar scheint die Kaolinisierung des Orthoklas unter dem Einfluß wenigstens mancher Flechten beschleunigt zu werden, was auf eine chemische Wirkung schließen ließe, die sich aber mikroskopisch nicht verfolgen läßt. Die mechanische Wirkung dagegen ist sogar an reinem Quarz direkt und mit unbewaffnetem Auge wahrnehmbar: Von Haslau bis Asch in Nordböhmen zieht ein dem bayrischen „Pfahl“ sehr ähnlicher Quarzgang, der sich haushoch über seine Umgebung erhebt, etwa eine Stunde lang durch Gneiß. Er ist über und über mit dicklagerigen Krusten- und besonders Blattflechten, unter denen *Gyro-*

---

1) Näheres hierüber in meiner vorläufigen Mitteilung, S. 103 und in dieser Arbeit bei *Pertusaria corallina*.

phora polyphylla (L.), *Parmelia saxatilis* (L.) und *olivacea* (L.) vorherrschen, bewachsen. Diese Flechtenvegetation ist aber meines Dafürhaltens wenigstens teilweise auf einer älteren, dünnkrustigen entstanden, durch welche der Quarz erst aufgelockert und für die höheren Flechten bewohnbar gemacht worden ist. Etwas abseits von dem Hauptzug liegen einige kubikmetergroße Blöcke, die von weitem durch ihr glänzendes Weiß auffallen. Bei näherer Betrachtung aber erweist sich dasselbe von vielen feinen und wenig dicken schwarzen, netzartig sich schneidenden Linien durchzogen. Sie rühren von einer Flechte her, die am besten mit *Lecidea erratica* Kbr. übereinstimmt. Da sich ihr Thallus nur in die Tiefe, nicht oberflächlich auf dem Quarz ausbreitet, ist eine Identifizierung nur nach dem Bau der Apothezien und der Größe der Sporen möglich. Die schwarzen Linien folgen genau den vielen das Gestein durchsetzenden Spalten und stellen den nicht selten von Apothezien reihenweise besetzten Rand weißer Thallusplatten dar, welche jene Spalten manchmal bis in eine Tiefe von 4 mm erfüllen. Ihre mechanische Einwirkung auf den Quarz sieht man am deutlichsten an den Kanten der Blöcke. Da nämlich die Spalten rechtwinklig zur Gesteinsoberfläche stehen, verlaufen sie hier, manchmal fünf bis sechs, mit der anstoßenden Oberfläche parallel und zerlegen das Gestein in dünne, schieferig angeordnete Lamellen, zwischen welche die Hyphen eindringen, um sie später emporzuheben, so daß sie, die anfangs auch unter sich parallel lagen, nun stark divergieren und endlich gelockert werden. Der Zusammenhang zwischen ihnen wird zuletzt so gering, daß ein geringer Druck mit dem Skalpell genügt, eine Platte nach der anderen herauszubrechen, wodurch jedesmal eine weiße, am Außenrand gonidienführende Thallusplatte bloßgelegt wird.

Eine mechanisch-trennende Einwirkung der Kieselflechten auf ihre Unterlage ist nach meinen Beobachtungen ebenso sicher vorhanden wie die chemisch-auflösende, doch bin ich weit davon entfernt, ihnen eine hervorragende geologische Bedeutung beizumessen.

Als ich die Niederschrift des speziellen Teils dieser Abhandlung bereits zu Ende geführt, die des allgemeinen Teils angefangen hatte, erhielt ich von Angriffen Kunde, die meine in einer vorläufigen Mitteilung[1]) angekündigten Ergebnisse durch

1) Berichte der Deutsch. Botan. Gesellschaft, Bd. XXII, S. 102 ff.

Stahlecker[1]) erfahren hatten, und auf die näher einzugehen ich mich gezwungen fühle. Aus einem mit *Rhizocarpon coniopsoideum* bewachsenen Gneißstück (Nr. 120 der Arnoldschen Exsikkatensammlung) hat genannter Autor Muskovitschüppchen mit braunen Hyphen herauspräpariert. Letztere „hatten dünne längliche Zellen, dazwischen aber auch rundliche kurze, rosenkranzartig oder traubig angeordnete, so daß zunächst die Vermutung nahe lag, man könnte es mit Ölzellen zu tun haben“ [2]). Aus gewissen Gründen schließt er, daß diese Hyphen einem Flechtenparasiten angehören und fährt dann fort: „Auffallend ist bei dem in Rede stehenden Befund in Glimmerblättern die weitgehende Ähnlichkeit des mikroskopischen Bildes mit einigen Abbildungen bei Bachmann, die er von Hyphen, ebenfalls in Muskovit vorgefunden, gegeben. Möglicherweise gehören die von ihm gesehenen Hyphen deswegen auch nicht dem Thallus der von ihm untersuchten Flechte an, sondern einem fremden Pilz und eine Nachprüfung seiner Ergebnisse wäre wohl angezeigt“ [3]). In Fig. 5 auf S. 19 seiner Abhandlung gibt er sogar eine Abbildung, die, da sie von braunen, stellenweise torulösen Hyphen herrührt, mit Fig. 1 auf Taf. VII meiner vorläufigen Mitteilung übereinstimmen müßte. Jedem, der beide Figuren nebeneinander sieht, wird nicht bloß die weitgehende Unähnlichkeit, sondern vollständige Verschiedenheit beider auffallen. Unverkennbar ist nur die Ähnlichkeit mit Fig. 2 der vorläufigen Mitteilung. Aber letztere ist bei 540facher, die Stahleckers bei 250facher Vergrößerung gezeichnet. Jene stellt farblose, ungegliederte Fäden von 1—2 μ Dicke aus der tiefsten Region der Rhizoidenzone dar, diese torulöse, also kurzgliedrige, die nach der Vergrößerung mindestens 4—5 μ dick sein müssen, und das kann doch nicht weitgehende Ähnlichkeit genannt werden. Das Schlimmste aber ist, daß eine Identifizierung der Stahleckerschen Fig. 5 mit meinen Abbildungen unmöglich ist, weil erstere nicht richtig ist. Sie kann es nicht sein, weil sie mit der Beschreibung nicht übereinstimmt. Nach dieser müßten die gezeichneten Hyphen den Protothallushyphen (Fig. 1 meiner vorläufigen Mitteilung) ähneln, in Wirklichkeit gleichen sie zarten Rhizoidenfäden, aber auch nicht

1) Stahlecker, Untersuchungen über Thallusbildung und Thallusbau in ihren Beziehungen zum Substrat bei siliciseden Krustenflechten. Inaugural-Dissertation, Stuttgart 1905.

2) Derselbe a. a. O. S. 18.

3) Derselbe a. a. O. S. 19.

ganz, denn bei 250facher Vergrößerung müßten sie einfache Konturen aufweisen, nicht doppelte.

Die gefundenen Hyphen erklärt Stahlecker für die eines auf Flechten schmarotzenden Pilzes. Zunächst gebe ich ohne weiteres zu, daß derartige Schmorotzer sich in Glimmerkristallen ausbreiten können. Im speziellen Teil meiner Arbeit habe ich bei *Rhizocarpon geographicum* DC. einen solchen Fall beschrieben. Allein diese Pilzhyphen haben so charakteristische Eigentümlichkeiten, daß eine Verwechslung derselben mit den Protothallushyphen einer Flechte bei längerer Beschäftigung mit der mikroskopischen Untersuchung von Flechten und der daraus gewonnenen reichlichen Anschauung der beiderlei Elemente nicht wohl passieren kann. Eine Verwechslung mit den Bestandteilen der Rhizoidenzone, den zarten Hyphen, dem Stranggewebe und Paraplektenchym ist ganz ausgeschlossen. Daß sie von Stahlecker doch für möglich gehalten wird, liegt daran, daß er diese Teile der Granitflechten gar nicht zu Gesicht bekommen hat, und das erklärt sich aus der Wahl des Untersuchunsmaterials aus seiner Methode und dem geringen Umfang seiner Untersuchung von Glimmerkristallen. Die Untersuchungsmethode[1]) Stahleckers bestand darin, daß er den flechtenbewachsenen Gneiß oberflächlich mit Salpetersäure anätzte, nachher abwusch, die breiig gewordenen Pflanzenteile mit zuvor geglühter, also weicher Nadel vorsichtig abkratzte und mit einem rauhen Tuch abrieb. Daß bei einer solchen Behandlungsweise horizontal und parallel zur Thallusausbreitung gelagerte, sowie die Außenränder senkrecht gerichteter Glimmerkristalle, also überhaupt die von Flechtenbestandteilen am meisten durchsetzten Glimmerteile beseitigt werden mußten, ist ohne weiteres ersichtlich.

Seine Behauptung, die von mir gesehenen Hyphen gehörten möglicherweise nicht der untersuchten Flechte, sondern einem fremden Pilz an, gründet Stahlecker auf die mikroskopische Untersuchung einiger Glimmerblättchen aus einem einzigen Gneißstück, während in meiner vorläufigen Mitteilung ausdrücklich Granit als Untersuchungsmaterial genannt worden war. Gneiß aus der Schönberger Umgebung schien mir wegen seiner Glimmerarmut und Feinkörnigkeit ungeeignet, und ich habe ihn deshalb gar nicht in den Bereich meiner Untersuchungen gezogen. Ob der von anderen Fundorten sich besser eignet, wage ich nicht zu entscheiden. Im

1) Stahlecker, a. a. O. S. 18.

günstigsten Falle hat Stahlecker also nichts bewiesen, als daß in dem benutzten Exsikkat, dem betreffenden Gneißstück der Glimmer vom Rhizoidenteil der Flechte *Rhizocarpon coniopsoideum* nicht bewohnt wird, aber auch das nicht mit völliger Sicherheit, weil die hyphenreichsten Kristalle durch die oben beschriebene Bearbeitung des Gesteins möglicherweise entfernt worden sind.

Dem stehen meine Ergebnisse gegenüber, die gewonnen worden sind, indem ich Hunderte von selbstgesammelten Granitstücken in immer kleinere Stücke zerschlagen habe, um die senkrecht gelagerten und bis an den Thallus heranreichenden Glimmerkristalle zu gewinnen. Mit unbewaffnetem Auge und mit der Lupe habe ich den Thallus nach oberflächlich gelagerten Kristallen abgesucht. Die beiderlei Funde sind, ich darf es wohl behaupten, ohne gegen die Wahrheit zu verstoßen, in mehr als tausend feinste Blättchen zerlegt worden, um dann mikroskopisch untersucht zu werden, und die dabei gemachten Befunde sind gemessen, gezählt, gezeichnet und in zahlreichen Dauerpräparaten niedergelegt worden. — Mit der Zerstörung der Unterlage zur Gewinnung der Glimmerkristalle geht die der Flechte selbst Hand in Hand; deshalb sind Exsikkatenexemplare für diesen Zweck ungeeignet. Unwillkürlich werden sie von jedem Forscher schonend behandelt und sie müssen so behandelt werden; denn sie dienen in erster Linie, wenn nicht einzig und allein, systematischen Zwecken. Will jemand andere Untersuchungen ausführen, bei denen es ohne Beschädigung oder Zerstörung der Flechte nicht abgeht, so muß er sich das Material und zwar in reichlicher Menge selbst suchen oder auf anderem Wege verschaffen und das Exsikkat nur benutzen, um sich zu vergewissern, daß er die selbst gesammelten Flechten richtig bestimmt hat. Aus unzureichendem Material gewonnene Ergebnisse aber sind immer von zweifelhaftem Wert und am wenigsten geeignet, die auf breiterer Unterlage ausgeführten Untersuchungen anderer anzuzweifeln.

Besonders scheint Stahlecker, noch befangen in der allerdings auf den ersten Blick bestechenden Hypothese Fünfstücks, das Auftreten von Ölhyphen und Sphäroidzellen im Glimmer, also in einem karbonatfreien Substrat, zu perhorreszieren. Ich habe deshalb meine in Glyzerin ohne Lackverschluß aufbewahrten Präparate noch einmal vorgenommen, auch neue Präparate von *Aspicilia gibbosa* (Ach.) und *Acarospora disreta* (Ach.) hergestellt, aber die Prüfung auf Fett nicht mit Alkannatinktur, sondern mit Osmiumsäure ausgeführt.

Jene, wenn sie einige Jahre steht, verliert sehr an Wirksamkeit. Diese wirkt tadellos und hat außerdem den Vorzug, durch die dunkle Färbung, die sie dem Öl verleiht, auch die kleinsten Tröpfchen sichtbar zu machen. Dabei habe ich nicht nur meine früheren Untersuchungen in vollem Umfange bestätigt gefunden, sondern mich überzeugt, daß das Öl auch das feinfädige Stranggewebe, das die ölhaltigen Paraplektenchymgruppen umgibt, in Form kleiner reihenweise angeordneter Tropfen reichlich erfüllt (Taf. I, Fig. 1 u. 2). Demnach geben die bei den genannten Flechten angeführten Berechnungen (s. spezieller Teil) den Olgehalt weit niedriger an, als er wirklich ist, und die Tatsache, daß reichlicher Fettgehalt in Sphäroidzellen und Ölhyphen auf karbonatfreiem Substrat auftreten kann, bleibt bestehen.

Spezieller Teil.

Sphyridium byssoides (L.) Th. Fr.

Grobkörniger Granit von Hammerbrücke-Tannenbergstal, der vorwiegend dunklen Glimmer führt.

Als Untersuchungsobjekt diente hauptsächlich ein großer Kristall lichten Glimmers, der rechtwinklig zur Gesteinsoberfläche zwischen zwei Feldspäte eingeklemmt lag, aber die Kluft zwischen ihnen, die sich nach außen erweiterte, nur innen ganz ausfüllte. An seinem fein gerieften, mit einzelnen Thallusschüppchen bewachsenen Außenrande war mit 66facher Vergrößerung von Aufblätterung nichts zu sehen. Dieser etwa 1 mm dicke Kristall hat beim Spalten etwa 40 dünne Blättchen ergeben, von denen keins ohne Hyphen oder Sphäroidzellen war.

Hyphen treten dreierlei auf: in der Nähe des Randes sind sie dickwandig, farblos, verlaufen oft zickzackartig, sind sehr reichlich verzweigt und netzartig anastomosiert, 3 μ dick und drei bis viermal länger. Weiter einwärts gehen sie in sehr zarte, ganz dünnwandige, wenig verzweigte Fäden über, deren Dicke 1 μ nicht übersteigt. Scheidewände sind in ihnen kaum bemerkbar, außer an der Ursprungsstätte mancher Äste. Infolge spärlicher Anastomosen sind sie zu einem weitmaschigen Netz verbunden, während die erste Hyphenart stellenweis zu breiten Strängen oder fächerartig ausgebreiteten, von einzelnen Lücken unterbrochenen Zellplatten verwächst. Wesentlich verschieden von ihnen sind braun gefärbte,

dickwandige Hyphen von wenigstens 6 μ Dicke, die zu einem echten Paraplektenchym verbunden sind. In diesem treten aber einzelne, aus langgestrekten, besonders dunkelgefärbten Elementen bestehende Zellenzüge deutlich hervor, die teils parallel, teils rechtwinklig zueinander verlaufen. Die Lücken zwischen ihnen sind mit unregelmäßig gestalteten, aber mehr isodiametrischen Zellen ausgefüllt, deren bemerkenswerteste Eigentümlichkeit knötchenartige Verdickungen oder radial verlaufende Leisten der Seitenwände sind. Diese stets einschichtigen Zellplatten sind merkwürdigerweise nesterartig voneinander isoliert in den Glimmerblättchen verstreut. Von ihnen laufen peripherische Hyphen aus, die farblos sind und denen der ersten Art gleichen. Der vollständige Mangel an Inhalt beweist, daß die braunen Zellen völlig abgestorben sind.

Endlich waren die Glimmerblättchen fast alle mit Sphäroidzellen in verschiedener Größe und Vereinigungsweise besetzt. Einzel- und Doppelkugeln, Gruppen von drei, vier bis vielen, im letzteren Falle reihenweise (Taf. I, Fig. 8), trauben- (Taf. I, Fig. 9) oder plattenartig vereinigt, so findet man sie von 3 bis ausnahmsweise sogor 12 μ Durchmesser. Sind sie kettenartig angeordnet, in einem Falle bis zu 16 in einer Reihe, so sind sie durch bloße Anschwellung der Einzelzellen einer einst dünnen Hyphe entstanden, oder hängen sie wie einzelne Beeren seitlich an dem Zellfaden, so stellen sie die kugelförmige Erweiterung kurzer Seitenäste dar. Sogar Zellgruppen von überraschender Ähnlichkeit mit sprossender Hefe können auf diese Weise entstehen. — Unterbleibt das Längswachstum, tritt dagegen vielfache Zweigbildung ein und endlich Anschwellung jeder einzelnen Zelle, so entstehen traubenartige Gruppen, deren Zellen aber flächenartig in einer Schicht ausgebreitet sind. Die vielzelligen Trauben besitzen sehr kleine Kugeln, die wenigzelligen große. — Selten sind die Sphäroidzellen zu pseudoparenchymatischen Zellplatten von nennenswerter Ausdehnung, z. B. 100 μ Länge und 80 μ Breite verwachsen. Nimmt man den Durchmesser der Einzelzelle zu 8 μ an, so würde die Zahl der Zellen in einer solchen Platte 120 bis 160 betragen können. In ihren rundlichen Umrissen, öfters auch in kleinen Interzellularräumen da, wo drei oder vier zusammenstoßen, lassen sie die ursprüngliche Kugelform auch in der engen Vereinigung zu einer Zellplatte noch deutlich erkennen.

Ihr Inhalt wurde mit Alkannatinktur (halb Wasser, halb Alkohol) und mit Jodlösung (50 ccm Wasser, 1 g KJ, 0,3 g J) ge-

prüft, ausnahmsweise auch mit Millons Reagens. Dabei hat sich ergeben, daß die kleinen jugendlichen Zellen völlig fettfrei waren, die mittleren und großen aber öfters innerhalb eines durch Jod gelb werdenden protoplasmatischen Inhaltes ein kleines Öltröpfchen führten. In manchen Zellen stieg die Zahl der Tröpfchen bis auf vier, in anderen fehlten sie gänzlich, ausnahmsweise übertraf das Fett an Menge den eiweißartigen Inhalt. Auch abgestorbene leere Zellen mit kollabierten, scheinbar verdickten Wänden waren vorhanden, einige von ihnen wie durch einen Druck maulartig aufgesprungen, ähnlich entleerten Farnsporangien. Letzterer Umstand ist nicht ohne Bedeutung, weil er beweist, daß die betreffenden Zellen nahezu kugelförmig gewesen sind. Andere Umstände weisen darauf hin, daß wenigstens bei den ältesten und größten die Form die einer plattgedrückten Kugel ist, besonders die Beobachtung, daß bei vorsichtiger Senkung des Tubus alle Einzelheiten, wie Scheidewände und Öltropfen gleich deutlich sichtbar werden, als ob alles in einer Ebene läge.

Außerhalb des Glimmerkristalls findet man dagegen besonders große Kugelzellen, die erstens völlig mit Öl erfüllt, zuweilen infolge ihrer Fähigkeit, sich ungehindert auszubreiten, genau kugelförmig sind. Zwischen den Glimmerblättern sind nur die kleineren kugelförmig, während die größeren von der Kugelgestalt mehr oder weniger abweichen, mehr einem Abplattungssphäroid gleichen und als Diskoidzellen bezeichnet werden könnten, wenn das Bedürfnis nach einer neuen Bezeichnung vorläge. Vor allem aber unterscheiden sie sich von den Sphäroidzellen der Kalkflechten durch ihren gemischten Inhalt: sie sind Öl-Eiweißzellen.

Aspicilia gibbosa (Ach.) Kbr.

Grobkörniger, schon gelockerter Granit vom Hirschberg und grobkörniger, aber noch frischer vom Kapellenberg bei Schönberg.

Die Flechte bedeckt das Gestein mit einer dicken schwarzen gefelderten Kruste und ist eines der schönsten Beispiele für fettführende Kieselflechten.

In allen senkrecht zur Oberfläche gerichteten Glimmerkristallen, und unter ihnen kamen solche von 9 mm Tiefenerstreckung zur Untersuchung, war das Rhizoidengewebe nur 0,5 bis 1 mm weit vorgedrungen. Ein länglicher Kristall von 2 mm Breite und 5 mm Tiefe war von den beiden gegenüberliegenden Längsseiten her etwas oberhalb der Mitte seiner Längsachse durch Orthoklaskristalle

taillenartig eingeschnürt. Innerhalb dieser Einschnürung war nicht die geringste Andeutung von Flechtenteilen zu finden, der äußere, ungefähr 1 mm tiefe Abschnitt war ganz erfüllt von ihnen, so daß er mit bloßem Auge betrachtet kreideähnlich weiß aussah.

Die Hyphen sind fast stets zu paraplektenchymatischen, manchmal lückenlosen einschichtigen Zellflächen (Taf. I, Fig. 3) verwachsen, in denen jede Zelle mit einem Öltropfen gänzlich erfüllt ist. Am Rande sind die Zellplatten entweder in Einzelhyphen mit borstenförmiger Endzelle aufgelöst oder zu einem großmaschigen Netze mit bogenförmigem Verlauf der Zellfäden aufgelockert. Solcher Hyphenbögen waren in einem Falle (V. M. Fig. 10) sechs Reihen übereinander ungefähr konzentrisch angeordnet, die innersten, d. h. die der Zellplatte nächsten schon mit stark erweiterten fetterfüllten Zellen, die äußeren aus zarten, dünnen und langgestreckten fettfreien zusammengesetzt. Die peripherischen Bögen sind noch durch sehr große Lücken voneinander getrennt, wogegen erstere schon fast zum Paraplektenchym geworden sind. Endlich entspringen von den äußersten auch wieder einzelne Borstenhyphen.

Um eine ungefähre Vorstellung von der Menge der Oltropfen zu geben, die auf kleinem Raume beisammen sein können, erwähne ich, daß ein 1 qmm großes Stück des oben erwähnten kreideweißen Glimmers aus der äußeren Hälfte des taillenartig eingeschnürten Kristalls auf dieser Fläche im Minimum 18000 Zellen mit je einer Olkugel von 4—6 μ Durchmesser enthält. Diese Schätzung erfolgte mittels eines Okularmikrometers mit netzförmiger Teilung (eine quadratische Fläche von 5 mm Seitenlänge durch sich rechtwinklig kreuzende Linien in 100 kleinere Quadrate geteilt). Eine andere aus einem etwas feinkörnigeren Granit stammende Ölkugelplatte bestand im Minimum aus 5000, im Maximum aus 6250 Zellen, fast jede mit einem Fettropfen von 8 μ, bei länglichrunder Gestalt von 5 : 10 μ Durchmesser, während die ganze Zellplatte 0,6 · 0,8 mm Flächeninhalt besaß.

In jugendlichen Ölzellplatten enthält jede Zelle zahlreiche kleine Fettröpfchen (Taf. I, Fig. 4), ihre Wände sind noch dünn, der Übergang in das bogenförmige Randnetz, die Entstehung aus diesem ist unverkennbar. In älteren sind die Zellwände oft doppelt, an manchen Eckpunkten sogar dreifach konturiert (V. M. Fig. 9); ihr Rand ist gelappt und läuft weder in ein Bogennetz zarter Hyphen noch in borstenförmige Zellen aus.

In Kristallen, die an der Oberfläche liegen und parallel zu dieser gerichtet sind, dringen die Zellplatten nicht nur 0,5 mm tief ein, sondern ihre Ausbreitung hängt, wie es scheint, ausschließlich von der Ausbreitung des Glimmerblattes selbst ab; sicher habe ich sie 1,5 bis 2 mm vom Rand desselben entfernt noch nachweisen können.

Rhizocarpon geographicum (L.) DC.

Der untersuchte Granit stammte teils von Bärental im Schwarzwalde, teils vom Kapellenberg bei Schönberg. Jener enthielt rötlichen Orthoklas und war arm an beiden Glimmerarten, dieser grobkörnig und reicher an lichtem als an dunklem Glimmer. Der mikroskopische Befund war im wesentlichen der gleiche, insofern dieselben drei Elemente auftraten: Protothallushyphen, zartes Netz- oder etwas derberes Stranggewebe und unter günstigen Umständen, d. h. in oberflächlich und parallel gelegenen Glimmerkristallen auch noch Gonidien. Gemeinsam ist ihnen außerdem der Reichtum an diesen Flechtenbestandteilen und die Tiefe, bis zu welcher sie in die Kristalle eingedrungen sind. Dagegen habe ich im Bärentaler Granit fettführende Zellen vergeblich gesucht, was aus der Glimmerarmut desselben leicht erklärlich ist.

I, 1. Von rechtwinklig gelagerten Kristallen aus Schwarzwälder Granit war einer 2 qmm groß und auf zweien von den fünf Blättchen, in die er zerlegt worden war, über und über mit Hyphensträngen bewachsen. Beim Spalten war ein Teil dieses Hyphenstrangnetzes an dem einen Blättchen, der Rest am zweiten haften geblieben, die, übereinandergelegt, sich zum vollen Netz ergänzten. Bei gesonderter Betrachtung der beiden Blätter waren an den Abrißstellen die Atzungsspuren der abgerissenen Strangstücke stellenweise deutlich zu verfolgen.

I, 2. In einem anderen Glimmerkristall, der mit einem nur 1 mm breiten, stielartigen Fortsatz an den Thallus heran- und mit zwei löffelartigen Verbreiterungen von je 4 mm Länge ins Innere des Gesteins hinabreichte, hatten sich Hpyhen durch den schmalen Stiel in Form mehrerer Paraplektenchymplatten bis 200 μ, eine von ihnen sogar 3 mm weit in dem oberen löffelartigen Fortsatz ausgebreitet. Die größte derselben war fast lückenlos und von völlig gleichförmiger Beschaffenheit. Die anderen bestanden aus den schon früher beschriebenen strangartigen Zellzügen (Zellen 5—6 μ breit, 14—17 μ lang), deren kleinere Lücken mit einem aus iso-

diametrischen Zellen bestehenden Gewebe erfüllt sind, während sich in den größeren ein dünnfädiges Zellnetz ausbreitet (V. M. Fig. 3) von derselben Beschaffenheit wie das, welches vom inneren Rande der Paraplektenchymplatten bis zum Grunde des verbreiterten Glimmerblattes, also bis in 4 mm Tiefe hinabreicht, ja hier sogar noch durch einen schmalen Verbindungsgang in die zweite Verbreiterung des Kristalls übertritt. Allerdings sind die hier verlaufenden Hyphen äußerst zart, nur 1 μ dick, ungegliedert oder sehr langgliedrig, gerade gestreckt, mit wenig kurzen Seitenzweigen versehen und fast ohne Anastomosen; nur selten kommt es bei parallel verlaufenden Fäden vor, daß sie an einzelnen Punkten miteinander verschmelzen, um sich gleich darauf wieder zu trennen (Taf. II, Fig. 19).

II. Das Verhalten der Flechte zu oberflächlich und parallel zur Thallusausbreitung gerichteten Glimmerkristallen habe ich an Schönberger grobkörnigem Granit verfolgt und dabei gefunden, daß diese auch noch von Protothallushyphen und Gonidien bewohnt werden, sowie reich an fettführenden Zellen sind: Ein etwa 15 qmm großer, fast quadratisch gestalteter Kristall, der an drei Seiten von einem erhöhten Rande anderer Mineralien überwallt, an der vierten Seite frei endigte und hier treppenartig abgestuft war, zeigte schon mit unbewaffnetem Auge betrachtet einen etwa 1 mm breiten, ganz dunkelgrünen, fast schwarzen, hierauf einen 2—3 mm breiten hellgünen Saum. Unter dem Mikroskop erwies sich der erstere aus den perlschnurartigen grünschwarzen oder braunen dickwandigen, wurzelartig verzweigten Hyphen zusammengesetzt (V. M. Fig. 1), die als Protothallus von *Rhizocarpon geographicum* bezeichnet werden und bei Lupenbetrachtung besonders deutlich in der Umgebung erster, einziger Lagerfelder zu sehen sind, wo sie sich in strahlenförmiger Anordnung auf Quarz oder Orthoklas ausbreiten. Hier, in unserem Falle haben sie sich nicht auf der Oberfläche des glatten Kristalls ausgebreitet, sondern sind in ihn hineingewachsen und konnten auf allen fünf Blättern, in welche er zerlegt worden war, nachgewiesen werden, auf der ersten Spaltungsfläche bis zu 1,5 mm Randabstand, auf dem letzten und tiefsten bis in 0,4 mm. Auf den ersten vier Spaltungsflächen sind die älteren und dickeren Hyphen torulös, die dünneren, folglich auch die Enden und Zweigspitzen der älteren nicht rosenkranz- sondern rein fadenförmig. Jene sind so dunkelgrün gefärbt, daß die Zellstruktur nur schwierig zu erkennen ist, diese heller, jene sind in der Zahl von acht bis

zehn zu Strängen verwachsen, von denen die breitesten über 40 μ Durchmesser besaßen. Auch auf dem fünften Blatt sind sie noch zu 10—12 μ breiten Strängen vereinigt, aber nie mehr als drei Fäden. — Vier von den fünf Glimmerblättchen enthielten auch Gonidien, das dritte und vierte bloß am Rande, die ersten beiden außerdem noch bis in die äußerste peripherische Zone, also bis in 1,5 mm Randabstand. Hier bildeten die Algenkugeln aber nur rundliche Nester von 40, 80 und höchstens 150 μ Durchmesser und waren auf dem ersten Blatt mit hellgrünen, auf dem zweiten einige mit braunen Hyphen in Kontakt, meist aber von farblosen Fäden umsponnen. — Die eben erwähnte braune Hyphe war besonders in der Nähe des Glimmerrandes stark torulös (Zellen 4—5 μ lang, 6—8 μ dick) und auf den ersten vier Spaltungsflächen zu bemerken. Von der dunkelgrünen Protothallushyphe unterscheidet sie sich hauptsächlich durch ihren unregelmäßigen Verlauf in Windungen, unabhängig von den strahlenförmig angeordneten grünen Hyphen, durch ihr spärliches Auftreten und ihre mäßige Verzweigung. Die Zweige sind meist kurz, zum Teil sogar einzellig und stehen in der Regel in einem rechten Winkel vom Stamm ab. Die einzelligen runden sich genau kugelförmig ab und lösen sich schließlich vom Mutterfaden oder bleiben nur in ganz lockerer Verbindung mit ihm. Ein Strang aus zwei grünen Hyphen, die zwischen sich eine braune einschließen und über 150 μ weit miteinander vereinigt bleiben, um sich dann wieder zu trennen, stellt wohl nur eine zufällige Verschmelzung zweier fremder Elemente dar. Denn die durchaus abweichende Beschaffenheit der betreffenden Hyphenart legt die Vermutung nahe, daß sie einem auf der Flechte schmarotzenden Pilz angehört, von dem Fruktifikationen zu finden ich mich leider vergeblich bemüht habe, wogegen seine Hyphen sogar auf ganz jugendlichen Thallusanlagen desselben Granitstücks nachgewiesen werden konnten.

Die zweite Zone des in Rede stehenden Glimmerkristalls verdankt ihre hellgrüne Farbe teils den äußersten Enden der grünen Protothallusfäden, teils und hauptsächlich den Gonidien. Letztere sind entweder zu Platten oder nur nesterartig vereinigt und meistenteils von zarten, farblosen Hyphen umsponnen, welche auch Lücken zwischen den Nestern netzartig ausfüllen. Der Durchmesser der Gonidiengruppen schwankt zwischen 20 und 90 μ.

Die mit bloßem Auge nicht mehr wahrnehmbare Zone wird nur von den zarten, farblosen, zu einem weitmaschigen Netz ver-

bundenen Hyphen gebildet. Besonders auffällig ist an diesem der Innenrand, weil er aus mehreren Reihen kleiner und großer Bögen besteht, ähnlich wie bei *Aspicilia gibbosa* (Ach.) beschrieben wurde, nur daß sie hier viel stärker vorgewölbt, fast kreis-, manchmal sogar ei- bis birnenförmig sind. Daß auch diese zarten Fäden bei parallelem Verlauf strangartige Anastomosen bilden können, zeigt die bei 520facher Vergrößerung gezeichnete Fig. 19 (Taf. II).

In der soeben beschriebenen äußersten Rhizoidenzone habe ich keine Ölzellen bemerkt, wohl aber treten sie in der hellgrünen Gonidienzone auf, entweder in Gruppen von zwei bis drei hintereinander, jede einzelne im Durchmesser 6—8 μ haltend (Taf. I, Fig. 6) oder zu Ölhyphen vereinigt, die ein engmaschiges Netz bilden (Taf. I, Fig. 7). Diese stellen einen fortgeschritteneren Zustand von jenen dar und finden sich auch in geringerem Randabstand; zuletzt können sie zu fast lückenlosen Zellplatten von 240 und mehr μ Längsausdehnung verwachsen. Nach 12- bis 24stündigem Liegen in Alkannatinktur war der Inhalt dieser Zellen stets intensiv rot gefärbt, während sich die Gonidien nicht verändert hatten. Ihre Weite betrug 7 : 10 μ bis 8,5 : 10 μ bei den länglichrunden, 7,5 bis 8,5 μ bei den kugelrunden.

Auf dem vierten und fünften Glimmerblättchen trat noch eine neue eigentümliche Gewebeform auf. Sie besteht zuerst aus traubenförmig angeordneten, äußerst kleinen polyedrischen Zellen von nicht mehr als 2—3 μ Durchmesser und aus Zellfäden von 1 bis höchstens 1,5 μ Dicke (Taf. II, Fig. 21), die allesamt mit einem eiweißartigen Stoff erfüllt sind; denn von Alkanna wird er nicht, von Jodlösung gelb gefärbt. Durch Teilung und Vermehrung wachsen die traubenförmigen Gebilde schließlich zu lückenlosen Zellplatten heran (Taf. II, Fig. 20), die aus denselben Elementen von gleichen Dimensionen zusammengesetzt sind. Sie stellen möglicherweise Jugendzustände des früher beschriebenen, von Hyphensträngen durchzogenen Paraplektenchyms dar, oder es sind Teile eines fremden Organismus oder endlich Gonidiengruppen mit ganz blassem Chlorophyll. Was später aus ihnen wird, ob sie nach vollendetem Wachstum inhaltsleer sind, ob ihr Protoplasma durch Fett ersetzt wird, hat nicht ermittelt werden können.

Noch zahlreiche andere Glimmerkristalle aus Schönberger Granit, der teils von Felsblöcken abgeschlagen worden war, teils aus flechtenbewachsenen Lesesteinen bestand, wurden untersucht, die meisten nur auf einer oder einigen Spaltungsflächen, mehrere aber

auch unter systematischer Zerlegung in ganze Serien von 6 bis 15 aufeinander folgenden Blättchen. Der Erfolg war überall derselbe: die horizontal gelagerten Kristalle waren zum Teil von den verschiedenen Flechtenbestandteilen völlig durchseucht, unter den senkrechten waren einige ganz frei, die meisten aber wenigstens bis zu einer gewissen Tiefe mit Hyphen bedeckt.

III. Ein sehr feinkörniger Granit, dessen Fundort nicht ermittelt werden konnte, der aber wahrscheinlich aus dem Böhmerwald stammt und fast auf seiner ganzen Oberfläche mit *Rhizocarpon geographicum* bewachsen war, schien nach flüchtiger Untersuchung in seinen senkrechten Glimmerkristallen keine Hyphen zu führen; oberflächlich und horizontal gelagerte waren auf ihm überhaupt nicht zu finden.

Acarospora discreta (Ach.) Th. Fr.

Mittelkörniger Granit von Schönberg mit ungefähr gleich viel hellem wie dunklem Glimmer.

I. Von einem Kristall lichten Glimmers, der an der Bruchfläche des Granits glänzte, bis an den Thallus heranreichte und senkrecht zur Thallusausbreitung gerichtet war, wurde ein dünnes Blatt abgelöst und in zwei dünnere Blättchen gespalten, die größtenteils hell und durchsichtig, an ihrem nach außen gewendeten Rande aber weißlich trübe aussahen. Hier bestand der Rhizoidenteil der Flechte aus ölführenden, zu einschichtigen Zellplatten verwachsenen Sphäroidzellen von überraschend großer Zahl, wie man sie auf engem Raum beisammen wohl bei keiner Kalkflechte zu finden imstande ist.

Am Außenrande des ersten Blättchens treten zunächst braune, langgliedrige, nicht torulöse Hyphen auf, die etwa 4 μ dick und bis 20 μ lang sind, in größerem Abstand vom Rand immer heller und dünner, zuletzt farblos werden und dann mit den gewöhnlichen zarten Hyphen völlig übereinstimmen. Diese sind zu bandartigen Strängen von ziemlicher Breite verwachsen; Bänder von 10 bis 20, sogar 20 und mehr parallel und dicht aneinander gelagerten Hyphen sind nicht selten. Zwischen ihnen bleiben aber Lücken, die mit einem echten Paraplektenchym erfüllt sind; die Zellen dieses Gewebes führen Öl. Die Fettzellennester sind, wie das der Strangnatur des fädigen Gewebes entspricht, lanzettlich oder breit augenförmig, selten kreisrund, ersteres, wo das Stranggewebe, letzteres wo das Paraplektenchym vorwiegt. Ihr kleinster und größter

Durchmesser beträgt, um einige Beispiele anzuführen, 12 : 60, 32 : 60, 24 : 80, 40 : 120, bei den größeren 150 : 160 und 60 : 240 μ. Die ganze Gewebeplatte, an der diese Einzelheiten beobachtet worden sind, hatte 1200 : 800 μ = 960000 μ^2 Flächeninhalt. Rechnet man davon die Hälfte auf Stranggewebe, die andere Hälfte auf Sphäroidzellen, so kommen 480000 μ^2 auf letztere. Ist nun der Durchmesser einer solchen Zelle 9 μ, so beträgt ihr Flächeninhalt rund 80 μ^2, was 6000 Ölzellen ergeben würde. Zur Gegenprobe habe ich die Gewebeplatte mit dem Quadratmikrometer gemessen: sie war in 24 große Quadrate, jedes zu 100 kleinen, zerlegbar. Durchschnittlich kommen auf jedes kleine Quadrat 5 Sphäroidzellen, das macht im ganzen 12000. Da aber nur die Hälfte des Ganzen aus Kugelzellen besteht, würden 6000 am Rande dieses Glimmerblattes vereinigt sein. —

Die Alkannatinktur dringt nur schwer durch die Zellwände, weshalb der Inhalt längere Zeit ungefärbt bleibt. Aber ausgetretene Tropfen werden sofort gerötet, ebenso der durch Druck auf das Deckglas herausgepreßte, zu kleinen Kugeln abgerundete Inhalt (Taf. I, Fig. 2).

Auf dem zweiten Blättchen war das Gewebe durch zwei tiefe Einschnitte in drei ungleiche Lappen geteilt, von denen der mittlere der kleinste war, etwa 90 kleine Quadrate maß und zur Hälfte aus Stranggewebe bestand, also nur 225 Sphäroidzellen besaß. Der eine von den seitlichen Lappen entbehrte des Stranggewebes gänzlich, war 700 kleine Quadrate groß, bestand demnach aus 3500 Ölzellen, während der zweite bei einem Flächeninhalt von 850 Quadraten, wovon ein Viertel Stranggewebe war, rund 3000 führte.

Das sind im ganzen 12725 Ölzellen am Rande zweier Blättchen eines kleinen Glimmerkristalls eng miteinander vereinigt.

II. Von einem auf der Oberfläche gelegenen und parallel zur Thallusausbreitung gerichteten Kristall wurden fünf feinere Blättchen hergestellt und untersucht. Eins von ihnen, das sich durch seine graue Farbe und geringe Durchsichtigkeit auszeichnete, war auf seiner ganzen Oberfläche dicht mit Hyphengewebe bedeckt. Bis zu einem Randabstand von 200 μ war es sehr fetthaltig, auf eine Breite von 300 μ sogar zu einem, wenn auch lückenvollen Kugelgewebe, d. h. ölführenden Paraplektenchym umgestaltet. Rechts und links davon waren die Hyphen mit reihenweise angeordneten kleinen Öltröpfchen von nur 2, selten 3—4 μ Durchmesser erfüllt.

Also treten hier echte Ölhyphen auf, die um die größeren Tröpfchen herum auch etwas ausgebaucht sind, ganz wie bei den Kalkflechten (Taf. I, Fig. 1). — Dann folgt eine graue Schicht von zarten Hyphen, die parallel zueinander unter sich zu vielfädigen Strängen vereinigt sind, während diese, nach den verschiedensten Richtungen verlaufend, einen hier und da von größeren Lücken unterbrochenen Filz bilden. Der Durchmesser dieser Hyphen beträgt nur 2 μ, ihr Inhalt ist gleichmäßig hell; andere sind etwas dicker und zeigen im Inhalt stärker lichtbrechende Pünktchen, wahrscheinlich auch Öltröpfchen.

Das zweite Blättchen besaß keine Hyphen oder sonstige Flechtenbestandteile, das dritte aber bis zu 350 μ Randabstand farblose, wenig verzweigte und anastomosierte Einzelhyphen von 3—4 μ Durchmesser, die in 6—8 μ lange Zellen deutlich gegliedert waren und kein Fett führten. Die Lücken dieses weitmaschigen Hyphennetzes waren durch grünliche Algenzellen von länglicher Form und 2 : 4 μ Durchmesser meist ganz erfüllt. Das vierte Blättchen enthielt die gleichen Bestandteile bis zu 600 μ Randabstand, aber das Hyphennetz war viel dichter, kleinmaschiger, weil die Hyphen reichlicher verzweigt und anastomosiert waren; außerdem zeigten sich die Hyphen in unmittelbarer Nähe des Randes braun gefärbt und waren etwas dicker als die farblosen, aber in Gestalt und Verlauf ihnen völlig gleich. — Das fünfte Blättchen war wieder frei von Flechtenbestandteilen.

III. Ein kleiner, senkrecht zur Thallusausbreitung gerichteter Glimmerkristall von ungefähr 1 qmm Flächeninhalt wurde aus der Bruchfläche des Granitstückes herausgehoben und in fünf Blättchen zerlegt, von denen nur 2 Hyphen und zugleich Gonidien führten. Jene waren durchweg braun, dickwandig und stellenweise in ein ölführendes, aber ebenfalls braunwandiges Paraplektenchym umgewandelt. In der inneren zu einer strahlig-kristallinischen chloritischen Masse umgewandelten Hälfte des Kristalls waren, vielleicht nur infolge ihrer Undurchsichtigkeit, keinerlei Flechtenteile wahrnehmbar.

Pertusaria corallina (L.) Kbr.

Granit von Bergen bei Falkenstein, Neuengrün bei Schönberg und Wildstein im nördlichen Böhmen.

Die Flechte überzieht das Gestein in einer grob gefelderten, hellgrauen Schicht, die aus zahllosen, dicht beisammen stehenden

Isidien besteht. Nur hier und da ragt ein Quarzkorn über den Thallus nackt und frei empor oder liegt unbedeckt zwischen den gleich hohen, wenn nicht noch etwas höheren Thallusfeldern. Das könnte seinen Grund darin haben, daß *Pertusaria corallina* den Quarz noch weniger angreift als andere Flechten, bei denen die Erscheinung nicht so augenfällig ist, oder auch darin, daß sie die beiden anderen Bestandteile, nicht bloß den Glimmer stärker durch- und zersetzt als viele andere Arten und sich infolgedessen tiefer in den Granit einfrißt, wobei die Quarzkörner, wenigstens zum Teil und besonders die größeren, verschont bleiben. Gleichzeitig wächst der Thallus wegen seiner Isidienbildung stärker in die Dicke und überragt deshalb zuletzt die Quarzkristalle, die ursprünglich über ihn hervorsahen.

Wie leicht der Glimmer angegriffen wird, geht daraus hervor, daß man niemals oberflächlich und parallel zur Thallusausbreitung gelagerte Kristalle antrifft, und daß die senkrecht gelagerten nur schwer erkennbar sind und mit der Lupe aufgesucht werden müssen, weil sie ihren Glanz völlig verloren haben, kreideartig und undurchsichtig geworden sind. Auch auf den Bruchflächen der Granitstücke sind frische, glänzende Glimmerkristalle seltener und nur in jüngeren Thalli zu finden. Ältere Lager von 12—15 cm Durchmesser, die darum auch dicker sind, führen immer nur völlig zersetzte, kreideweiß aussehende Glimmerkristalle, die allerdings ein inneres, unversehrtes oder weniger durchsetztes und darum noch glänzendes Ende haben können, wenn sie durch die unter dem Thallus befindliche tonartig lockere Masse hindurch bis zu dem noch festen, ungelockerten Granit reichen. Jene eigentümliche, erdige, weiße, zwischen Thallus und Fels eingeschobene Schicht ist meist nur 1 mm dick und so weich, daß sie sich mit dem Skalpell ritzen, schaben und schneiden läßt. Glüht man eine kleine Probe auf dem Platinblech, so erfolgt ein kurzes Aufflammen, von der Verbrennung der beigemengten organischen Substanz herrührend, hierauf eine vorübergehende Schwärzung von der verkohlten Hyphenmasse, und zuletzt bleibt ein weißer, dem Volumen nach nicht sichtlich verminderter, feinerdiger Rückstand übrig, der seinen reichlichen Gehalt an Tonerde durch die blaue Färbung zu erkennen gibt, die er beim Glühen mit Kobaltnitrat vor der Gebläseflamme annimmt. Nach alledem ist die weiße Substanz durch starke Zersetzung des Glimmers, schwächere des Orthoklas unter hervorragender Mitwirkung der Flechtenhyphen entstandener und mit

Quarzkörnern vermischter Ton. Nicht überall hat er diese gleichmäßige Beschaffenheit, sondern ist an manchen Punkten feinblättrig, an anderen von einzelnen Körnchen unterbrochen, welche dem Messer mehr Widerstand entgegensetzen; erstere sind zersetzter Glimmer, letztere noch nicht ganz kaolinisierter Orthoklas. Die tonartige Schicht unterhalb des Flechtenthallus fehlt ganz oder ist nur schwach entwickelt an dem Granit von Bergen mit wenig Glimmer und vorherrschendem Quarz, stärker an dem grobkörnigen Granit mit viel lichtem Glimmer und wenig Quarz von Blöcken, die am Weg von Voitersreuth nach Wildstein liegen, noch reichlicher an dem ganz besonders glimmerreichen und quarzarmen Granit von einer Feldmauer zwischen Schönberg und Ottengrün. An beiden letztgenannten Orten zeigt sich noch die eigentümliche Erscheinung, daß sich der Granit sozusagen „schält“, d. h. sich in $^1/_2$ bis 1 cm dicken, handflächengroßen mit genannter Flechte bewachsenen Stücken von dem Fels ablöst, so daß man nur mit dem Messer darunter zu fahren braucht, um sie gänzlich von ihrer Unterlage zu trennen. Zur Hälfte ihrer Dicke bestehen diese Platten aus, äußerlich betrachtet, unversehrtem Granit, in dem die drei Bestandteile desselben noch deutlich erkennbar sind; dann folgt von innen nach außen die tonähnliche Schicht, endlich der, wenn man die Isidien mitrechnet, zwei- bis dreimal dickere Thallus.

Die mikroskopische Untersuchung umfaßte Glimmerkristalle aus der Thallus-, der tonartigen und der Granitschicht.

Im Bergener Granit (I), dem die tonähnliche Schicht fehlt, konnten Kristalle nur dem Querbruch zerschlagener Gesteinsstücke entnommen werden, in den „Schälplatten“ (II) von Ottengrün und Wildstein war es möglich, sie von der Rückseite des Thallus her sowohl aus der Granit- als auch aus der Tonschicht heraus zu präparieren.

I, 1. In einem Falle konnte sogar ein schief aus dem Thallus herausragender, also halb oberflächlich, wenn auch nicht parallel zur Thallusausbreitung gelagerter Kristall untersucht werden. Er zeigte zweierlei Hyphen, a. die zarten, dünnwandigen, farblosen, die reich verzweigt und zu einem Netz anastomosiert waren, und b. die perlschnurartigen, dick- und braunwandigen, die sich nie weit vom Rand des Glimmerblattes entfernen.

I, 2. Ein dem Querbruch entnommener, zur Thallusausbreitung genau senkrecht gelagerter Kristall wurde in zwei Platten zerlegt, von diesen die eine in zwei, die andere in drei noch dünnere

Blättchen zerspalten. Alle waren von zarten Hyphen durchzogen, am Rande so reichlich, daß sie eine zusammenhängende, fast lückenlose Hyphenplatte bildeten, in welche drei- und vierzellige Gonidiengruppen eingebettet waren. Der ziemlich langgestreckte Kristall zieht sich von der Gesteinsoberfläche mehr zurück und ist weiterhin durch eine 1 mm dicke Orthoklasmasse vom Thallus getrennt. Die dritte abgespaltene Platte stammte schon von dieser Stelle und zeigte nach ihrer Zerlegung in vier Blättchen keine Spur von Hyphen. Noch ein viertes und in sieben Blättchen zerlegtes Glimmerblatt erwies sich auch als hyphenlos, woraus folgt, daß unzersetzter Orthoklas für Flechtenhyphen undurchdringlich ist.

I, 3. Ein etwa 4 : 4 mm messender Glimmerkristall, der einer anderen Bruchfläche desselben Granistücks entnommen worden war, reichte in seiner ganzen Breite bis an den Thallus. Zwei Blätter, von denen jedes wieder in zwei dünnere zerlegt worden war, enthielten ohne Ausnahme bedeutende Hyphenausbreitungen von netzartiger Form, die aber von einzelnen und zu Strängen verwachsenen weiteren Zellfäden durchsetzt waren. Eins der Blätter war glücklicherweise gerade so gespalten, daß das Hyphennetz an einem der Blättchen haften geblieben war, vom anderen sich losgerissen hatte. Letzteres zeigte nun von der Spaltseite betrachtet einen deutlichen Abdruck des Hyphennetzes, ein Beweis, daß die Hyphen nicht nur mechanisch zwischen zwei Glimmerblätter eindringen, sondern sich chemisch in die Glimmersubstanz einfressen.

II, 2. Aus Wildsteiner Granit, einer „Schälplatte“, wurde ein brauner, bis an die Oberfläche reichender Glimmerkristall heraus präpariert und in dünnere Blättchen zerlegt, die alle ungewöhnlich reich an netzartig verbundenen Hyphen waren. Zwischen manchen auseinander gedrängten Blättern hatte sich sogar ein so dickes Hyphengeflecht gebildet, daß es in gewissen Einzelheiten bei auffallendem Licht besser zu erkennen war, als bei durchfallendem. Die strangartig vereinigten, kräftigen Hyphen zeigten dann einen Verlauf, der mit dem der Randhyphen des sogenannten Protothallus völlig übereinstimmt. — Auf einem ganz dünnen Spaltblättchen waren außer den starken, bräunlich gefärbten, bis 3 μ dicken und 10 μ langen, aber nicht bauchig aufgetriebenen Zellen auch noch die gewöhnlichen zarten, farblosen Hyphen zu sehen.

II, 1. Derselbe Gegensatz war auch an einem zweiten ebenfalls rechtwinklig gelagerten Kristall aus der tonartigen Masse bemerkbar: die Protothallushyphen waren auch strangartig vereinigt,

aber die zarten zu einem echten Paraplektenchym umgebildet, dessen Zellen 6—8 μ Durchmesser hatten und meist ganz oder wenigstens teilweise entleert waren. Beide Gewebeformen bildeten zusammenhängende Platten mit nach innen gewellten Umrissen.

II, 3. Hierauf wurde ein etwa 10 qmm großes Spaltungsblatt eines aus der Thallus- bis in die Granitschicht reichenden Kristalls in vier kleinere und sechs größere Blättchen zerlegt. Sie waren über und über mit Hyphengewebe von dem gleichen Bau wie im vorigen Kristall bedeckt, nur mit dem Unterschied, daß die Lücken zwischen den Hyphensträngen im größten Randabstand noch nicht ganz mit Paraplektenchym erfüllt, sondern nur von einzelnen zarten Hyphen durchzogen waren, denen aber zahlreiche kleine und einzelne größere Kugeln, auch bisweilen Doppelkugeln von biskuitartiger Form angeheftet waren, und die offenbar als die Anfänge des späteren, die Lücken ganz ausfüllenden Paraplektenchyms angesehen werden müssen. Diese Kugeln führen aber nicht Fett; ölhaltige Sphäroidzellen fehlen der Rhizoidenzone von *Pertusaria corallina* gänzlich.

III. Von einer Ottengrüner Schälplatte wurden drei senkrecht gelagerte Kristalle untersucht, von denen die beiden ersten zum kleineren Teil der tonartigen Schicht eingelagert waren und von ihr bis in die Granitschicht reichten. III, 1. Der erste wurde in vier Blättchen zerlegt, von denen das erste bis 1,6 mm, das zweite bis 0,8, das dritte bis 1,0 mm Randabstand mit Flechtenbestandteilen bedeckt war. Gonidien fehlten, aber die Hyphen waren um so reichlicher vertreten, sowohl strangartig verwachsene, als auch netzartig anastomosierte, und vor allem das paraplektenchymatische Füllgewebe, dessen 6—8 μ weite, rundliche Zellen ein bis vier Kügelchen eines farblosen Inhalts führten, der von Jodlösung gelb, von Alkanna nicht gefärbt wurde. Der Innenrand des Paraplektenchyms geht in ein 200 μ breites, sehr feinfädiges Hyphennetz über. — Da nun der in Rede stehende Kristall nur 0,6 mm tief in die tonartige Schicht eingebettet war, auf diese Breite hin auch völlig kreideähnliche Beschaffenheit angenommen hatte, gehörte der 0,2 bis 1,0 mm breite Innenteil des gemessenen Hyphengewebes schon der Granitschicht an.

III, 2. Noch auffallender war das an dem nächsten Kristall von 2,8 mm Länge und 2 mm Breite. Er wurde in sechs Blättchen gespalten, welche samt und sonders einen schmalen kreideweißen Außenrand besaßen. Er war bei den vier ersten Blättchen 400,

beim fünften 300, beim letzten 200 μ breit. Der 2,4—2,6 mm breite Rest dieser Blättchen war farblos, glänzend und durchsichtig. — Der weiße Rand enthält bis auf etwa 300 μ Randabstand ein dichtes, filzartiges Gewebe von Hyphen, die teils nach den verschiedensten Richtungen verlaufen, teils, wenigstens auf einem der fünf Glimmerblätter, vorwiegend dem Rande parallel ziehen. Nach innen folgt ein etwa 100 μ breiter Saum von weniger stark verfilzten, mehr netzartig verbundenen Fäden mit vielen Luftbläschen in den Maschen, ein Beweis, daß die Blättchen bis in diese Tiefe gespalten und um einen Bruchteil der Hyphendicke voneinander getrennt sind. Die Ausgangsstelle für die Spaltung ist aber in der 300 μ breiten Randzone zu suchen, wo sich die Hyphen so vermehrt haben, daß das stark undurchsichtige Gewebe auch auf den dünnsten Blättchen aus mehreren Hyphenlagen besteht, wo also ein Dickenwachstum nicht allein der einzelnen Fäden, sondern vielmehr des ganzen Gewebes durch Vermehrung der Hyphen stattgefunden hat. Infolgedessen sind die Glimmerlamellen auseinander gedrängt, die ehemaligen Luftlücken aber durch wuchernde Hyphen längst ausgefüllt worden. — Innerhalb der zweiten, 100 μ breiten Zone folgt die dritte, die glashelle Partie des Kristalls, die ein äußerst zartes Netz feinster Pilzfäden besitzt; sie haben sich, die Glimmersubstanz chemisch auflösend, in sie eingefressen, sind meist nur 1 μ dick, ganz farblos und ohne sichtbare Querwände. Zwischen ihnen verlaufen aber auch einzelne dickere, farblose Hyphen, beide bis auf 700, auf dem fünften Blättchen sogar 1200 μ Randabstand. Letzteres aber hat seinen besonderen Grund: der Kristall besitzt nämlich einen kräftigen Querriß, der etwa 700 μ vom Rand entfernt von einer Längsseite aus bis in die Mitte der Kristallfläche reicht und mit dem Außenrand schwach divergiert. Dieses Eingangstor hat ein aus der Umgebung, der tonartigen Substanz, kommender Pilzfaden benutzt, um von der Seite her in den Glimmer einzudringen. Natürlich mußte sich der Eindringling nach der Seite und in den Raum hinein ausbreiten, welcher von dem anderen Gewebe noch frei gelassen worden war, d. h. von der Eingangspforte vorwiegend nach der gegenüberliegenden Seite und nach innen. Dieser Umstand aber beweist, daß die halb oder ganz zersetzte, schon tonähnlich gewordene Kaolinmasse für Hyphen durchdringlich ist. Hiermit ist auch mikroskopisch nachgewiesen, was die Verkohlungsprobe einer gewissen Menge dieser Masse gezeigt hat, nämlich eine gleichmäßige Schwärzung beim Glühen auf dem Platinblech, folglich auch

eine gleichmäßige Durchsetzung mit Hyphen und überhaupt Flechtenbestandteilen.

III, 3, Ganz ähnliche Verhältnisse fand ich bei einem Kristall, der mit 1 mm seiner Länge in die Kaolinschicht, mit 2 mm in die Granitschicht eingebettet war und in 13 feinere Blättchen zerlegt werden konnte.

III, 4. Ganz anders verhält es sich dagegen mit Glimmerkristallen, die von der Rückseite der Granitschicht einer Schälplatte stammten und nicht bis an die tonartige Schicht heranreichten. Auch diese Kristalle können allerlei Pilzbestandteile, überhaupt pflanzliche Organismen führen, aber von ganz anderer Beschaffenheit als die der oben beschriebenen, so daß ihre Nichtzugehörigkeit zu *Pertusaria corallina* auf den ersten Blick ersichtlich war: z. B. Gruppen hefeartig gestalteter Zellen, ein braunwandiges Parenchym mit Zellen von 16—20 μ Durchmesser. Wie diese Pflanzen hierherkommen, ist leicht zu verstehen, wenn man bedenkt, daß die Schälplatten des mit *Pertusaria corallina* bewachsenen Granits stets etwas konvex und infolge dieser Wölbung in der Mitte geborsten sind. Durch die mehr oder weniger zahlreichen, oft mehrere Millimeter weiten Spalten können fremde, vom Wind angewehte Sporen leicht ins Innere dringen, um in der feuchten Höhle zu keimen. Einen geeigneten Nährboden für ihre Entwicklung finden sie nicht in der von dem kräftig vegetierenden Flechtenthallus eingenommenen äußeren Hälfte der Schälplatte, sondern nur in den Glimmerkristallen an der Innenseite.

Auch bei

Rhizocarpon atroalbum Arn.

konnte eine Kaolinisierung von Orthoklas unterhalb des Thallus bemerkt werden. Der durch Fig. 18 auf Taf. II veranschaulichte, senkrecht zum Flechtenlager gerichtete Kristall maß von *a* nach *b* 5, von *c* nach *d* 6 mm und war vom Außenrande *a c* an gerechnet etwa $^3/_4$ mm tief ungemein reichlich von Hyphen durchsetzt. Ein Blättchen z. B. aus der Ecke *a* von 400 : 600 μ Ausdehnung, das in vier dünnere zerlegt wurde, besaß auf dem zweiten zwar keine Gonidien, aber ein so enges Netz von Hyphen, daß es stellenweise fast einen filzartigen Eindruck machte, an anderen Stellen Sphäroidzellen von 7 : 8,5 μ Weite, an noch anderen ganze Platten solcher zu einem echten Paraplektenchym vereinigt. Am Rande auch dieser Gruppen fehlten die Borstenzellen nicht. — Die Ecke *c* desselben

Kristalls war vom Thallus unmittelbar bedeckt, aber auch nicht mehr von Hyphen durchwuchert als die oben beschriebene, die von einer dünnen Kaolinlage bedeckt war, wobei allerdings unentschieden bleiben muß, ob die letztere von *c* aus besiedelt worden ist, oder ob die Hyphen nachträglich von oben her durch den Kaolin hindurchgedrungen sind, was nach Beobachtungen an *Pertusaria corallina* leicht möglich ist, wogegen in Glimmerkristallen, die von unverwittertem Orthoklas bedeckt sind, nie Hyphen gefunden werden.

Mit gleicher Genauigkeit wie die bisher behandelten Flechten sind auch noch *Lecidea crustulata* Ach., *L. macrocarpa* DC., *Buellia aethalea* Ach. und *Lithoicea chlorotica* Hepp., weniger genau, d. h. nur in ein bis zwei Kristallen *Acarospora fuscata* Th. Fr., *Lecanora badia* Ach., *L. polytropa* (Ehrh.) und *Calicium chlorinum* Kbr. untersucht worden, alle mit dem gleichen Erfolg. Blattflechten, von denen manche, wie *Parmelia olivacea* (L.) Ach., *P. saxatilis* (L.) Fr. u. a. oft über quadratfußgroße Flächen des Granits bedecken, habe ich nicht mit in den Bereich meiner Untersuchungen gezogen, weil man nicht sicher ist, ob der *Parmelia*-Vegetation eine Generation von Krustenflechten vorausgegangen ist. Damit soll nicht behauptet werden, daß diese Reihenfolge immer eingehalten wird; für *P. olivacea* konnte ich nachweisen, daß sie sich sogar auf reinem Quarz ohne Vorgängerin anzusiedeln vermag. Ihr Thallus wird von den Rhizinen wie von kurzen Säulen getragen, deren Fuß wie mit abgeplatteter Saugscheibe der Unterlage anhaftet. Ob sie an dieser nur durch Adhäsion festhängen gleich den Saugscheiben der Ranken von *Ampelopsis hederacea*, oder ob sie auf das Substrat auch chemisch einwirken und wohl gar feine Hyphen in dasselbe hinabsenden, wird sich an Quarz wohl kaum, leichter an Granit feststellen lassen, wenn die eine oder andere der Rhizinen dem Außenrand eines senkrecht gelegenen Glimmerkristalls aufsitzt.

Plauen, den 17. Juni 1906.

Figuren-Erklärung.

Tafel I.

Fig. 1. *Acarospora discreta* (Ach.): Ölhyphen und ölführendes Stranggewebe. 220/1.

Fig. 2. Ölführendes Paraplektenchym, von ebensolchem Prosoplektenchym durchzogen. 220/1.

Fig. 3. *Aspicilia gibbosa* (Ach.): Ölführendes Paraplektenchym; die meisten Zellen mit je einem Öltropfen prall angefüllt. 220/1.

Fig. 4. Ölführendes Paraplektenchym in jugendlicherem Zustande; die meisten Zellen mit vielen kleinen Öltröpfchen. 520/1.

Fig. 5. *Lecidea macrocarpa* (DC.): Ölführende Sphäroidzellen in traubenförmiger Anordnung. 220/1.

Fig. 6. *Rhizocarpon geographicum* DC.: Ölhyphen, jugendlicher Zustand. 220/1.

Fig. 7. Ölhyphen, fortgeschrittener Zustand. 520/1.

Fig. 8. *Sphyridium byssoides* (L.): Hyphe mit eiweißführenden Sphäroidzellen. 520/1.

Fig. 9. Paraplektenchymartige Zellgruppe, eiweißführend. 520/1.

Fig. 10. *Lithoicea chlorotica* (Ach.): Ausschnitt aus der Haftplatte nahe dem Rande; die dunkel gezeichneten Zellen sind braunwandig. Ölführendes Paraplektenchym. 220/1.

Fig. 11. Fransenartige Fortsätze vom Rande derselben Haftplatte. 220/1.

Die Figuren 1, 2, 3, 5, 6, 7 sind nach Behandlung der Präparate mit Osmiumsäure, durch welche das Fett geschwärzt worden ist, gezeichnet.

Tafel II.

Fig. 12. *Acarospora fuscata* Th. Fr.: Hyphenumsponnene Gonidiengruppen in geringem Randabstand; älterer Zustand. 220/1.

Fig. 13. Hyphenumsponnene Gonidiengruppen in größerem Randabstand; jugendlicher Zustand. 220/1.

Fig. 14. *Lecidea crustulata* (Ach.): Prosoplektenchym (Stranggewebe). 220/1.

Fig. 15. Hyphe mit reihenweise angeordneten Gonidien. 520/1.

Fig. 16. Gonidiengruppen in Berührung mit Hyphen. 520/1.

Fig. 17. *Rhizocarpon atroalbum* Arn.: Zwei Paraplektenchymplatten, A mit Borstenzellen, B tiefer liegend als A. 520/1.

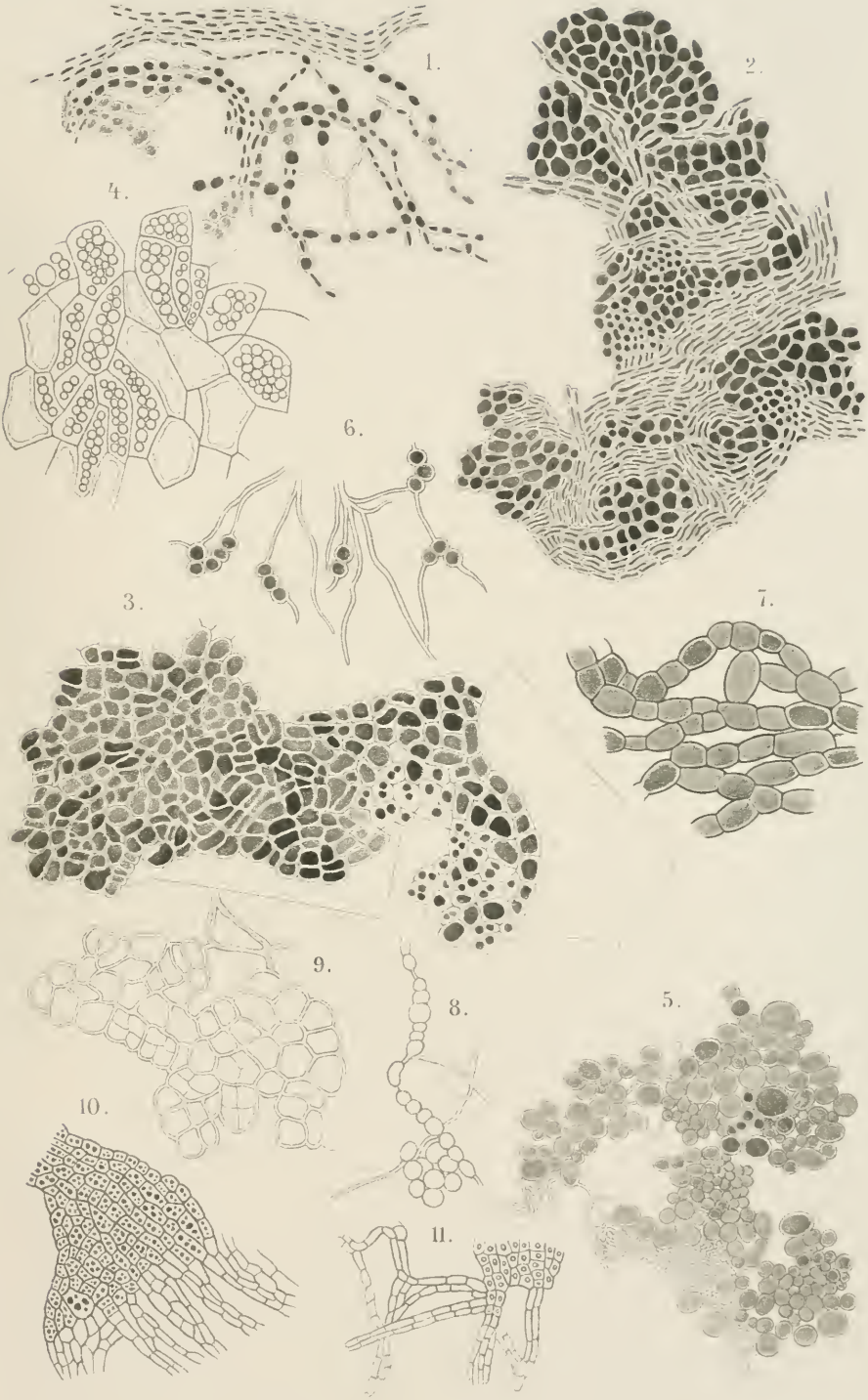
Fig. 18. Partie aus dem Querbruch eines flechtenbewachsenen Granitstückes. G = Glimmer, O = kaolinisierter Orthoklas, th. = Thallus. 3/1.

Fig. 19. *Rhizocarpon geographicum* DC.: Zarte Hyphen in Anastomose. 520/1.

Fig. 20. Sehr kleinzelliges Paraplektenchym von unbekannter Zugehörigkeit.

Fig. 21. Dieselben Zellen in traubenförmiger Anordnung.

Alle Figuren mit Ausnahme von Nr. 18 sind mit Zeichenprisma gezeichnet worden.



Bachmann del.

Lith. Anst. v. E. Stucke, Leipzig.

Bachmann del. Lith. Anst. F. A. Brockhaus Leipzig

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: 44

Autor(en)/Author(s): Bachmann E.

Artikel/Article: Die Rhizoidenzone granitbewohnender Flechten. 1-40