Untersuchungen über den Wasserhaushalt einiger Felsenflechten.

Von

E. Bachmann.

Mit 4 Textfiguren.

Die ersten Grundlagen der Lehre vom Wasserhaushalt der Krustenflechten sind durch die im vorigen Jahre (1921) an etlichen Kalk- und Kieselflechten ausgeführte Untersuchung[1]) gelegt worden. Allein verschiedene Fragen sind damals ungeklärt geblieben; sie zu beantworten, sind in dem vergangenen kühlen und regnerischen Sommer erneute Beobachtungen durchgeführt worden. Hierbei handelte es sich um folgende Punkte: 1. Bedeutung der Epinekralschicht und „Pseudokutikula", 2. der Einfluß der Felsunterlage auf den Wasserhaushalt, 3. die Bedeutung der „hypothallinischen Anhänge" von *Pannaria* und die anderer unter dem lebenden Thallus befindlicher, lückenreicher Gebilde, 4. die Höhe der aufgenommenen und abgegebenen Wassermengen, bezogen auf 1 g vom Stein befreiter Flechtensubstanz, 5. wie verläuft der Wasserhaushalt gewisser, unter gleichen Bedingungen lebender, felsenbewohnender Laubflechten? Daraus ergibt sich folgende Übersicht der untersuchten Gegenstände:

I. Laubflechten:

1. *Umbilicaria pustulata*, verglichen mit verschiedenen Brettchen und mit *Gyrophora vellea.*
2. *Gyrophora vellea, cirrosa, polyphylla, hirsuta* und *cylindrica.*

1) Bachmann, E., Zur Physiologie der Krustenflechten. Zeitschr. f. Bot., Jahrg. 14. Heft 3. Jena 1922.

II. Krustenflechten.

3. *Lecidea bullata* (mit Epinekralschicht) und *L. speira* sowie *Rhizocarpon geographicum* (ohne solche).
4. *Lecidea bullata* und *L. athroocarpa* (mit Pseudokutikula).
5. *Lecidea bullata* und *L. athroocarpa* mit *L. speira*.
6. *Lecidea bullata* auf Gneis und flechtenfreier Kontrollgneis.
7. *Rhizocarpon obscuratum* auf Quarzit und flechtenfreier Quarzit.
8. *Rhizocarpon obscuratum* auf Quarzit und auf Glimmerschiefer.
9. *Pannaria pezizoides* (hypothallinische Anhängsel) mit *Lecothecium nigrum* (abgestorbener Unterteil) und *Gyrophora vellea*.
10. *Diploschistes bryophilus* (mit abgestorbener Moosunterlage) und *D. scruposus* mit *Gyrophora vellea*.
11. Die auf 1 g Flechtensubstanz kommende Menge aufgenommenen und abgegebenen Wassers konnte bei den Krustenflechten *Rhizocarpon obscuratum* und *Lecothecium nigrum* geprüft werden. Des Vergleiches halber wurden die Umrechnungen auch auf die gleichzeitig untersuchten Laubflechten *Umbilicaria pustulata*, *Gyrophora vellea* und *G. cirrosa* ausgedehnt.

Abschnitt I.

Methodisches.

Um die oben genannten Laubflechten untersuchen zu können, war es notwendig, sie irgendwie zu befestigen, damit sie die vielen Ortsveränderungen ertragen konnten, ohne Schaden zu leiden, und damit sie beim Auslegen an offene Stellen nicht vom Winde weggeweht werden konnten. Denn im trockenen Zustande ist ihre Brüchigkeit so groß, daß der geringste Stoß genügt, vorspringende Randteile abzubrechen und so das Wägungsergebnis zu fälschen. Deshalb habe ich sie anfänglich auf einen Streifen dünnen, öldurchtränkten Kartons mit Canadabalsam festgeklebt und so lange erwärmt, bis der Balsam erhärtet war. Diese Befestigungsweise hatte den ersten Nachteil, daß mir die Blätter von heftigen Windstößen mitsamt den Flechten fort und auf dem unterhalb des

Fensters hinziehenden Gartenweg entlang geführt worden sind, wobei es ohne Beschädigung der Flechten nicht abgegangen ist. Zweitens hat sich gezeigt, daß der Karton trotz der Durchtränkung mit Öl ziemlich viel Tau aufnimmt, ihn langsam, bei trübem oder regnerischem Wetter überhaupt nicht ganz abgibt.

Deshalb habe ich die Thalli später in beiderseits lackierte Deckel von Zigarettenkästchen aus Weißblech gelegt. Die Seitenwände dieser Deckel dürfen kaum 5 mm hoch sein, damit sie der bewegten Luft ungehindert Zutritt zu den durchfeuchteten Flechten gestatten, wenn diese zur Bestimmung des Wasserverlusts tagelang ausgelegt werden. Die hochwandigen Unterteile derselben Kästchen sind für diesen Zweck ungeeignet, weil sie den Luftzutritt verlangsamen und, wie genaue Eintragungen kennen gelehrt haben, den Kurvenverlauf fälschen. — Bei anhaltendem Regen würde sich in den Blechbehältern Wasser ansammeln und die darin untergebrachten Flechten in unnatürliche Verhältnisse bringen; deshalb habe ich ihre Böden mittels eines Drillbohrers siebartig durchlöchert und dann mit einer ganz dünnen Vaselineschicht eingerieben. Infolgedessen bleiben nur einzelne Tropfen auf der Oberfläche stehen und verdunsten bald. Das der Unterseite adhärierende Wasser muß mit einem weichen Tuche abgetupft werden, nicht nur nach Regen, sondern auch nach Tau. — Der Vorzug dieser Unterbringungsweise wurde durch mehrere Versuche erbracht: Zuerst wurde eine auf Ölkarton befestigte *Umbilicaria pustulata* mit einer gleich großen, im Blechdeckel verwahrten auf ihre Wasseraufnahme und -abgabe untersucht. Erstere war stets größer, weil das Ölpapier mehr Wasser aufnimmt als das Blech. Bei der Verdunstung zeigte sich, daß der Blechdeckel das adhärierende Wasser spätestens am Ende des 4. Zeitabschnittes, bei direkter Bestrahlung bereits am Ende des ersten verliert, der Karton immer eine, meist mehrere Stunden später. — Zweitens wurde *Lecothecium nigrum* auf festem Devonkalk in der Blechschale den verschiedensten Bedingungen ausgesetzt und erst mitsamt seinem Behälter, darauf für sich gewogen. Als die Ergebnisse auf Millimeterpapier übertragen worden waren, zeigte sich, daß die beiden Kurven gewöhnlich schon am Ende des ersten Zeitabschnittes (früh 7 Uhr) zusammenfielen. Nur einmal, als die erste Wägung bereits um 5 Uhr vorgenommen war, vereinigten sich die beiden Kurven bei trübem Wetter erst nach 3 Stunden. — Drittens wurden gleich große Lagerstücke von *Diploschistes bryophilus* und *D. scruposus*

einerseits auf Karton, andererseits im Blechbehälter bei sternenklarer Nacht im Garten ausgelegt. Von den Kurven der beiden letzteren Flechten wurde die Nullinie um 11 Uhr, von den beiden ersteren überhaupt nicht erreicht. Man muß wohl annehmen, daß die 2 cg Wasser für *D. scruposus*, 4 cg für *D. bryophilus* wenigstens zum Teil von dem Karton festgehalten worden sind.

Gesteinbewohnende Krustenflechten sind nur dann in der Blechunterlage ausgelegt und gewogen worden, wenn gleichzeitig Laubflechten auf ihren Wasserhaushalt geprüft wurden, um beide ganz gleichen Bedingungen auszusetzen. Dabei ist aber zu beachten, daß sich die Unterseite des Steins in Berührung mit dem kalten Blech stark abkühlt; infolgedessen sammeln sich auf ihr viele und große Tautropfen an, die vor der ersten Wägung entfernt werden müssen.

Die anatomische Untersuchung aller geprüften Flechten ist an 10 μ dicken, mit Hämatoxylin gefärbten Mikrotomschnitten vorgenommen worden.

Weil mehrere Krustenflechten vergleichshalber mit Laubflechten, über deren Wasseraufnahme und -abgabe noch nichts bekannt ist, zugleich geprüft worden sind, wird es ratsam sein, diese zuerst zu besprechen, allen voran

Umbilicaria pustulata (L.) Hoffm.

Wie bekannt, ist die Unterseite dieser Flechte durch zahllose Grübchen mit verengtem Eingange, denen ebenso viele und große Pusteln der Oberseite entsprechen, ausgezeichnet. Nach Bitter[1]) sind diese Gebilde „Nebenprodukte der andere Ziele anstrebenden Bautätigkeit der Pflanzen und gereichen ihr, soweit es sich übersehen läßt, weder zum Nutzen noch Schaden“. Allerdings gibt er auf der nächsten Seite zu, daß das Emporwölben der Pusteln das assimilierende Areal der Flechte um ein Bedeutendes vergrößere. Dem ist entgegenzuhalten, daß wenigstens die vogtländischen Exemplare nur in der Scheitelfläche der Pusteln Gonidien besitzen, daß eine nennenswerte Vergrößerung der assimilierenden Fläche also für sie nicht konstatiert werden kann. Ein Tiroler Exemplar

1) Bitter, G., Über maschenförmige Durchbrechungen der unteren Gewebeschichten oder des Gesamtthallus bei verschiedenen Laub- und Strauchflechten, Berlin 1899, S. 125.

zeigt zwar auch an den Seitenflächen und am Grunde Algenzellen, aber nur in einschichtiger, noch dazu unterbrochener Zone. Ob diese dem Licht wenig zugänglichen Gonidien eine erwähnenswerte assimilatorische Tätigkeit entfalten können, ist sehr fraglich. Darum erscheint es mir unwahrscheinlich, daß eine so eigentümliche Bauweise für diese auf sonnigen Hügeln und freiliegenden Irrblöcken lebende Flechte einen so fragwürdigen Nutzen haben sollte. Dagegen müssen, theoretisch betrachtet, die tiefen, engen Spalten, die wallgrabenartig um die Pusteln herumgehen, bei stärkerer Bewässerung auch die Grübchen der Unterseite imstande sein, viel mehr Wasser aufzunehmen als eine glatte Oberfläche und dieses Wasser länger festzuhalten, so daß beide Vertiefungen, die der Ober- und Unterseite, noch Feuchtigkeit führen, wenn an der Scheitelfläche der Pusteln die Verdunstung bereits weit fortgeschritten ist. Von den feuchten Stellen aus würde dann das Wasser von selbst nach den wasserärmeren dringen und dadurch die Gonidien längere Zeit im Zustande der Assimilationsfähigkeit erhalten.

Der erste Weg, diese Annahme durch den Versuch zu beweisen, führte zu keinem Ergebnis. Er bestand darin, die Vertiefungen der Oberseite mit Vaseline oder Zedernholzöl zu füllen und so für die Wasseraufnahme unfähig zu machen. Dabei gelangte leider immer so viel des Ausfüllungsmittels auf die Scheitelfläche der Pusteln, daß ich zweierlei Lager hatte, solche mit reiner und solche mit beschmierter Oberfläche. Natürlich ergaben diese eine geringere Aufnahme- und eine ebenso verlangsamte Abgabefähigkeit gegen Wasser.

Der zweite Weg war erfolgreicher: 4 Brettchen aus hartem Holz (Ahorn) von je 10 cm Länge, 5 cm Breite und 3,2 mm Dicke wurden folgendermaßen hergerichtet: In das erste wurden mittels eines Drillbohrers mit breitem Einsatz kegelförmige Vertiefungen von 3—4 mm Weite und 2—3 mm Tiefe gebohrt, eins unmittelbar neben dem anderen, 4 auf den Quadratzentimeter, 200 auf der ganzen Unterseite; so entstand die „Grübchenseite“ des Brettes. Darauf wurden mit einer scharfen Säge von 1 mm Blattdicke in die gegenüberliegende Seite des Brettchens Rinnen 2—3 mm tief eingeschnitten, so daß sie zwischen den Grübchenreihen entlang liefen. Diese geradlinigen Rinnen, und zwar 9 lange und 19 kurze, sind eine unvollkommene Nachahmung der kreisförmig verlaufenden Wallgräben der Flechtenoberseite. Als Gegenstück zu diesem Rinnen-Grübchenbrett (R-G) blieb ein zweites, gleich großes Brett-

chen auf beiden Seiten völlig glatt (gl). Ein drittes wurde nur mit Rinnen, ein viertes bloß mit Grübchen ausgestattet (R und G). Zur Prüfung der Wasseraufnahme und -abgabe wurden diese vier Brettchen hierauf gleichzeitig mit *Umbilicaria pustulata* und *Gyrophora vellea* den verschiedensten Bedingungen ausgesetzt, wobei den Brettchen Schlingen von verzinktem Eisendraht untergelegt worden sind, damit die Verdunstung an ihrer Unterseite ebensogut vor sich gehen könne, wie bei der mit einem Stielchen am Felsen befestigten Flechte. — Von jeder Laubflechte wurden Lager von solcher Größe in das Zigarettenkästchen gelegt, daß sie dasselbe im durchfeuchteten Zustande gerade ausfüllten und dann die gleiche Oberfläche wie die Brettchen besaßen. Bei Regen mußte auch ihnen eine Drahtschlinge untergelegt werden, damit das Wasser durch die Sieblöcher ablaufen konnte.

Aus den Versuchen konnten folgende Haupttatsachen abgeleitet werden: 1. Das Rinnengrübchenbrett nimmt unter allen Umständen mehr Wasser auf als das Rinnen-, noch mehr als das Grübchen- und viel mehr als das glatte Brett. 2. Die Wasserabgabe erfolgt so, daß das R-G-Brett zwar in gleichen Zeitabschnitten die absolut größten, das glatte die kleinsten Wassermengen verliert. Dieses erreicht jedoch die Nullinie früher als jenes oder ist schon auf ihr angelangt, wenn die Kurve für jenes noch hoch über ihr steht. 3. Nach starkem Wasserverlust besitzt das R-G-Brett eine viel größere Aufnahmefähigkeit für Wasserdampf als das gl-Brett und auch eine größere als das R- und besonders das G-Brett.

Am besten wird das Verhalten der vier Brettchen an einem Beispiel erläutert: Am 13. Mai ist während des ganzen Vormittags bis 1 Uhr ein leiser Regen niedergegangen; dann hellte es sich auf, wurde zwischen 3 und 5 Uhr sogar ganz heiter, nur zuletzt wieder etwas trübe; aber mit Ausnahme eines 5 Minuten langen Regenschauers an der Grenze der 2. und 3. Nachmittagsstunde verlief der Nachmittag regenlos. Die vier Brettchen, *Umbilicaria pustulata* und *Gyrophora vellea* wurden während der ganzen Zeit der Witterung auf der offenen Veranda vor dem Südzimmer meiner Wohnung ausgesetzt. — Wie Fig. 1 *A* erkennen läßt, zeigen die vier Bretter bis 1 Uhr eine steigende Gewichtszunahme, aber nur das R-G bis 11 Uhr einen gleichmäßigen Anstieg. Hingegen ist bei den drei anderen Brettern der Anstieg von 9 Uhr an wesent-

lich geringer als im ersten Zeitabschnitt, am geringsten beim gl, am wenigsten gering beim R. Im dritten Zeitabschnitt, zwischen 11 und 1 Uhr, zeigt die Kurve des R-G bei ganz schwachem Regen nur den 6. Teil des Anstiegs, den sie in demselben Zeitraum vorher (9—11 Uhr) erreicht hatte. Um 1 Uhr wird der Wasserverlust infolge von Verdunstung in der Kurve bemerkbar, bis 2 Uhr schwach, hierauf bis 5 Uhr stärker, weil mit der Aufhellung des Wetters die Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasserdampf größer geworden ist. Die Verlangsamung der Wasserabgabe in der letzten Stunde hat zwei Gründe: 1. die zunehmende Trübung des Wetters mit einigen Regentropfen, 2. der vorangegangene reichliche Wasserverlust. — Vergleicht man die Bretter unter sich, so zeigt R-G die größte Aufnahmefähigkeit für Wasser, aber auch die stärkste Verdampfungsfähigkeit. Seine Aufnahmefähigkeit verhält sich zu der von gl wie 652 : 260, die Menge des zwischen 1 und 6 Uhr abgegebenen Wassers wie 242 : 119; d. h. jene ist $2^1/_2$ mal, die Abgabeneigung 2mal größer als bei gl. Infolgedessen sinkt am nächsten Tage die Kurve von gl bereits um 12, die von R-G erst um 2 Uhr auf die Nullinie[1]) herab.

Ganz anders ist der Verlauf der Kurve nach Tau und bei darauffolgender direkter Bestrahlung: die Aufnahmefähigkeit des R-G übertrifft die des gl fast um das Doppelte. Um 11 Uhr hat gl das aufgenommene Wasser verloren, ist um 12 Uhr bereits 16, um 2 Uhr 30 mm (1 mm = 0,1 g) unter Null gesunken, während die Kurve von R-G erst gegen 12 Uhr die Nullinie schneidet, bis 12 Uhr 0,08 g, bis 2 Uhr 0,12 g seines Vorratwassers verloren hat. Darauf beginnt sofort bei heiterem Wetter, aber geschützt vor direkter Bestrahlung, steiler Anstieg der Kurve, so daß sie abends 6 Uhr 30 mm über der Nullinie ankommt, die von gl aber noch 11 mm unter ihr stehen bleibt. Diese ganz hervorragende Neigung, Wasserdampf aufzunehmen, ist ein zweites Kennzeichen des R-G-Brettchens. Sie zeigt sich auch in folgendem Fall: Nachdem die vier Bretter in einem Flechtenschrank des Südzimmers ein volles Vierteljahr unbenutzt gelegen hatten, wurde bei einer erneuten Wägung gefunden, daß R-G 37 g Wasserdampf aufgenommen, gl aber sein Nullgewicht beibehalten hatte. — Am 18. August erhob sich zwischen 11 und 18 Uhr durch Wasserdampf-

1) Als Nullpunkt habe ich in diesem Falle das Gewicht angenommen, das die vier Brettchen anzeigten, nachdem sie 2 Stunden lang auf 45°, d. h. auf die Temperatur erwärmt worden waren, die im vorigen Jahre als Maximum festgestellt worden ist.

aufnahme das Gewicht von R-G um 56, das von gl um 36 cg. Am nächsten Tage betrugen die beiden Größen bloß 4 und 0 cg. Der große Unterschied zwischen dem 18. und 19. August erklärt sich daraus, daß die Bretter am ersten Tage durch direkte Bestrahlung viel Wasser verloren, am zweiten Tage aber (durch Regen reichlicher mit Wasser versorgt, im Laufe des Tages gar nicht direkt bestrahlt) ihre Kurven über der Nullinie gehalten hatten. Darum

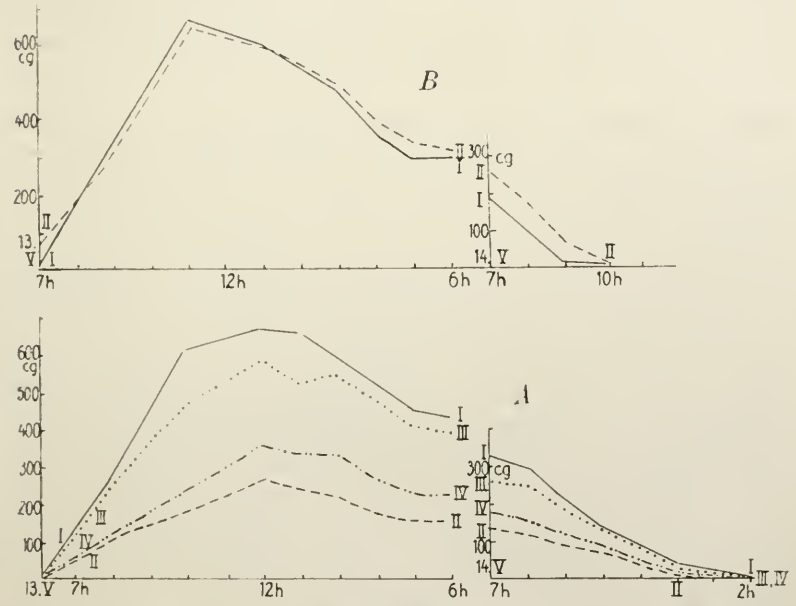

Fig. 1. Die Ordinaten geben die Wasseraufnahme an, 0,5 mm der Ordinatenachse bedeutet 0,1 g Wasser. Die Abszissenachse gibt die Zeiten an. — *A: I* = Rinnengrübchenbrett, *II* = glattes Brett, *III* = Rinnenbrett, *IV* = Grübchenbrett. — *B: I* = *Umbilicaria pustulata; II* = *Gyrophora vellca.* Wasseraufnahme bei anhaltendem Regen von 7—1 Uhr am 13. Mai; zwischen 11 und 1 Uhr läßt der Regen nach, gegen 3 Uhr kurzer Regenschauer, sonst zwischen 1 und 5 Uhr meist heiter, dann bewölkt. Nacht vom 13. zum 14. Mai regenfrei; die Präparate auf der offenen Veranda unter Glasglocken untergebracht, 7—2 Uhr (14. Mai) Witterung wechselnd, regenfrei.

endigen sie am 19. August fast auf gleicher Höhe wie am 18. In der Nacht vom 6. zum 7. Mai hatten die beiden Bretter beim Liegen auf der offenen Veranda in 10 Stunden 44 und 41 cg Wasserdampf aufgenommen, die Aufnahme würde sicherlich noch viel beträchtlicher gewesen sein, wenn sie auf dem kalten Erdboden des Gartens, in dem sehr starker Tau herrschte, ausgelegt worden wären. —

Das ist in der Nacht vom 7. zum 8. August bestätigt worden, in der durch Tauaufnahme R-G um 125, gl um 79 cg schwerer geworden ist.

Vergleicht man damit die Flechte *Umbilicaria pustulata*, so fällt zuerst die große Übereinstimmung ihrer Kurve mit der des R-G-Brettchens am 13. Mai auf (Fig. 1 *B*). Nur in zwei Punkten unterscheidet sich die Flechte von dem gleichgestalteten Brett: 1. Ihre Kurve erreicht den höchsten Punkt bereits um 11, statt um 1 Uhr, obgleich es während der Zeit noch weiter geregnet hat. Aber der Regen war so schwach geworden, daß der durch ihn verursachte Gewichtszuwachs hinter dem durch Verdunstung bewirkten Verlust zurückgeblieben ist. Das ist bei den vier Brettchen nicht der Fall, nicht einmal bei dem R-G, obwohl dessen Zuwachs nur gering ist. Daraus geht hervor, daß die *Umbilicaria* das aufgenommene Regenwasser schneller und leichter abgibt als das R-G. 2. Dies wird auch durch den abfallenden Schenkel ihrer Kurve bestätigt: er ist etwas steiler als der des Vergleichsbrettes und endigt 292 cg über der Nullinie, der des R-G jedoch 430 cg. In der darauffolgenden Nacht verliert die Flechte 118 cg, das Brett 102 cg, in den beiden ersten Morgenstunden des folgenden Tages (14. Mai) jene 187, dieses 122 cg. Eine Stunde später, um 10 Uhr, hat die Flechte die Nullinie erreicht, wogegen die Kurve des R-G noch 132 cg über ihr steht; bis zum Abend sinkt sie um weitere 101 cg, steht demnach am Schluß des Tages noch 31 mm über ihr. Vom gl wird die Nullinie bereits um 12 Uhr erreicht und hierauf bis 2 Uhr um 7 cg unterschritten.

Kurz, bei fast gleicher Aufnahmefähigkeit ist der Widerstand gegen die Abgabe des Wassers bei dem R-G größer als bei der Flechte, aber auch wesentlich größer als bei dem gl. Ganz anders wird das Verhältnis, wenn man diese Fähigkeiten auf 1 g Stoff umrechnet, also sich fragt, wieviel Wasser nimmt 1 g Flechtensubstanz, 1 g R-G, 1 g des gl auf und wieviel gibt jedes von ihnen in gleichen Zeiträumen ab?

Wie nebenstehende Tabelle zeigt, ist nur bei starkem Tau die Wasseraufnahme und -abgabe der Flechte geringer als die der beiden Bretter; bei andauerndem Regen nimmt sie fast genau so viel Wasser auf wie das 9mal schwerere R-G und über doppelt so viel wie das 12mal schwerere gl. Bei schwachem Frühregen ist der Gewichtszuwachs der *Umbilicaria* sogar etwas größer als der des R-G und wieder doppelt so groß wie der des gl. Auf 1 g Trocken-

substanz bezogen, beträgt jedoch der Gewichtszuwachs der Flechte bei Regen das 5—6fache von dem des R-G, das 12—21fache von gl, nach starkem Tau aber bloß das $2^1/_2$- bezw. $5^1/_2$fache. — Dementsprechend ist auch der Wasserverlust der *Umbilicaria* mehrmals größer als der des R-G, vielmal größer als der des gl, doch sind die Verlustzahlen der Flechte durchweg etwas kleiner als die Aufnahmezahlen, während es beim gl umgekehrt ist, ausgenommen nach direkter Bestrahlung (19. August). Unter ihrer Einwirkung ist der Wasserverlust beider Brettchen, auf 1 g Trockengewicht bezogen, geringer als die Aufnahme, aber auch die *Umbilicaria* hat an diesem Tage nur $^4/_5$ des früh aufgenommenen Wassers verloren, genau

Wasseraufnahme

wirkliche in cg				auf 1 g Trockensubstanz		
Umbilicaria	R-G	gl		*Umbilicaria*	R-G	gl
84	157	104	bei starkem Tau, 13. August	42,0	16,2	8,2
400	380	208	bei schwachem Frühregen, 19. August	200,0	39,2	16,3
652	650	260	nach andauerndem Regen, 13. Mai	433,0	67,2	20,3
Die Wasseraufnahme der *Umbilicaria pustulata* = 100 gesetzt:						
100	187	123	wie oben	100,0	38,6	17,9
100	95	52		100,0	19,6	8,2
100	100	40		100,0	15,5	4,7

Wasserabnahme

76	151	112	vormittags regnerisch, nachmittags heiter	38,0	15,6	8,8
326	291	175	zeitweise heiter, direkt bestrahlt	162,4	31,1	13,1
654	656	279	wechselnd, nicht direkt bestrahlt	436,0	68,0	23,7
Die Wasserabgabe der *Umbilicaria pustulata* = 100 gesetzt:						
100	199,0	148	wie oben	100,0	41,0	23,0
100	90,0	54		100,0	19,0	8,1
100	100,3	48		100,0	15,6	5,4

81 %, R-G = 79 %, gl = 80 %. Hiernach könnte es scheinen, als wäre die Flechte sogar dem gl gegenüber im Nachteil, erreicht ihre Kurve doch überdies ihren tiefsten Punkt um 10 Uhr, die beiden Brettchen erst 1 Stunde später. Jene bleibt aber 8 mm über, die des R-G 6 mm über der Nullinie, die des gl sinkt aber 8 mm unter sie. Durch Aufnahme von Wasserdampf erhebt sich die Flechtenkurve bei trüb gewordenem Wetter bis zum Abend auf 27 mm, R-G auf 62, gl auf 26 mm über Null. Die Gesamtmenge des absorbierten Wasserdampfes beträgt bei den drei Objekten 19, 56 und 34 cg, auf 1 g Trockensubstanz bezogen jedoch 9,5, 5,7 und 2,8 cg.

Es ist erstaunlich, welche Mengen Wasserdampf die Flechte trotz ihres geringen Gewichts dank ihrer großen Oberfläche aufzunehmen vermag. Es ist bemerkenswert, daß sie damit zu einer Zeit beginnt (11 Uhr), in welcher die Brettchenkurven ihren tiefsten Punkt erreicht haben, so daß die Flechtenkurve 1 mm über der des R-G, 18 mm über der des gl steht.

Der einzige Nachteil der Flechte, ihre geringere Wasseraufnahme bei starkem Tau, erklärt sich meines Erachtens daraus, daß die Holzbretter einen viel kompakteren Bau besitzen, sich darum stärker abkühlen, infolgedessen mehr Wasserdampf auf ihrer Oberfläche verdichten und diese Tropfen dann verschlucken können. Der erwähnte Nachteil wird jedoch dadurch ausgeglichen, daß im Laufe des Vormittags bei zeitweise direkter Bestrahlung die Wasserabgabe des gl größer ist als seine Aufnahme. Beim R-G ist die Wasserabgabe wenigstens relativ größer (bezogen auf 100 Gewichtsteile Flechtenzuwachs = 199) als die -Aufnahme (187).

Demnach sind es vor allem drei Eigenschaften, durch die *Umbilicaria pustulata* ausgezeichnet ist: 1. ihre große Aufnahmefähigkeit für flüssiges Wasser, 2. die Schnelligkeit, mit der sie nach dem Austrocknen Wasserdampf verschluckt, 3. der Widerstand gegen die Abgabe von Wasser nach Tau und überhaupt bei mittlerem Wassergehalt. Dadurch wird es ihr ermöglicht, ihren Wassergehalt an ihren den Sonnenstrahlen sehr ausgesetzten Standorten möglichst lange über der Nullinie zu erhalten und der Assimilationstätigkeit obzuliegen.

Diesen wichtigen Vorzug verdankt sie hauptsächlich ihrer Oberflächenbeschaffenheit, zum kleineren Teil ihrem anatomischen Bau: Die durchschnittliche Mächtigkeit des Lagers beträgt bei den vogtländischen Exemplaren nur 215 μ, bei einem Tiroler Lager sogar

bloß 145 μ; davon kommen auf die zerklüftete Pseudokutikula etwa 19 μ, auf die Rinde 40 μ, Gonidienzone 41,3 μ, auf das Mark 100 μ, die unterseitige Rinde 7,7—38,7 μ. Bei der Tiroler Flechte sind alle Schichten schwächer, vor allem die Gonidienzone mit 26,4 μ und das Mark mit 64 μ. Gonidien finden sich in den vogtländischen Exemplaren bloß in den Kuppen der Pusteln, bei der Tiroler Flechte auch an den Seitenwänden und am Grunde der wallgrabenartigen Vertiefungen. Die Pseudokutikula sowohl als auch die Rinde enthalten abgestorbene, entleerte Gonidien, jene in stark zusammengepreßtem Zustande; man kann demnach hier von einer schwachen Epinekralschicht sprechen. Ihr ist vielleicht der Widerstand gegen die Abgabe von Wasser bei niedrigem Wassergehalt zuzuschreiben.

Die beiden anderen Vorzüge der *Umbilicaria* können besser aus ihrer eigenartigen Oberflächengestalt erklärt werden; denn ihr anatomischer Bau, die Dünne ihres Lagers, die geringe Mächtigkeit und Dichte ihres Markes verweisen sie in eine Reihe mit den dünnen *Gyrophora*-Arten, an deren Spitze ich *G. cirrosa* stelle, während sie physiologisch der derbhäutigen *G. vellea* ähnelt. Die Kurven dieser beiden Laubflechten *(U. pustulata* und *G. vellea)* fallen fast genau zusammen (Fig. 1 *B*), obschon die *Gyrophora* eine glatte Oberfläche besitzt; dafür hat sie in ihrem anatomischen Bau Eigentümlichkeiten, die jene anderen ersetzen. Dasselbe physiologische Verhalten ist hier auf verschiedenen Wegen verwirklicht worden, wie sich aus der näheren Betrachtung von fünf untersuchten *Gyrophora*-Arten ergeben wird.

Gyrophora.

Von den fünf untersuchten Arten stehen *G. vellea* (L.) Ach. und *G. cylindrica* (L.) Ach. auf der ersten, *G. cirrosa* (Hoffm.), *G. hirsuta* Ach. und *G. polyphylla* (L.) Ach. auf der zweiten Stufe; sie wogen 2,39, 1,80, 1,10, 0,92 und 0,95 g.

Gyrophora vellea ist an einem Tiroler, von Arnold gesammelten und bestimmten Exemplar geprüft worden. Sie besitzt eine durchschnittliche Mächtigkeit von 348 μ, ohne die unterseitigen Zotten; davon kommen 70,3 μ auf die Gonidienzone und 190,5 μ auf das Mark, das in seiner ganzen Mächtigkeit ein farbloses, völlig dichtes Gewebe von dickwandigen, plasmaarmen Hyphen darstellt und sich dadurch von dem typischen Mark anderer Laub-

flechten so auffallend unterscheidet, daß frühere Bearbeiter der Gattung *Gyrophora*[1]) nicht zu entscheiden gewagt haben, ob es als Rinde oder als Mark anzusprechen sei. Im Grunde ist das auch gleichgültig; ich bezeichne es als dichtes Mark, weil es sich auch in die Zotten fortsetzt, gleich dem Mark der Parmeliaceen in die Rhizoiden, von denen niemand behaupten wird, daß sie nur aus Rinde bestünden, und weil es Funktionen ausübt, die der Rinde nicht zukommen. Den letzten Abschluß nach unten bildet dann die Rinde, aus braunwandigen, inhaltsleeren Zellen bestehend, deren Gesamtheit darum von Lindau als Detritus bezeichnet wird.

Den Gegensatz zu diesem Lagerbau findet man bei *G. cirrosa*, deren Lager sich schon äußerlich von dem starren, dicken der *G. vellea* unterscheidet. Legt man beide in eine mehrere Millimeter hoch mit Wasser bedeckte Entwicklerschale, so saugt sich *G. cirrosa* viel schneller voll als *G. vellea* und ist darum nach wenigen Minuten aufgequollen und biegsam, während *G. vellea* diese Eigenschaften erst später annimmt. Beim darauffolgenden Eintrocknen rollt sich *G. vellea* so stark zusammen, daß man von ihrer Oberseite gar nichts mehr sieht, was *G. cirrosa* nicht oder in viel geringerem Grade tut. Der Grund hierfür liegt darin, daß sich das dichte Mark beim Eintrocknen nicht so stark zusammenzieht, wie die lückenreichen, oberseitigen Schichten, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man ein einige mm^2 großes, flaches, angefeuchtetes Stück des Lagers parallel mit der Oberfläche in zwei Blätter spaltet und diese auf einem Objektträger in völlig aufgequollenem, einen Tag später in gänzlich ausgetrocknetem Zustande mißt. Dann verhalten sich die Maßverkürzungen in der oberseitigen Hälfte zu denen der unterseitigen wie 76 : 81, in einem anderen Falle wie 80 : 84. Das heißt, bei der Wasserzuführung hat die poröse obere Lagerhälfte mehr Wasser aufgenommen als die dichte untere, und sich darum stärker ausgedehnt, so daß sich das Lager platt legt. Beim Austrocknen gibt die obere Hälfte nicht allein das Wasser schneller, sondern auch reichlicher ab, verkürzt sich darum stärker als die Unterseite, und das muß zur Einrollung führen. Bei *G. cirrosa* ist das dichte Mark viel weniger mächtig als bei *G. vellea*, und darum unterbleibt die Einrollung oder vollzieht sich in viel schwächerem Grade.

Bei *G. cirrosa* aus dem Erzgebirge beträgt die Gesamtmächtig-

1) Lindau, Gustav, Beiträge zur Kenntnis der Gattung *Gyrophora*. Berlin 1899.

keit im Mittel 121,4 μ, wovon auf das Mark 71 μ kommen; dagegen fand ich bei einer kräftigeren, aus Ungarn stammenden Flechte 241 bezw. 121 μ. Da jedoch die physiologischen Versuche mit der erzgebirgischen Flechte ausgeführt worden sind, gelten deren Maße für den Vergleich. Nach oben hin ist ihr Lager ebenso wie das der *G. vellea* durch eine schwache Epinekralschicht abgeschlossen. Ähnliche Dickenverhältnisse wie bei *G. cirrosa* herrschen auch noch bei *G. polyphylla* und *hirsuta*, während *G. cylindrica* aus dem Harz mehr der *G. vellea* gleicht. Bei den Wasserhaushaltsversuchen fallen die Kurven der letzten beiden zusammen und sind durch einen deutlichen Zwischenraum von denen der drei anderen Arten getrennt, deren Kurven so eng zusammenfallen, daß die zeichnerische Darstellung sehr schwierig geworden wäre, wenn ich sie alle drei hätte eintragen wollen; ich habe mich deshalb auf die von *G. cirrosa* beschränkt. — Wie *Umbilicaria pustulata*, so besitzen auch alle *Gyrophora*-Arten ein so hohes Aufnahmevermögen für Regenwasser, daß beim Eintragen der Werte in das Millimeterpapier 1 mm der Ordinate = 0,1 g gesetzt werden mußte. Nach Tau oder beim Verweilen im Garten bei bewölktem Himmel ist der Gewichtszuwachs wesentlich geringer, so daß die Kurven in dem für Krustenflechten gebrauchten Maßstab (1 mm = 0,01 g) dargestellt werden konnten[1]).

Wie sich die beiderlei Arten bei Regenwetter verhalten, zeigen folgende Beispiele: Am 16. August früh 6½ Uhr hatte das Lager von *G. vellea* nach wiederholten, zuletzt unterbrochenen Regenfällen 161, *G. cirrosa* 224 cg Wasser behalten. In den darauffolgenden 2½ Stunden bis 9 Uhr früh stieg bei fortgesetztem, leisem Regen die erste noch um 334, die zweite um 225 cg, so daß jene 495, diese 447 cg über dem Nullpunkt stand. Bei andauerndem Regen nimmt demnach der dickere Thallus von *G. vellea* mehr Feuchtigkeit auf als der nur halb so dicke von *G. cirrosa*. — In den darauffolgenden Vormittagsstunden gibt *G. vellea* weniger Wasser ab als *G. cirrosa;* die Verlustziffern verhalten sich wie 3 : 4, in den 6 Nachmittagsstunden aber wie 8 : 7. Die Gesamtabgabe ist bei beiden gleich (263 und 262 cg). *G. vellea* schließt mit einem Überschuß von 236, *G. cirrosa* mit einem von 185 cg. Daraus geht hervor, daß *G. cirrosa* nach reichlicher Durchtränkung mit Regenwasser bei trüber Witterung

1) Die Kurven über den Wasserhaushalt der fünf *Gyrophora*-Arten konnten nicht mit veröffentlicht werden. Meine Zeichnungen stehen jedem, der sich für sie interessiert, zur Verfügung.

das aufgenommene Wasser anfangs schneller abgibt, weniger festhält als *G. vellea*. Auch in den darauffolgenden 13 Nachtstunden und den beiden ersten Morgenstunden bleibt der Wasserverlust dieser Flechte hinter dem der ersten etwas zurück, um sofort ins Gegenteil umzuschlagen, als von da an (9 Uhr) direkte Bestrahlung beginnt. In den 2 Stunden von 9—11 verliert *G. vellea* fast doppelt so viel Wasser wie *G. cirrosa*, so daß beide am Ende dieser Zeitspanne 32 und 32,5 mm unter der Nullinie stehen, obschon diese von *G. cirrosa* bereits kurz nach 8 Uhr, von *G. vellea* erst kurz vor 9 Uhr unterschnitten worden war. Um 11 Uhr beginnt bereits die Aufnahme von Wasserdampf, für *G. cirrosa* bis 4 Uhr kaum merkbar, für *G. vellea* bis 12 Uhr in deutlichem Anstieg, weil in der letzten Vormittagsstunde die direkte Bestrahlung aufgehört hatte. Als zwischen 12 und 2 Uhr die Sonne wieder hervortritt und die Flechten im Südzimmer deren Strahlen, vor Wind geschützt, ausgesetzt werden, sinkt ihr Wassergehalt nochmals auf den vorigen Stand herab, um von da an, besonders aber zwischen 4 und 6 Uhr, beim Aufenthalt im Nordzimmer schneller an Gewicht zu steigen; *G. vellea* nimmt 11, *G. cirrosa* 5 cg Wasser auf, jene endet 18, diese 24 mm unter der Nullinie.

Das Verhalten in den Vormittagsstunden zeigt, wie empfindlich diese Flechten gegen Temperaturschwankungen und Bewölkungsänderungen sind, daß ferner *G. vellea* gegen direkte Bestrahlung empfindlicher ist als *G. cirrosa*, vorausgesetzt daß ihr Wassergehalt noch wesentlich größer ist; aus dem Verhalten in den Nachmittagsstunden ist zu sehen, daß *G. vellea* die infolge direkter Bestrahlung erlittenen Verluste durch erhöhte Wasserdampfaufnahme leichter ausgleicht als *G. cirrosa*, sobald die direkte Bestrahlung aufhört.

Diese große Empfindlichkeit gegen direkte Bestrahlung hat *G. vellea* auch am 24. Mai gezeigt: nachdem sie bei starkem Tau ebensoviel Wasser aufgenommen hatte wie *G. cirrosa*, wird ihre Kurve bereits um 8 Uhr von der *cirrosa*-Kurve überschnitten. Beide sinken dann fast gleichzeitig ($8^1/_2$ Uhr) unter die Nullinie, *G. vellea* bis 9 Uhr 4, bis 12 Uhr 12 mm, *G. cirrosa* nur 2 und 5 mm. Um 6 Uhr abends befindet sich jedoch die *vellea*-Kurve nur noch 1 mm unter der *cirrosa*-Kurve, d. h. jene hat sich zwischen 2 und 4 Uhr um 10, diese nur um 4 mm gehoben. Diese hohe Aufnahmefähigkeit für Wasserdampf in den Abendstunden teilt *G. cylindrica* mit *G. vellea*, übertrifft sie sogar noch und endigt darum an diesem Tage mit 3 cg über Null, *G. vellea* 2 cg unter Null.

Dieselbe Tatsache ließ sich am 25. Mai beobachten, als die Flechten über Nacht ausgelegt worden waren; bei bewölktem Himmel hatte sich überhaupt kein Tau gebildet. Trotzdem ist *G. vellea* gegen den vorangegangenen Abend um 59, *G. cylindrica* um 56, *G. cirrosa* um 39 cg schwerer geworden. Noch etwas geringer sind die Gewichtszunahmen von *G. polyphylla* und *hirsuta*, so daß sich auch hier wieder die obige Gruppierung der fünf *Gyrophora*-Arten als richtig erweist. Die Wasserabgabe erfolgt bei teils heiterem, teils bewölktem Himmel, vor direkter Bestrahlung dadurch geschützt, daß die Flechten vor das Fenster des Nordzimmers gelegt worden sind. Bei *G. vellea* verläuft sie von Anfang an schneller und verhältnismäßig reichlicher als bei den beiden anderen Flechten, so daß diese um 12 Uhr 7 mm, *G. cirrosa* und die beiden anderen physiologisch verwandten Arten 3,5 mm über der Nullinie angelangt sind, und dabei bleibt es im wesentlichen bis 6 Uhr abends.

Kurz, starke Wasseraufnahme bei andauerndem Regen, reichliche Aufnahme von Wasserdampf in den Abendstunden und in bewölkten Nächten, geringe Wasserabgabe in den frühesten Morgenstunden zeichnen die beiden *Gyrophora*-Arten mit dickem Lager aus. Der Grund hierfür ist meines Erachtens darin zu suchen, daß sie in ihrem ungewöhnlich mächtigen, „dichten Mark“ ein Organ besitzen, das gleich dem Holz der oben besprochenen Brettchen viel flüssiges Wasser in seinen Wänden aufspeichern, aber in ausgetrocknetem Zustande auch viel Wasserdampf absorbieren kann und ihn auch noch festhält, wenn das in den oberflächlichen Schichten enthaltene Wasser verdunstet ist oder wenn die dünnhäutigen und darum schneller durchwärmbaren Lager der anderen Arten ihr Wasser größtenteils abgegeben haben. Die Flechte würde jedoch keinen Nutzen davon haben, wenn das Wasser im dichten Mark verbliebe; das geschieht aber nicht, sondern es entweicht in Dampfform nach oben, umgibt die Gonidien mit einer wasserdampfhaltigen Atmosphäre und ermöglicht es ihnen so, die Assimilation fortzusetzen, nachdem sich der Wasservorrat ihrer Umgebung schon erschöpft hat. Das, was hier das Mark besorgt, leisten in dem dünnen Lager der *Umbilicaria* die Grübchen und Rinnen der Unter- und Oberseite. Daß hierbei, beim Aufnehmen, Festhalten und bei der Weiterleitung des Wassers die Rinnen wertvoller sind als die Grübchen, lehrt ein Vergleich ihrer Kurven (Fig. 1 *B*) und erklärt sich daraus, daß die

Rinnen nur einen kleinen Bruchteil eines Millimeter weit, die Grübchen aber mehrere Millimeter weit sind.

Äußerlich macht sich die allmähliche Wasserabgabe an den untersuchten Laubflechten in verschiedenen Stufen kenntlich: die erste ist der Verlust des Glanzes auf der Oberfläche. Solange die Flechte glänzt, fühlt sie sich ganz weich an und leistet dem drückenden Finger keinen Widerstand. Später fühlt sie sich etwas weniger weich an, der Widerstand gegen den Druck wird immer größer: sie fühlt sich knorpelig an. Noch später gibt sie beim Druck zwar nach, aber läßt ein leises Knirschen vernehmen. Dann, ungefähr wenn die Nullinie erreicht ist, wird das Lager starr, zuletzt so starr, daß es bricht, wenn man den Druck übertreibt.

Berechnet man Wasseraufnahme und -abnahme auf 1 g Trockensubstanz, so zeigt sich, ähnlich wie bei *Umbilicaria* und dem R-G, daß die dickhäutigen *Gyrophora*-Arten weniger Wasser aufnehmen, aber auch weniger Wasser abgeben, besonders in den ersten Morgenstunden, als die drei dünnhäutigen.

Abschnitt II.

Wasseraufnahme und -abgabe auf 1 g Trockensubstanz bezogen bei Laub- und Krustenflechten.

Nach den bisherigen Erfahrungen weisen die Laubflechten in ihrem Wasserhaushalt viel höhere Zahlen auf als die Krustenflechten, mußte doch sogar für die graphische Darstellung desselben ein 10mal kleinerer Maßstab gewählt werden. Das hat sich auch bestätigt, als *Umbilicaria pustulata* mit *Lecanora badia* (Tirol), der aufnahmefähigsten Kiesel-, und *Amphoridium Hochstetteri*, der aufnahmefähigsten Kalkflechte, verglichen wurde: bei anhaltendem Regen hatte die Laubflechte 4mal mehr Wasser aufgenommen als die Kiesel-, 5mal mehr als die Kalkflechte; nach starkem Tau verhielten sich die Größen wie 6 : 3 : 2. Die Regenaufnahme war am 25. Mai zwischen 4—5 Uhr nachmittags erfolgt, bis abends 8 Uhr hatte die Laubflechte von 646 cg Wasser 289 cg, bis zum nächsten Tage früh 7 Uhr 486 cg abgegeben. Für *Lecanora badia* betrugen diese drei Größen 151, 115 und 128, für *Amphoridium* 133, 89 und 104 cg. Am Abend desselben Tages (26. Mai) endigten die drei Kurven 0, 8 und 13 cg über der Nullinie. Die Flechte also, die am wenigsten Wasser aufgenommen hatte, hat davon dank

der Porosität des von ihr bewohnten Gesteins am meisten, die Laubflechte am wenigsten behalten. Einen unmittelbaren Vergleich gestatten die angeführten Größen jedoch nicht, weil dem Eigengewicht der Laubflechte (1,55 g) das Gesamtgewicht von Unterlage + Flechte bei den beiden Arten gegenübersteht; es beträgt für die *Lecanora* 101,88, für das *Amphoridium* 87,76 g. Um ihr Eigengewicht zu finden, müßten sie von ihrem Substrat entfernt werden, was bei Kieselflechten sehr schwierig ist. Denn wenn das Gestein unter der Flechtenwirkung schon einigermaßen zersetzt worden ist, enthält der tiefere Teil des Lagers immer Gesteinsbrocken, durch die das Wägungsergebnis gefälscht werden würde. In einem vorsichtig abgehobenen Lager von *Lecidea confluens* Kbr. reichten in den 375 μ mächtigen Querschnitten Gesteinssplitter bis zu 80 μ Entfernung von der Flechtenoberfläche heran; in 787 μ mächtigen Querschnitten durch das Lager von *Lecidea athroocarpa* Ach. waren nur die obersten 140 μ frei von Gesteinsteilchen. Hebt man nur den Teil ab, der keine Gesteinsreste enthält, so ist dieser mit dem ganzen Thallus einer Laubflechte wieder nicht vergleichbar, weil ihm der größte Teil des sehr aufnahmefähigen Markes fehlt.

Dennoch ist die Ablösung von der Unterlage bei einigen Flechten meiner Sammlung gelungen, so bei *Rhizocarpon obscuratum* (Schaer.) Kbr. auf einem sehr feinkörnigen Quarzitgeröll von der Insel Rügen. Nachdem die Flechte gründlich aufgeweicht worden war, konnte mit einem glatten Bossierhölzchen die große Hauptmasse des Lagers abgekratzt, getrocknet und in einem Uhrschälchen, dessen Gewicht schon bekannt war, gewogen werden. Es ergab sich daraus, daß das etwa 20 cm^2 große Lager auf der anderen Hälfte des zerschlagenen Quarzitstückes höchstens ein Gewicht von 0,1 g besitzt. Allerdings sind beim Abkratzen Reste der Flechte, ganz kurze Haftfasern, zwischen den einzelnen Quarzkörnchen zurückgeblieben. Das ist schon mit unbewaffnetem Auge an dem schwärzlichen Ton zu erkennen, den die ehemals flechtenbewachsene Stelle im Gegensatz zur flechtenfreien zeigt. Bei auffallendem Licht und etwa 100facher Vergrößerung im Mikroskop betrachtet, heben sich schwarze Pünktchen, die Haftfasern, deutlich von den der Zahl nach vorwiegenden, weißen, verkrüppelten Kriställchen ab. Beim Zerschlagen zerfiel der Stein in zwei gleich große Stücke, das erste war zu $^3/_4$ mit dem dunklen Thallus bedeckt und wurde für die Wägungen bestimmt; das zweite war zur

Hälfte nackt. Das die andere Hälfte überziehende Lager ist abgekratzt und im trockenen Zustand 6 cg schwer gefunden worden. Daraus kann geschlossen werden, daß das um 50 Hundertteile größere Lager der ersten Steinhälfte samt den in den Gesteinsporen befindlichen Teilen 10 cg schwer ist. Demnach ist bei der Berechnung des Wasserhaushalts jede gefundene Gewichtsgröße mit 10 zu multiplizieren. — Am 2. und 3. Juni (Fig. 2 *A* u. *B*) ist gleichzeitig *Umbilicaria pustalata* mit dem Trockengewicht 1,15 g denselben Bedingungen ausgesetzt worden, wobei sich folgende Tatsachen ergeben haben: bei starkem Tau war die Wasseraufnahme der Krustenflechte 4mal größer als die von 1 g Laubflechte. Die Wasserabgabe erfolgte bei heiterem Wetter, geschützt vor direkter Bestrahlung; sie betrug im ersten Zeitabschnitt 2mal, im zweiten 3mal, im dritten über 5mal, im vierten über 10mal mehr bei der Krusten- als bei der Laubflechte. Um diese Zeit (10 Uhr vormittags) hatte letztere den Nullpunkt schon um einige Millimeter unterschritten, während die Krustenflechte ihn erst nachmittags 4 Uhr erreicht hat. Was die Laubflechte bis 12 Uhr noch hergegeben hat, muß sie aus ihrem Vorrat genommen haben; es sind so geringe Mengen, daß sie von der Krustenflechte zwischen 10 und 11 Uhr um das 16fache, zwischen 11 und 12 Uhr fast um das 28fache übertroffen werden. Die Laubflechte ist dann so erschöpft, daß sie bereits zwischen 12 und 1 Uhr anfängt, Wasserdampf abzugeben, während die Krustenflechte immer noch von ihrem neuaufgenommenen Wasser abgeben kann.

Eine zweite Versuchsreihe wurde Anfang September mit demselben *Rhizocarpon* und *Gyrophora cirrosa* (0,74 g schwer) ausgeführt. Am 1. September war die Wasseraufnahme der Krustenflechte fast 4mal größer als die der Laubflechte (in Wirklichkeit 2mal kleiner). Jene gab dann im ersten Zeitabschnitt, zwischen 6 und 7 Uhr früh, bei nicht direkter Bestrahlung 11mal, im zweiten, 7—7½ Uhr, ebenso, im dritten, 7½—8 Uhr, bei direkter Bestrahlung fast 2mal mehr ab als die *Gyrophora*. Diese ungemein starke Wasserabgabe in der ersten Morgenstunde unter Bedingungen, welche der Wasserabgabe nicht günstig sind, kann nur daraus erklärt werden, daß die Quarzit bewohnende Krustenflechte oberflächlich anhaftendes Wasser verloren hat, vor allem den Tau von der nackten Stelle des Steinstückes; die Laubflechte dagegen muß alles auf ihr zum Niederschlag gelangte Tauwasser verschluckt haben. —

Bei dem darauffolgenden trüben Wetter verliert die Krustenflechte von früh 7 Uhr bis nachmittags 2 Uhr nicht mehr Wasser als in der ersten Morgenstunde, obgleich sie fast 1 Stunde lang (zwischen 7 und 8 Uhr) direkt bestrahlt worden ist. Dagegen gibt die Laub-

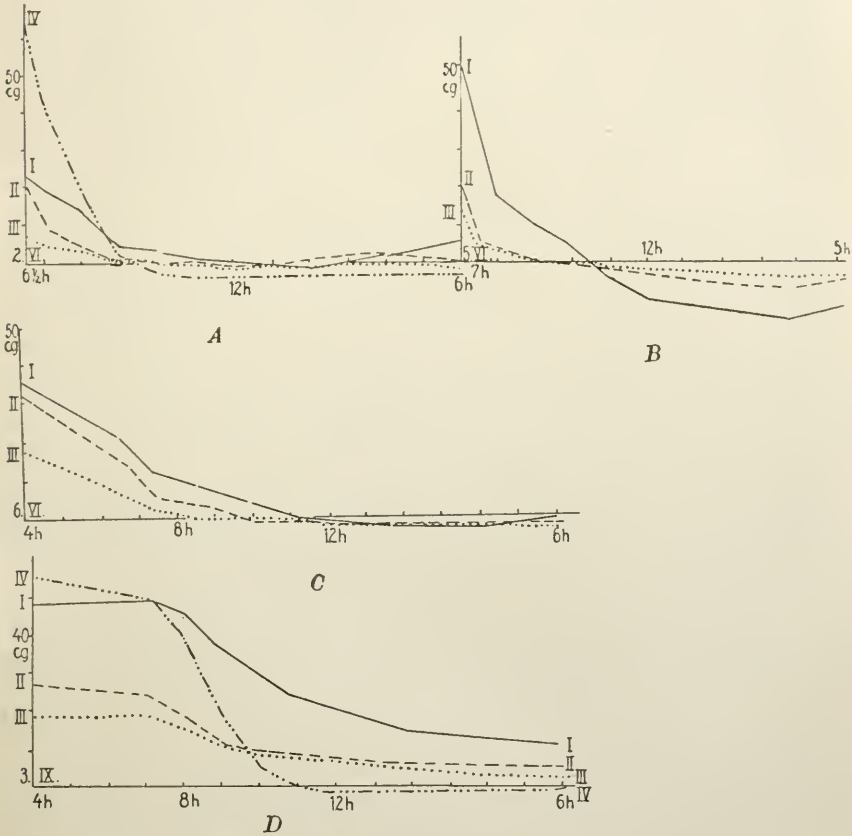

Fig. 2. *I* = *Rhizocarpon obscuratum* auf Glimmerschiefer ———, *II* = *Rh. obscuratum* auf Quarzit – – – –, *III* = Kontrollquarzit ·····, *IV* = *Umbilicaria pustulata* – – – – – –. 0,5 mm = 0,1 g. *A:* Wasseraufnahme bei starkem Tau, Garten, 2. Juni, $6^1/_2$ Uhr; tagsüber heiter, nicht direkt bestrahlt, in ged. Veranda. *B:* Wasseraufnahme bei sehr starkem Tau, Garten, 5. Juni, $6^1/_2$ Uhr; tagsüber heiter, direkt bestrahlt bis 4 Uhr. *C:* Wasseraufnahme bei mäßigem Tau, Garten, 6. Juni, 4 Uhr; tagsüber heiter, nicht direkt bestrahlt. Höchsttemperatur 24°. *D:* Wasseraufnahme bei sehr starkem Tau, Garten, 3. September, 4 Uhr; tagsüber heiter, nicht direkt bestrahlt. Höchsttemperatur 20,5°.

flechte in der 2. Morgenstunde über 7mal mehr Wasser ab als das *Rhizocarpon* und ist dann so erschöpft (2 cg über Null), daß sie sofort anfängt, Wasserdampf zu absorbieren, so daß ihre Kurve

nachmittags 2 Uhr um 3 cg höher endigt als die der Vergleichsflechte. Daraus geht hervor, daß jene gegen direkte Bestrahlung weniger widerstandsfähig ist als diese, bei nicht direkter Bestrahlung aber ist, auf 1 g Flechtenstoff berechnet, die Wasserabgabe der Krustenflechte größer als die der Laubflechte. — Dieser Gegensatz zeigt sich im weiteren Verlauf der Versuchsreihe noch deutlicher: nach 1stündigem, heftigem Regen hat das *Rhizocarpon* auf 1 g um 560 cg, die *Gyrophora* um 443 cg an Gewicht zugenommen, das in der nächsten Stunde bei nachlassendem Regen nur um wenig steigt. Bei dem darauffolgenden trüben Wetter ist die Abgabe der Krustenflechte in der 1. Stunde über 4mal, in der 2. über 3mal, in der 3. 2mal größer als die der Laubflechte. Auch am Vormittag des 2. September übertrifft die Krustenflechte ihre Gegnerin zwischen 6 und 8 Uhr um das 3fache. Mit der nun eintretenden direkten Bestrahlung ändert sich das Verhältnis sofort: in der 1. halben Stunde zu $^5/_4$, in der 2. zu $^1/_2$, in der nächsten Vollstunde zu $^1/_4$ vom Gewichtsverlust der *Gyrophora*. Damit ist diese wieder so erschöpft, daß sie Wasserdampf aufzunehmen beginnt und dank dieser Aufnahme abends 6 Uhr auf der Nullinie endigt, während das *Rhizocarpon* bis 4 Uhr beständig Wasser abgibt, zum Schluß noch 1 cg absorbiert und 6 cg über Null abschließt.

Auch das Lager von *Lecothecium nigrum* (Huds.) Mass. hat sich leicht von seiner Unterlage, devonischem Knotenkalk, trennen und mit *Gyrophora vellea* (L.) Ach. vergleichen lassen. Der Vergleich ergab ganz ähnliche Verhältnisse wie der vorige, nur traten sie weniger auffallend hervor, weil die gleiche Fläche der Laubflechte nur $2^1/_2$mal schwerer war als die der Krustenflechte; diese wog nämlich 0,98 g, jene 2,46 g. Darum beträgt die Gewichtszunahme des *Lecothecium* bei schwachem Tau das $2^1/_2$fache (bei *Rhizocarpon* das 7fache), bei starkem Tau $^7/_6$ (bei *Rhizocarpon* das 3—4fache), bei Regen $^4/_3$ (bei *Rhizocarpon* $^5/_4$), bei künstlicher Bewässerung $^9/_8$ von der der Laubflechte. Doch zeigt sich in beiden Fällen: 1. daß sich der Gegensatz zwischen Laub- und Krustenflechte um so mehr ausgleicht, je reichlicher die Wasserzufuhr erfolgt; je dürftiger dagegen die äußere Zufuhr des durch Abkühlung verflüssigten Wasserdampfes ist, desto mehr ist die Krustenflechte im Vorteil. 2. In dem der Wasseraufnahme folgenden 1. Zeitabschnitt ist der Gewichtsverlust der Krustenflechte immer viel größer

als der der Laubflechte auch bei ungünstigsten Verdunstungsbedingungen. 3. Bei direkter Bestrahlung gibt 1 g Laubflechte mehr Wasser ab als die gleiche Menge Krustenflechte.

Die Reduktion der gefundenen Gewichtsveränderungen auf 1 g Trockensubstanz konnte endlich noch bei *Diploschistes bryophilus* (Ehrh.) Zahlbr. verglichen mit *Gyrophora vellea* durchgeführt werden, weil sie sich ohne Rückstände von ihrer Gesteinsunterlage trennen läßt. Allerdings sind die bei den Wägungen gefundenen Werte nicht den bei *Rhizocarpon obscuratum* gefundenen vergleichbar, weil das abgestorbene Moospolster, über dem sich die Flechte ausbreitet, mit ihr in Zusammenhang bleibt und höchstens an den vorstehenden Rändern entfernt werden kann. Durch seine schwammige Beschaffenheit ist es befähigt, schnell und reichlich Wasser aufzunehmen, zuweilen wohl mehr als das Flechtenlager trotz seiner Hypo- und Epinekralschicht. Um was für Maße es sich hierbei handeln kann, sei an einigen Beispielen erläutert: an einem dünnen Exemplar vom Basalt des Geisingberges im Erzgebirge betrug die Gesamtmächtigkeit 1005 μ, wovon die tiefsten 390 μ bloß aus Moosresten bestanden; die durchschnittliche Mächtigkeit des eigentlichen Flechtenlagers wurde zu 314,4 μ gefunden, wovon auf die Epinekralschicht 24 μ, auf die 6schichtige Gonidienzone 49,7 μ, auf das Mark 241 μ kommen. Zwischen dem reinen Flechtenlager und dem Moospolster ist eine rund 300 μ mächtige Zwischenschicht, bestehend aus einem Gemenge von Moosresten und Flechtenbestandteilen, nämlich Gonidienhüllen nnd abgestorbenen Pilzhyphen. Dieser Abschnitt enthält gegen 50 Hundertteile Lücken, 40 Hundertteile Moos- und 10 Hundertteile Flechtenreste. — Als Höchstmaß der Mächtigkeit habe ich 2800 μ gefunden; dabei war das reine Flechtenlager bloß 236, die Zwischenschicht wieder 300 μ dick. Das reine Flechtenlager erreicht also nicht einmal die Dicke des Thallus von *Gyrophora vellea* mit seinem fast 200 μ mächtigen „dichten Mark". Darum wogen 20 cm^2 von ihr 2,4 g, die gleiche Fläche des *Dipl. bryophilus* aber je nach der Dicke 1,63—2,8 g. Die Versuchsreihen aus beiderlei *Diploschistes*-Lagern ergaben keinen großen Unterschied zwischen Krusten- und Laubflechte sowohl in der Aufnahmefähigkeit für Wasser, als auch in ihrem Widerstand gegen dessen Abgabe.

Im allgemeinen läßt sich daher sagen, daß die Aufnahmefähigkeit einer Krustenflechte verglichen mit der gleichen

Gewichtsmenge einer Laubflechte um so größer ist, je dünner das Lager jener ist; ebenso steht es mit der Abgabefreudigkeit des aufgenommenen Wassers wenigstens für die ersten Zeitabschnitte und bei nicht direkter Bestrahlung.

Kieselflechten im Vergleich zur flechtenfreien Unterlage.

Die Frage, wie die Wasseraufnahme und -abgabe flechtenfreien Kieselgesteins verglichen mit flechtenbewachsenem verläuft, ist an zwei Beispielen verfolgt worden, an *Lecidea bullata* Kbr. von der Riffelalp oberhalb Zermatt (2400 m) und an *Rhizocarpon obscuratum* von der Insel Rügen, jene auf hellem Gneis, diese auf Quarzit. Im ersteren Falle ließ sich das dicke Gesteinsstück parallel zu seiner Oberfläche in zwei gleich große, wenn auch nicht gleich schwere Platten spalten, die obere mit der Flechte, die untere ganz frei von Flechtenwuchs.

In der ersten, Anfang April ausgeführten Versuchsreihe übertraf die Gewichtszunahme der *L. bullata* die ihres Kontrollgneises bei Schnee zusammen mit Regen um das 3-, bei Schnee um das 11-, bei Reif um das 2—4fache. In der Mitte Juli und Anfang August ausgeführten zweiten Versuchsreihe (Fig. 4 *B—D*) wurde die Aufnahmegröße des Kontrollgneises bei Regen um das 2—3fache, bei starkem Tau um das Doppelte, bei schwachem Tau nur um einige Hundertteile übertroffen. Diese scheinbare Ausnahme erklärt sich daraus, daß an dem Tage des schwachen Taufalls die erste Wägung bereits um 4 Uhr vorgenommen worden ist; 3 Stunden später, um 7 Uhr, hatte die Flechte von dem vorher gemessenen Gewichtszuwachs nur $^1/_3$ verloren, der Kontrollgneis aber $^3/_4$. Jene besaß trotz der geringen Wasseraufnahme noch 14 cg, der Kontrollgneis bloß noch 4, die er in den beiden nächsten Stunden trotz nicht direkter Bestrahlung auch noch abgegeben hat.

Das zweite Kennzeichen des Kontrollgneises besteht darin, daß seine Kurve die Nullinie immer früher, meist einige Stunden eher als die des flechtentragenden erreicht. Die einzige Ausnahme hat am 6. Aug. stattgefunden: nach geringer Wasseraufnahme bei schwachem Tau kommen beide um 9 Uhr auf der Nullinie an; während aber die Gneiskurve zwischen 4 und 7 Uhr bei kühlem, nebligem Wetter bis auf 4 cg an sie herangekommen ist, befindet sich die *bullata*-Kurve noch 20 cg über Null, bleibt auch bis 8 Uhr noch 13 cg darüber, um nun erst bei direkter Bestrahlung in

steilem Abfall auf sie herabzusinken. — Dieselbe Tatsache und die ähnliche, daß die *bullata*-Kurve die Nullinie überhaupt nicht oder erst am Nachmittag erreicht, wenn die Gneiskurve schon am Vormittag auf ihr angelangt ist, konnte auch in der ersten Versuchsreihe (s. S. 56) vom April bestätigt werden. — Nach starker Wasseraufnahme infolge nächtlichen Regens am 13. Juli (Fig. 4 *B*) sinkt keine der beiden ersten Kurven bis zur Nullinie herab, aber die Flechtenkurve endigt abends 6 Uhr 44, die Gneiskurve 2 cg über ihr. Die Wasserabgabe im ersten Zeitabschnitt ist beim Kontrollgneis auffallend hoch; sie beträgt z. B. am 4. April $^4/_5$ der gesamten Wasseraufnahme, bei dem flechtenbewachsenen Stein nur $^1/_3$. Bei direkter Bestrahlung gibt *L. bullata* auch noch von seinem Wasservorrat ab, z. B. am 6. Aug. zwischen 9 und 12 Uhr 5 cg, während die Kurve des Kontrollgneises immer auf der Nullinie bleibt. Durch Absorption von Wasserdampf in den sechs Nachmittagsstunden erreicht die Flechte die Nullinie wieder. Diese Fähigkeit, bei Abkühlung in den Abendstunden nach vorausgegangener starker Erwärmung Wasserdampf aufzunehmen und in sich zu verdichten, scheint dem Kontrollgneis ganz abzugehen.

Sie kommt aber einem anderen Kontrollgestein zu, mit dem ich Versuche angestellt habe, nämlich dem schon oben besprochenen feinkörnigen Quarzit von der Insel Rügen. Die an dem Kontrollgneis gefundenen Tatsachen konnten auch bei ihm festgestellt werden. Bloß in einem Punkte unterscheiden sich beide voneinander: bei direkter Bestrahlung, zumal wenn sie länger andauerte, sank seine Kurve unter die Nullinie, meist nur 1 cg (Fig. 2 *C*), in einem Fall um 3 cg und bei starker Erwärmung im Wärmeschränkchen sogar um 5 cg. Daraus geht hervor, daß in ihm ein nicht ganz unbeträchtlicher Wasservorrat steckt, und das ist darauf zurückzuführen, daß der Quarzit auf der Hälfte seiner Oberfläche von *Rhizocarpon obscuratum* bedeckt gewesen war und daß er beim Abkratzen derselben eine Menge kleiner Hyphenteilchen in sich zurückbehalten hatte. Diese sind es ohne Zweifel, welche etwas Feuchtigkeit zurückhalten, sie erst bei andauernder Bestrahlung abgeben. Damit hängt es auch zusammen, daß dieser Quarzit eine, wenn auch nur scheinbare, deutliche Absorptionsfähigkeit für Wasserdampf besitzt.

Für reines Kieselgestein gelten jedenfalls dieselben Sätze, die voriges Jahr für Kontrollkalk verglichen mit Kalkflechten[1]) auf-

1) Bachmann, E., Zur Physiologie der Krustenflechten. Ztschr. f. Bot., Jhrg. 14, S. 218.

gestellt worden sind. Doch sind bei der ungleichen Zersetzbarkeit der Silikatgesteine umfassendere Versuche hierüber wünschenswert. Auch

der Einfluß der Unterlage auf den Wasserhaushalt

konnte nur an einem Beispiel studiert werden, an *Rhizocarpon obscuratum* auf Glimmerschiefer von Rittersgrün im Erzgebirge und auf Quarzit von Rügen. Von der dem unbewaffneten Auge völlig eben erscheinenden Oberfläche des Quarzits ließ sich ein Lagerstückchen nach dem Aufweichen mit einem feinen Skalpell leicht bis zum Grunde abheben und dann in 10 μ dicke Schnitte zerlegen: das aus vielen einzelnen Feldern zusammengesetzte Lager ist 96,8 bis 108 μ mächtig, nimmt nach dem Rande zu aber bis auf 22,4 μ an Dicke ab und führt hier Gonidien nur in einer Schicht, während diese in den dickeren Feldern bis 6schichtig gefunden werden. Hier sind sie jedoch nicht in eine Zone eng zusammengedrängt, sondern durch die ganze Tiefe des Thallus fast gleichmäßig in kleinen Gruppen verteilt. Nach außen ist das gonidienführende Gewebe durch eine braunwandige, bis 8 μ mächtige Rinde abgeschlossen, nach innen durch eine bräunliche 2—3schichtige Grundplatte. Von dieser aus gehen kurze, dicke Fortsätze in die Vertiefungen der Gesteinsoberfläche hinein. — Das Lager auf dem Glimmerschiefer konnte nicht bis in seine ganze Tiefe abgehoben werden, weil der untere, mächtigere Teil von soviel Glimmer- und Quarzkriställchen durchsetzt ist, daß bei seinem Schneiden das Mikrotommesser nach kürzester Frist unbrauchbar werden würde. Der schneidbare Abschnitt ist durchschnittlich 100 μ mächtig und enthält unter der hellbraunen Rinde eine zusammenhängende, 3—4schichtige Gonidienzone, darunter eine gleichmächtige Hyponekralschicht und darunter ein bräunliches Gewebe von abgestorbenen Zellen, nämlich Hyphen und wahrscheinlich auch leeren Gonidienhüllen; doch läßt sich das nicht sicher behaupten, weil die Zellhäute infolge des Verwesungsprozesses einen Ton angenommen haben, der sich von der Chlorzinkjodfärbung nicht deutlich abhebt, oder weil die Zellulose ihrer Wandung chemisch verändert worden ist. — Einen gonidienlosen Protothallus, wie er von *Rhizocarpon* beschrieben wird, habe ich weder an der Rügenischen, noch an der erzgebirgischen Flechte nachweisen können, die Gonidien reichen stets bis an den äußersten Rand des Lagers, sei er noch so dünn.

Von den beiden Lagern zeichnet sich das auf Glimmerschiefer durch größere Aufnahmefähigkeit besonders für Regen, weniger für

Tau aus. Nach ausgiebigem Regen ist die Glimmerschieferflechte immer 2—3 mal schwerer geworden als die Quarzit bewohnende (Fig. 2*C*). Auch bei starkem Tau hat sie mehr als einmal doppelt so viel Wasser aufgenommen, andere Mal jedoch wurde der Überschuß bloß 10 Hundertteile hoch gefunden.

Nach ungefähr gleich starker Wasseraufnahme bei starkem Tau (2. Juni) erfolgte die Wasserabgabe seitens der Quarzitflechte im ersten Zeitabschnitt in fast 4mal größerer Menge (Fig. 2*A*). — Nachdem die Glimmerschieferflechte in der Nacht vom 4. zum 5. Juni fast doppelt so viel Wasser verschluckt hatte wie die Quarzitflechte, ist ihr Wasserverlust in der ersten halben Stunde nicht einmal $^3/_5$ von dem der letzteren; jene behält 10, diese nur 2 cg Wasser zurück (Fig. 2*B*). — Am 6. Juni war bei mäßigem Tau (Fig. 2*C*) die Wasseraufnahme beider Flechten nicht sehr verschieden; die Wasserabgabe erfolgte bis 7 Uhr in der verdeckten Veranda unter einer Glasglocke, sie betrug bei der Glimmerschieferflechte 16, bei anderen 15 cg. Am 3. Sept. (Fig. 2*D*) wurde dieser Versuch unter natürlicheren Bedingungen wiederholt. Die Gewichtsvermehrung wurde um 4 Uhr bei sehr starkem Tau 47 und 25 cg hoch gefunden. Nach der Wägung wurden beide Flechten sofort wieder an dieselbe Stelle des Gartens ausgelegt und erst um 7 Uhr wieder gewogen. In dieser Zeit war die Bodentemperatur von 8 auf 9° gestiegen, die Lufttemperatur betrug zuletzt 10°. Die Glimmerschieferflechte war noch um 2 cg schwerer, die Quarzitflechte um 3 cg leichter geworden, jene hat mehr Wasser verschluckt als verdunstet, diese umgekehrt. — Damit stimmt es wohl überein, daß die Kurve der Quarzitflechte immer früher auf die Nullinie herabsinkt, als die der Glimmerflechte, z. B. am 6. Juni bei heiterem Wetter und nicht direkter Bestrahlung 4 Stunden, am 5. Juni bei direkter Bestrahlung 1 Stunde früher. — Nach sehr starkem Tau hat keine von ihnen die Nullinie erreicht, aber jene endigt 5,5, diese 11 cg über ihr; so geschehen bei heiterem Wetter und nicht direkter Bestrahlung. Ferner unterscheiden sich beide Flechten ganz auffällig durch ihren ungleichen Wasservorrat: bei andauernder direkter Bestrahlung sinkt die Kurve der Glimmerschieferflechte bis nachm. 4 Uhr 13 cg, die andere bloß 4 cg unter die Nullinie. Endlich ist die Fähigkeit, nach starker Entwässerung in den Abendstunden Wasserdampf zu absorbieren bei jener größer als bei dieser. All diese Vorzüge können nur aus der größeren Mächtigkeit des Thallus und im besonderen aus dem Besitz des abgestorbenen

Unterteils des Lagers, der Hyponekralschicht, zu deren Entwicklung es aber nur auf dem Glimmerschiefer gekommen ist, erklärt werden. Die Unangreifbarkeit des Quarzes einerseits, die Zersetzlichkeit des Glimmers und damit die Zerlegbarkeit des Glimmerschiefers erklären zur Genüge, daß das eine Lager nach innen durch eine zusammenhängende, wenige μ dicke Grundplatte, das andere durch eine mehrere 100 μ mächtige Hyponekralschicht abgeschlossen ist.

Auch hierüber wären umfängliche Versuche sehr erwünscht.

Abschnitt III.

Hypothallinische Anhängsel und andere Speicherorgane.

Viel wirksamere Speicherorgane als bei dem Glimmerschiefer-*Rhizocarpon* und vielen anderen auf Kieselgestein wachsenden Krustenflechten finden sich bei den Pannariaceen in den sogenannten „hypothallinischen Anhängseln". Die Vermutung, daß ihnen diese Funktion zukommt, ist schon von Beckmann[1]) im Jahre 1907 ausgesprochen worden. Um die Vermutung auf ihre Richtigkeit zu prüfen, habe ich *Pannaria pezizoides* (Weber) Trevisan und *Lecothecium nigrum* (Huds.) Mass. untersucht und daran noch *Diploschistes bryophilus* (Ehrh.) Zahlbr. geschlossen, obwohl dessen Speicherorgan von ganz anderer Natur ist.

Bei *Pannaria pezizoides* ist der braune, aus toten und lebenden Hyphen zusammengesetzte, sehr poröse Unterteil, der Hypothallus, 300—400 μ mächtig und trägt einen 157—200 μ mächtigen Oberteil mit deutlich differenzierter Rinde, mit zahlreichen, großen, in ein großzelliges Paraplektenchym von Hyphen eingebetteten *Nostoc*-Nestern. Dieser Oberteil enthält keine abgestorbenen Gonidien, ist überhaupt sehr arm an Lücken, dürfte demnach als Speicherorgan geringere Bedeutung haben als ein Hypothallus. — *Lecothecium* besitzt keinen solchen, sondern nur einen blauschwarzen Protothallus, der sich seiner Dünne wegen zum Aufspeichern von Wasser nicht eignet. Aber der korallinische Bau des Thallus und seines braunen, abgestorbenen Unterteils machen ihn zur Aufnahme von Wasser ebenso

---

1) Beckmann, Paul, Untersuchungen über die Verbreitungsmittel von gesteinbewohnenden Flechten im Hochgebirge mit Beziehung auf ihren Thallusbau. Beiblatt zu Englers Botanischen Jahrbüchern, Bd. 38, S. 66. Leipzig 1907.

geeignet wie den Hypothallus der *Pannaria*. Im Querschnitt gesehen besteht das ganze Lager aus kreis- oder länglichrunden Körpern, jene von 100, diese von 154 · 116 μ Durchmesser. Ringsum von einschichtiger, brauner Rinde bedeckt, schließen diese Körper viele vorwiegend radial verlaufende Scytonemafäden und dünnwandige, plasmaarme Umhüllungshyphen ein. Die zwischen diesen befindlichen vielen kleinen Lücken dienen sicher mehr zur Durchlüftung des algenreichen Körpers als zur Wasseraufnahme. Dazu eignen sich die vielen großen Zwischenräume, durch welche die Thalluskörper voneinander getrennt sind, die stellenweise 50 Hundertteile des Gesichtsfeldes ausmachen, viel besser. Der braune Unterteil hat außerdem noch in seinem Innern eine Speichervorrichtung, weil seine Algenzellen und Hyphen sämtlich leer sind. Er stellt demnach eine echte Hyponekralschicht dar, nur daß deren geldrollenartig angeordnete Algenzellen flach scheiben- oder schachtelförmig sind. Die Gesamtmächtigkeit des Lagers beträgt mindestens 600 μ, wovon $^1/_3$—$^1/_2$ auf den braunen Unterteil kommen.

Die Wirksamkeit der beiden Unterteile des Thallus als Wasserspeicher zeigte sich bei Regen sofort daran, daß für das Einzeichnen der Werte in das Millimeterpapier 0,5 mm = 0,1 g gesetzt werden mußte (Fig. 3 *A*, *B*). Erst nachdem die größte Menge des Wassers verdunstet ist, treten Größen auf, die in dem Maßstab 0,5 mm = 0,01 g eingetragen werden können (Fig. 3 *Aa*, *Bb*).

Nach nächtlichem, andauerndem Regen hatte *Lecothecium* etwas mehr an Gewicht zugenommen als *Pannaria* (250 : 210 cg), nach künstlicher Bewässerung noch mehr (277 : 204), das waren im ersten Falle $^2/_3$, im zweiten $^7/_{12}$ von dem Gewichtszuwachs der gleichzeitig geprüften Laubflechte *Gyrophora vellea*. Nach starkem Tau wurde am 4. Juli die Wasseraufnahme fast gleich (96 : 91 cg), nach schwachem Tau am 6. Juli sehr ungleich (51 : 20) gefunden; für die *Gyrophora* betrugen die beiden Größen 130 und 51 cg. Aus diesen Beispielen geht hervor, daß die Kalk- und die gewöhnlichen Kieselflechten von *Pannaria*, noch mehr von *Lecothecium* an Wasseraufnahmefähigkeit übertroffen werden, und daß letztere nicht weit hinter der Laubflechte *Gyrophora vellea* zurücksteht, ihr sogar bei schwachem Tau gleichkommt.

In der Wasserabgabe zeichnen sich die beiden Flechten vor der Laubflechte durch größere Widerstandskraft aus sowohl bei direkter, als auch indirekter Bestrahlung.

Vergleicht man die beiden mit mächtiger Unterlage ausgestatteten Krustenflechten unter sich, so zeigt sich, daß die *Pannaria* bei nicht direkter Bestrahlung, *Lecothecium* bei direkter Bestrahlung den meisten Widerstand leistet.

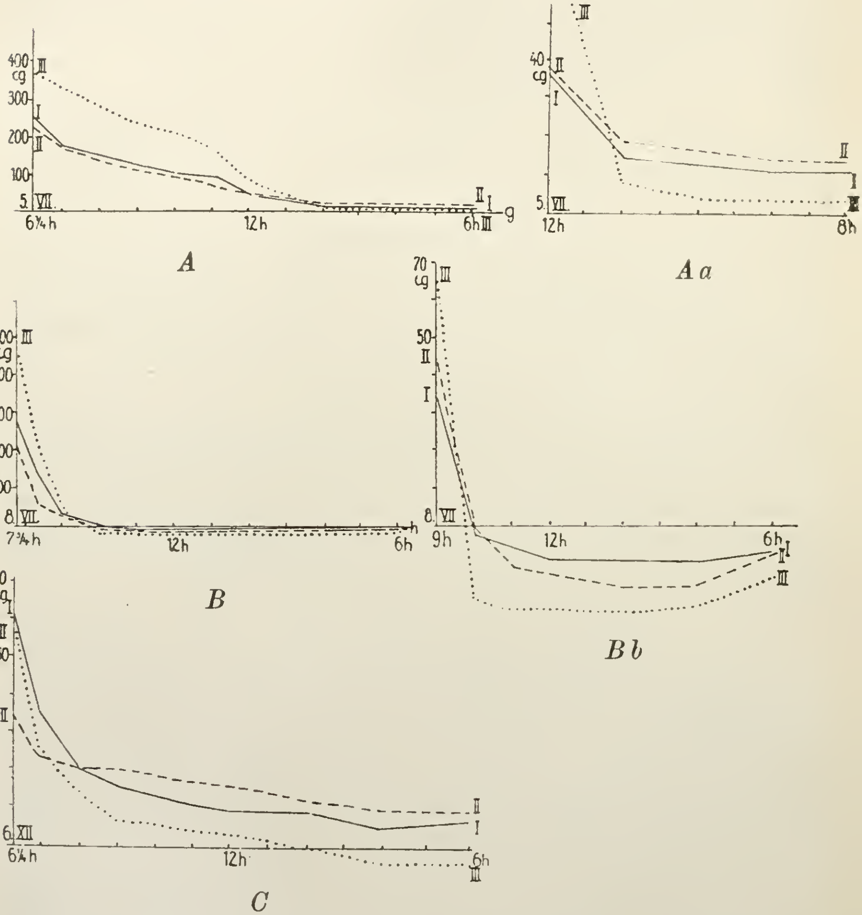

Fig. 3. *I: Lecothecium nigrum* ———, *II: Pannaria pezizoides* — — —, *III: Gyrophora vellea* ··········. *A:* 0,5 mm = 0,1 g. Wasseraufnahme bei Regen, Garten, 5. Juli, $6^1/_4$ Uhr; tagsüber zwischen 7 und 10 Uhr regnerisch, sonst heiter, nicht direkt bestrahlt. *a*: 0,5 mm = 0,01 g, Schluß von voriger Kurve wiederholt. *B:* 0,5 mm = 0,1 g. Wasseraufnahme durch künstliche Bewässerung, 8. Juli, $7^3/_4$ Uhr; tagsüber heiter, von 11 Uhr an zeitweise bewölkt, direkt bestrahlt. *b:* 0,5 mm = 0,01 g. Schluß von voriger Kurve wiederholt. *C:* 0,5 mm = 0,1 g. Wasseraufnahme bei Tau, Garten, 6. Juli, $6^1/_4$ Uhr (nicht 6. XII., wie es versehentlich bei dem Kurvenbilde heißt); tagsüber heiter, nicht direkt bestrahlt.

So wird am 5. Juli nach Regen die *Pannaria*-Kurve um 11 Uhr von der *Lecothecium*-Kurve unterschnitten; im Verlauf des Nachmittags laufen die beiden Kurven bei heiterem Wetter immer weiter auseinander; *Pannaria* endigt 14, *Lecothecium* 11 und *Gyrophora* 3 cg über Null. — Am 6. Juli hatte *Pannaria* bei schwachem Tau nur halb so viel Wasser aufgenommen als *Lecothecium*, trotzdem überschneidet seine Kurve die des letzteren bereits früh 8 Uhr und endigt am Abend 16 cg, *Lecothecium* 7 cg über und *Gyrophora* 4 cg unter Null.

Bei direkter Bestrahlung ist es umgekehrt; dieser widersteht *Lecothecium* besser als *Pannaria*: nachdem am Morgen des 4. Juli die Wasseraufnahme von *Pannaria* nur 5 cg hinter der von *Lecothecium* zurückgeblieben war, überschneidet seine Kurve bei indirekter Bestrahlung die von *Lecothecium* $6^1/_2$ Uhr, wird aber von der *Lecothecium*-Kurve etwas vor 10 Uhr überschnitten, nachdem beide Flechten von 7 Uhr an direkter Bestrahlung ausgesetzt gewesen waren. Gleich nach 10 Uhr bewölkt sich der Himmel, die direkte Bestrahlung wird unterbrochen, aber trotzdem setzt die *Pannaria* ihre Wasserabgabe in verstärktem Grade fort, bis sie 11 Uhr ihren tiefsten Punkt, 8 cg unter der *Lecothecium*-Kurve, 10 cg unter der Nullinie erreicht. Von da an beginnt infolge von Wasserdampfabsorption Gewichtszunahme und erreicht eine solche Größe, daß um 4 Uhr die Nullinie überschritten wird und daß um 6 Uhr die *Pannaria*-Kurve bloß 3 cg unter der des *Lecothecium* endigt. Demnach ist *Pannaria* vor *Lecothecium* auch noch durch größere Aufnahmefähigkeit für Wasserdampf ausgezeichnet; sie stimmt in dieser Beziehung mit *Gyrophora vellea* überein, übertrifft sie sogar noch etwas, wie die Wasserbewegung am 8. Juli erkennen läßt (Fig. 3 *Bb*): nach künstlicher Bewässerung, bei der *G. vellea* fast die doppelte Gewichtszunahme erfahren hat, wie die beiden Vergleichsflechten, wird seine Kurve bei der $8^1/_4$ Uhr beginnenden direkten Bestrahlung schon vor 10 Uhr von den beiden anderen Kurven überschritten und erreicht bereits um 11 Uhr ihren tiefsten Punkt (23 cg unter Null). *Lecothecium* erreicht seinen tiefsten Punkt (9 cg) um 1 Uhr, *Pannaria* (16 cg) erst um 3 Uhr. Von 4 Uhr an aber steigt die *Pannaria*-Kurve infolge von Wasserdampfabsorption so steil an, daß sie um 6 Uhr 8 cg unter Null endigt, nur 1 cg tiefer als die *Lecothecium*-, 6 cg über der *Gyrophora*-Kurve.

Die Vermutung Beckmanns, daß die hypothallinischen Anhängsel der *Pannaria* als Wasserspeicher dienen, hat sich vollauf bestätigt. Sie sind aber ein ganz anderer Wasserspeicher als die Hyponekralschicht der früher beschriebenen Kieselflechten. Diese wirkt durch die vielen Höhlungen ihrer entleerten Gonidien und stimmt darin mit dem braunen Unterteil des Lagers von *Lecothecium* überein, nur daß hier die Wirkung der leeren Gonidienhüllen durch den korallinen Bau des Thallus mit seinen großen Lücken verstärkt wird. Beiden Eigenschaften verdankt sie es, daß ihre Wasseraufnahme fast der der Laubflechten gleich kommt, daß sie diese aber in dem Widerstand gegen die Wasserabgabe noch übertrifft.

Ein Wasserspeicher ganz anderer Art findet sich endlich bei *Diploschistes bryophilus*, das auf seinen Wasserhaushalt zusammen mit *D. scruposus* und *Gyrophora vellea* geprüft worden ist. *D. scruposus* bewohnt allerlei Kieselgestein und ist von mir an vogtländischen und thüringischen Exemplaren untersucht worden. An vorsichtig abgehobenen Lagerstückchen, die im Grunde keine Gesteinssplitterchen enthielten, wurde eine mittlere Mächtigkeit von 980 μ festgestellt. Davon kommen auf die Rinde 7,7—27,1 μ, auf die Gonidienschicht 30—96,8 μ, der Rest auf das aus leeren Gonidienhüllen und Pilzhyphen bestehende Mark. An der thüringischen Flechte wurde als höchste Mächtigkeit 1872 μ gemessen; sie enthält bis in die äußerste Tiefe ungewöhnlich viel leere Gonidienhüllen in ihrer Hyponekralschicht. Das hängt mit der großen Dichte seiner Gonidienzone zusammen, die an Stellen intensivsten Dickenwachstums bis 11schichtig ist und die Gonidien in radialer Anordnung aufweist; an Stellen im Ruhezustande übersteigt die Schichtenzahl selten 3; hier sind die Gonidien von einer deutlichen, zusammenhängenden Rinde bedeckt, während an jenen Stellen die Rinde durch lebhaft nach außen strebende Gonidien vielfach durchbrochen und verdrängt worden ist. Eine Epinekralschicht wird nie bemerkt, was um so auffallender ist, als sie bei *D. bryophilus* stets gefunden wird. Sie ist etwa 24 μ mächtig, enthält meist vier Schichten von Gonidienhüllen, die nicht selten tangential gestreckt sind, und bedeckt eine durchschnittlich 49,7 μ mächtige, bis 6schichtige Gonidienzone.

D. scruposus ist demnach durch die größere Mächtigkeit ihrer Hyponekralschicht ausgezeichnet, *D. bryophilus* durch den Besitz

einer Epinekralschicht und eines mit der Flechte unlösbar verbundenen Moospolsters, über dessen Ausmaße schon oben (S. 41) Angaben gemacht worden sind.

Für Regen hat sich *Diploschistes bryophilus* viel aufnahmefähiger gezeigt als *D. scruposus*, was zu erwarten war. So nahm sie am 11. Juni bei viertelstündigem, leisem Regen 196, bei halbstündigem, heftigem 401, zusammen 597 cg Wasser auf; für *D. scruposus* betrugen die drei Zahlen 216, 184, 399, für *Gyrophora vellea* 190, 380 und 570 cg. Bei künstlicher Bewässerung wurde *D. bryophilus* um 541, *D. scruposus* um 426, *G. vellea* um 531,5 cg schwerer. Die moosbewohnende Flechte übertrifft also sogar die Laubflechte, was bei den Pannariaceen nicht der Fall war. Es muß demnach die Wasseraufnahmefähigkeit von *D. bryophilus* über die aller anderen Krustenflechten gestellt werden.

Bei starkem Tau ist der Unterschied wesentlich geringer, ja eigentlich ganz unwesentlich; denn *D. bryophilus* nahm am 11. September 49, *D. scruposus* 46 cg Feuchtigkeit auf. Der Grund ist ersichtlich: der Tau wird bloß von den obersten Teilen der Flechte verschluckt, der Regen dringt bis in die Tiefen, auch bis in das Moospolster; dieses ist Hauptspeicherorgan für Regen, die Hyponekralzone für Tau. Deshalb übertrifft *D. scruposus* bei starkem Tau öfters nicht nur die Wasseraufnahme von *D. bryophilus*, sondern auch von *G. vellea*, dank seiner mächtigen Hyponekralzone, z. B. am 8. und 9. Juni.

Den Verlauf der Wasserabgabe veranschaulichen folgende Beispiele: Am Morgen des 16. August hatte *D. bryophilus* nach 2stündigem, leisem Regen fast doppelt so viel Wasser aufgenommen als *D. scruposus*; trotzdem ist der Wasserverlust letzterer im Laufe des Vormittags größer; im Laufe des Nachmittags nicht viel geringer als der von *D. bryophilus*. Deshalb schließt 6 Uhr abends die felsbewohnende Flechte nur mit einem Überschuß von 63, die moosbewohnende mit einem von 225 cg ab, d. h. der in den ersten Vormittagsstunden fast doppelt so große Wassergehalt von *D. bryophilus* ist im Laufe des Tages infolge verhältnismäßig geringer Wasserabgabe fast 4mal größer geworden als der von *D. scruposus*. Das ändert sich in der folgenden Nacht, während der die beiden Flechten bei klarem Himmel auf der verdeckten Veranda gelegen hatten. In den 13 Nachtstunden hat *D. scruposus* nur 41, *D. bryophilus* 186 cg Wasser eingebüßt; darauf, in den 4 Vormittagsstunden zwischen 7 und 11 Uhr, verliert bei direkter Bestrahlung *D. scruposus* noch

53 cg Wasser, davon 12 aus dem Vorrat, *D. bryophilus* 99, davon 13 aus dem Vorrat. *D. scruposus* unterschneidet die Nullinie kurz nach 9 Uhr, *D. bryophilus* erst nach 10 Uhr, jene erreicht ihren tiefsten Punkt $10^1/_2$, diese erst 11 Uhr. — Bei dem trüben Wetter des ersten Tages (16. August) laufen die beiden Kurven 9 Stunden lang parallel und endigen mit demselben Abstand (150 cg), mit dem sie früh 9 Uhr begonnen hatten. Anders die Kurve von *G. vellea*; sie konvergiert von Anfang an mit der *bryophilus*-Kurve, unterschneidet sie während der Nacht, die *scruposus*-Kurve erst am 17. August früh 10 Uhr und sinkt bis 11 Uhr auf 32 cg unter Null herab. — Von da an beginnt die Absorption von Wasserdampf, am stärksten seitens des *D. scruposus*; seine Kurve überschneidet deshalb die *bryophilus*-Kurve bereits um 11 Uhr, bewegt sich dann fortwährend 1—3 cg über ihr, um erst abends 6 Uhr mit ihr zusammenzufallen.

Am 30. Juni hatten nach vormitternächtlichem Gewitterregen und nachfolgendem starkem Tau die drei Flechten 375, 481 und 465 cg an Gewicht zugenommen. Davon gab *Diploschistes scruposus* im Lauf der ersten 3 Morgenstunden 300, *D. bryophilus* 357, *Gyrophora vellea* 336 cg ab, *D. scruposus* also im Vergleich zur aufgenommenen Menge am meisten. Im Verlauf der folgenden Stunden wurden bei direkter Bestrahlung noch 85, 131 und 125 cg verdunstet. Dadurch war *D. scruposus* zwischen 11 und 12 Uhr unter Null angekommen und erreichte um 2 Uhr ihren tiefsten Punkt (10 unter Null); *D. bryophilus* ist bereits vor 11 Uhr auf dem Nullpunkt angekommen, unterschreitet ihn um 15 cg, bessert ihren Zustand aber in den Abendstunden durch Aufnahme von 4 cg Wasserdampf.

Am 12. Juni ist trotz sehr ungleicher Aufnahme (197, 360, 487 cg) die Abgabe in den trüben Morgenstunden fast gleich (82, 87, 101 cg); aber in den sechs Nachmittagsstunden betragen die Verluste bei zeitweise heiterem Wetter 100, 153 und 223 cg. Infolgedessen haben sich die drei Kurven beträchtlich genähert: sie enden 15, 120 und 163 cg über der Nullinie, d. h. der Verlust von *D. bryophilus* beträgt $^4/_3$, der von *G. vellea* fast das Doppelte von dem des *D. scruposus*; anders gesagt: *D. scruposus* hat $^{12}/_{13}$, *D. bryophilus* $^2/_3$, *G. vellea* reichlich $^2/_3$ des aufgenommenen Wassers eingebüßt.

Aus diesen Beispielen ist ersichtlich, daß nach starker Wasseraufnahme bei trübem oder regnerischem Wetter die

beiden *Diploschistes*-Arten in der Wasserabgabe gleichen Schritt halten, von *G. vellea* aber überholt werden. — Bei heiterem Wetter verliert *D. bryophilus* mehr Wasser als *D. scruposus*, ihre Kurven konvergieren; bei direkter Bestrahlung ist ihr Wasserverlust noch größer, ihre Kurve wird von der *scruposus*-Kurve überschnitten, wenn auch nur unbeträchtlich. Den Verlust holt *D. bryophilus* durch stärkere Wasserdampfabsorption leicht ein. — *G. vellea* erleidet bei direkter Bestrahlung viel größere Verluste als eine der *Diploschistes*-Arten. — Bei nichtdirekter Bestrahlung verliert *D. scruposus* immer einen größeren Bruchteil des aufgenommenen Wassers als *D. bryophilus*. Diese Eigenschaften, die größere Aufnahmefähigkeit für Regenwasser, der höhere Gehalt an Vorratswasser sind auf Rechnung des Moospolsters zu schreiben[1]).

Eigentümlich ist es, daß bei Tau von *D. scruposus* mehr Wasser aufgenommen wird als von *D. bryophilus*, allerdings nur 4 cg, sogar mehr als von der *Gyrophora* (3—14 cg). Bei heiterem Wetter, aber nicht direkter Bestrahlung gelangt die *scruposus*-Kurve um 10 Uhr auf der Nullinie an, eine Stunde vor der *bryophilus*-Kurve, geht aber nur halb so tief herab (2 cg), so daß eine zweimalige Schneidung stattfindet: kurz nach $6^1/_2$ Uhr wird die *bryophilus*-Kurve unter-, kurz nach 12 Uhr überschnitten. Am 9. Juni erreichen alle drei Kurven bei direkter Bestrahlung schon vor 8 Uhr die Nullinie und überschreiten sie beträchtlich, nämlich *D. scruposus* um 13 cg (11 Uhr), *D. bryophilus* um 20 cg (10 Uhr), *G. vellea* um 21 cg (11 Uhr). Um 6 Uhr abends endigt die erste 7, die zweite 8, die dritte 12 cg unter Null, woraus deutlich hervorgeht, daß *D. bryophilus* nach starker Entwässerung das höchste Absorptionsvermögen für Wasserdampf besitzt. Das ist ganz allgemein eine Eigenschaft aller der Flechten, die viel Vorratswasser besitzen. Zu denen gehören alle Laubflechten, in erster Linie *G. vellea*; daß diese trotzdem von *D. bryophilus* übertroffen wird, kann nur aus deren Eigenheiten, dem Besitz einer Epinekralschicht und des Moospolsters erklärt werden.

Welche Bedeutung dieses für die Tauaufnahme besitzt, erläutert

---

1) Die Kurven für den Wasserhaushalt von *Gyrophora vellea* und die beiden *Diploschistes*-Arten stelle ich etwaigen Interessenten ebenfalls zur Verfügung.

folgender Versuch: Am 29. Juni wurden die beiden *Diploschistes*-Arten, nachdem sie die ganze Nacht über mit der Unterseite nach oben im Garten gelegen hatten, bei starkem Tau auf ihre Gewichtszunahme geprüft; sie betrug für *D. scruposus* 31,5, für *D. bryophilus* 50, für *G. vellea* 59 cg; das ist also eine völlige Umkehrung des obigen Verhältnisses. Da die Wägung eine Stunde früher ausgeführt worden ist als an den beiden Tagen, an denen *D. scruposus* die größte Gewichtszunahme aufwies, kann die niedere Zahl nicht aus Verdunstung des Taues erklärt werden. So bleibt meines Erachtens nur die Möglichkeit übrig, daß die nach oben gewendete Steinunterlage, harter Diabas, den auf ihr verdichteten Tau nicht verschlucken kann, wie es der Thallus mit seinen vielen Höhlungen tut. Aber auch das Moospolster von *D. bryophilus* ist der Verdichtung von Wasserdampf nicht so günstig wie das Flechtenlager, wahrscheinlich weil es viel lockerer ist als dieses und sich darum nicht so stark abkühlt. Jedenfalls ist es eine für das Leben der beiden Arten wichtige Tatsache, daß ihr Lager für die Aufnahme von Wasserdampf und das des *D. scruposus* speziell für Tau eingerichtet ist. Letztere zeichnet sich vor der moosbewohnenden Art aber nur durch die Mächtigkeit ihrer Hyponekralschicht aus, und deshalb dürfte vielleicht der Schluß berechtigt sein, daß diese Zone mit ihren vielen leeren Gonidienhüllen und toten Umhüllungshyphen das Organ der Tauaufspeicherung ist. Die Moosunterlage ist im Gegensatz dazu die Stätte, wo sich ein Überschuß von Regenwasser ansammeln kann.

Um die Frage zu entscheiden, auf Grund welcher Eigenschaft die Gonidienhüllen imstande sind, so viel Tau aufzunehmen, habe ich noch folgende Versuche angestellt: Von dem Gedanken ausgehend, daß diese Membranen mit hoher Hygroskopizität begabt sein könnten, habe ich Rinde von *Sambucus nigra*, *Pinus silvestris* und *Robinia Pseudacacia*, die von einem dichten *Pleurococcus*-Überzug ganz grün aussah, zugleich mit algenfreien Rindenstücken gleicher Abkunft und mit gleichgroßer Oberfläche denselben Bedingungen ausgesetzt, wie vorher die Flechten. Die Algenzellen sind vorher durch zweistündiges Erhitzen auf 140° getötet worden, um alle an lebendes Plasma und Chlorophyll geknüpften Stoffwechselvorgänge auszuschließen. Dann zeigte sich für die Aufnahme von Tau nicht der geringste Unterschied zwischen den algenbedeckten und algenfreien Rindenstücken. Die Tauaufnahme, ebenso die Wasserdampfabsorption sind folglich nicht auf übermäßige Hygroskopizität

der Algenmembranen zurückzuführen. So bleibt nichts anderes übrig, als daß es die Porosität des bei *D. scruposus* besonders mächtigen Nekralgewebes ist, das die Wasseraufnahme in ihren vielen Lücken und Höhlungen begünstigt.

Von den dreierlei besprochenen unterseitigen Thallusanhängseln der Flechten übertrifft demnach das Moospolster von *Diploschistes bryophilus* als Speicherorgan für Regen sowohl die hypothallinischen Anhangsorgane von *Pannaria pezizoides*, als auch den braunen Unterteil von *Lecothecium nigrum*. Alle drei reichen in der Aufnahmefähigkeit für Wasser fast an die Laubflechten heran, übertreffen diese aber in dem Widerstand gegen dessen Abgabe. Die Aufnahme von Tau wird am meisten durch das Hyponekralgewebe von *D. scruposus* begünstigt.

Abschnitt IV.

Epinekralschicht und Pseudokutikula.

Um die Frage nach der biologischen Bedeutung dieser beiden Schichten zu lösen, sind mehrere Versuchsreihen ausgeführt worden: zuerst ist der Wasserhaushalt von *Lecidea bullata* mit dem von *L. speira* Ach. geprüft worden.

Der abgehobene Lagerabschnitt von *L. bullata* war durchschnittlich 240 μ mächtig und bestand aus drei Schichten: die unterste, etwa 110 μ mächtige bestand aus dem Mark, einem farblosen Plektenchym von größtenteils entleerten Hyphen; darauf folgte die durchschnittlich 70,4 μ mächtige, selten mehr als 5schichtige Gonidienzone, deren große Algenzellen von sehr plasmareichen Umhüllungshyphen umschlossen sind, so daß sie mit jenen zusammen ein sehr dunkles, mosaikartig aussehendes Gewebe bilden. Durch lückenreiche Vorsprünge des Markes wird die Gonidienzone in viele einzelne nesterartig nebeneinander liegende Abschnitte zerlegt. Nach außen ist sie durch eine rund 64 μ mächtige Epinekralschicht abgeschlossen, deren leere Gonidienhüllen in radialen Reihen angeordnet und durch dickwandige, plasmaarme Rindenzellen voneinander getrennt sind. Selten werden leere Gonidienhüllen im Mark bemerkt.

Lecidea speira auf Porphyr von Altenberg im Erzgebirge besitzt in seinem bis 252 μ mächtigen Lager zu unterst eine braune, parallelfaserige Schicht von abgestorbenen Hyphen, zu äußerst eine 15,5—20 μ dicke farblose Rinde, deren 5—6 μ großen Zellen einen

3 μ großen Plasmakörper führen und deren Wände von Jod nicht gebläut werden, wie die der nächsten 27,1—38,7 μ mächtigen Schicht, die als eine Fortsetzung des Markes angesehen werden kann, denn

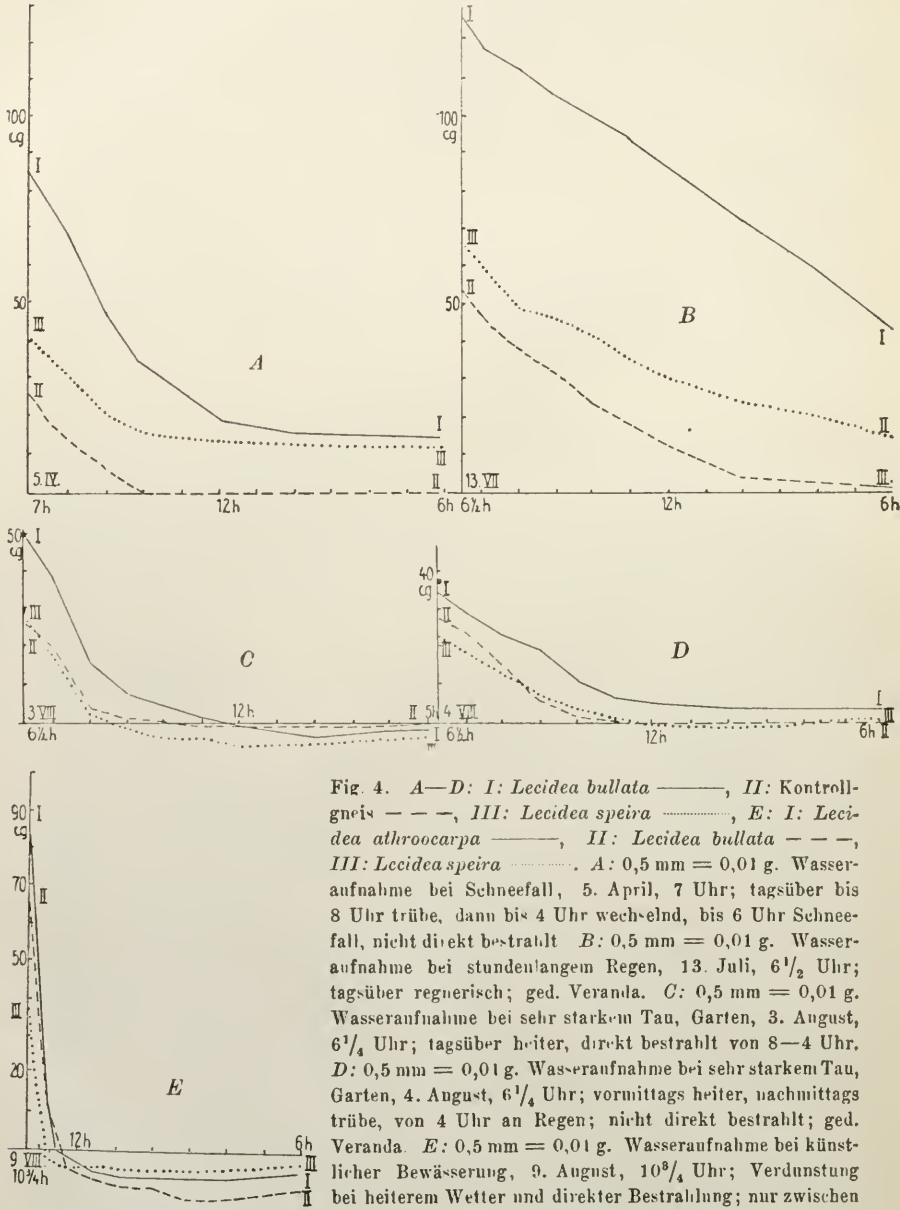

Fig. 4. *A—D: I: Lecidea bullata* ———, *II:* Kontrollgneis — — —, *III: Lecidea speira* ·····, *E: I: Lecidea athroocarpa* ———, *II: Lecidea bullata* — — —, *III: Lecidea speira* ·····. *A:* 0,5 mm = 0,01 g. Wasseraufnahme bei Schneefall, 5. April, 7 Uhr; tagsüber bis 8 Uhr trübe, dann bis 4 Uhr wechselnd, bis 6 Uhr Schneefall, nicht direkt bestrahlt. *B:* 0,5 mm = 0,01 g. Wasseraufnahme bei stundenlangem Regen, 13. Juli, $6^1/_2$ Uhr; tagsüber regnerisch; ged. Veranda. *C:* 0,5 mm = 0,01 g. Wasseraufnahme bei sehr starkem Tau, Garten, 3. August, $6^1/_4$ Uhr; tagsüber heiter, direkt bestrahlt von 8—4 Uhr. *D:* 0,5 mm = 0,01 g. Wasseraufnahme bei sehr starkem Tau, Garten, 4. August, $6^1/_4$ Uhr; vormittags heiter, nachmittags trübe, von 4 Uhr an Regen; nicht direkt bestrahlt; ged. Veranda. *E:* 0,5 mm = 0,01 g. Wasseraufnahme bei künstlicher Bewässerung, 9. August, $10^3/_4$ Uhr; Verdunstung bei heiterem Wetter und direkter Bestrahlung; nur zwischen 12 und 2 Uhr zeitweise bewölkt.

ihre Zellwände werden gleich denen der Markhyphen von Jod gebläut. Noch weiter nach innen folgen dann die zu kleinen Gruppen vereinigten Gonidien mit ihren Umhüllungszellen; sie bilden eine etwa 50 μ mächtige Schicht. Unter ihr liegt das farblose Mark mit sehr viel leeren Gonidienhüllen, also eine echte Hyponekralschicht. Sie wird von Adern der Amyloidhyphen durchzogen, die sich nach Zusatz von Chlorzinkjodlösung durch ihre Blaufärbung deutlich von den roten Gonidienhüllen abheben. Läßt man die Schnitte eintrocknen, so entstehen dort, wo das Amyloidgewebe ist, große Lücken; läßt man Wasser zufließen, so verschwinden sie wieder, nur die kleineren Lücken der leeren Gonidienhüllen bleiben bestehen.

Die im April bei Schnee, Eis und Reif durchgeführte erste Versuchsreihe mit diesen beiden so verschieden gebauten, nahe verwandten Flechten gibt zugleich Antwort auf die Frage nach der Wasserversorgung der Krustenflechten unter so ungünstigen Lebensbedingungen. Sie durchzuführen, schien mir nicht überflüssig, nachdem durch Henrici[1]) nachgewiesen worden ist, daß höhere Pflanzen noch bei -15^0 zu assimilieren vermögen. Folgende Ergebnisse seien ausgeführt: Die Wasseraufnahme der *L. bullata* übertrifft bei Regen- und Schneegemisch, sowie bei reinem Schneefall die von *L. speira* um das Doppelte; bei Reif hingegen ist die Gewichtszunahme beider Flechten fast gleich, zuweilen die von *L. speira* größer als jene. Im Sommer waren die Befunde folgende: Regen wurde von *L. bullata* ungefähr doppelt so viel aufgenommen als von *L. speira;* bei Tau (Fig. 4*B*) betrug die Gewichtszunahme jener $^2/_3$ bis $^4/_3$, bis zum Doppelten (Fig. 4*C*, *D*) von dem Zuwachs dieser. Dieser Widerspruch des Verhältnisses zwischen Tau und Reif erklärt sich daraus, daß im Sommer das infolge von Abkühlung auf den beiden Steinflechten verdichtete Wasser sofort verschluckt worden ist, wie an dem matten Aussehen der beiden Lager erkannt werden konnte. Nach den kalten Aprilnächten aber war bei Lupenbetrachtung deutlich ein glänzender Überzug von Eistäfelchen zu sehen. Der Porphyr ist wahrscheinlich ein besserer Wärmeleiter als der Gneis, kühlt sich darum stärker ab und verdichtet deshalb auf seiner Oberfläche mehr Wasserdampf zu Eis, das schon während der Wägung schmilzt und alsbald verdunstet. Dafür spricht auch die zweite Tat-

1) Henrici, Marg., Zweigipflige Assimilationskurven. Basel 1921. Ref. in Zeitschr. f. Bot., Jahrg. 14, S. 252.

sache, daß der Wasserverlust der bereiften *L. speira* in dem ersten Zeitabschnitt zwischen 7 und $7^1/_2$ Uhr trotz der niedrigen Temperatur von 2—3° C $1^1/_2$mal mehr beträgt als der von *L. bullata*. Im allgemeinen entspricht die Wasserabgabe der Wasseraufnahme: hat *L. bullata* das Doppelte von *L. speira* aufgenommen, so gibt sie nachher das Doppelte ab, und zwar verteilt sich die Wasserabgabe so, daß am Vormittag 4—5mal so viel verdunstet wie am Nachmittag. Das konnte Anfang April sowohl bei direkter Bestrahlung, wie auch bei bewölktem Himmel bestätigt werden, sowohl nach vorausgegangener starker Aufnahme von Schnee und Regen, wie auch nach schwacher Tau- oder Reifaufnahme. Dieser Satz gilt jedoch nicht mehr für den Juli mit seinen höheren Temperaturen: bei regnerischem Wetter (Fig. 4*B*) ist die Wasserabgabe der *L. bullata* am Vormittag nicht größer als in den 6 Nachmittagsstunden, bei *L. speira* 2mal größer. Bei geringer Wasseraufnahme (Tau) ist die Abgabe des aufgenommenen Wassers gewöhnlich schon am Vormittag beendigt (Fig. 4*C*, *D*). Aber sowohl bei trüber Witterung, als auch bei direkter Bestrahlung gelangt die *speira*-Kurve etwas früher auf der Nullinie an als die von *L. bullata*. Bei direkter Bestrahlung (3. August) macht sich dieser Gegensatz stärker bemerklich als bei bewölktem Himmel: die *speira*-Kurve ist bereits früh 9 Uhr 2 cg unter der Nullinie angekommen, *L. bullata* überschreitet sie erst nachmittags 2 Uhr um 1 cg. Bei andauernd regnerischem Wetter (13. Juli) erreicht keine (Fig. 4*A*) der beiden Kurven die Nullinie, aber die von *L. bullata* bleibt 43, die von *L. speira* bloß 14 cg über ihr. Daß diese Verzögerung der Verdunstung, diese größere Widerstandsfähigkeit gegen Wasserverlust dem Vorhandensein der Epinekralschicht zuzuschreiben ist, läßt sich nicht unbedingt behaupten.

Später wurden *Lecidea bullata* und *L. athroocarpa* den verschiedensten Bedingungen ausgesetzt, um die Wirkung der Epinekralschicht der ersten und der Pseudokutikula der zweiten zu erkennen.

Das zerschnittene Lagerstück von *L. athroocarpa* auf Porphyr von Predazzo in Südtirol hatte 787 μ Mächtigkeit, war aber in den unteren 644 μ von zahllosen Gesteinssplittern durchsetzt. Der oberste, durchschnittlich 140 μ mächtige Abschnitt war gesteinsfrei und bestand von außen nach innen aus der 8 μ dicken Pseudokutikula, der 31 μ mächtigen Rinde, der 96,8 μ mächtigen Gonidienzone und einem etwa 40 μ mächtigen Streifen eines ziemlich dichten

Plektenchyms, in dem nach Zusatz von Chlorzinkjod auch zahlreiche Gonidienhüllen zu sehen sind. Von hier aus reichen diese wenigstens 160 μ tief in das gesteinssplitterführende Mark hinein, so daß man der Flechte eine 200 μ mächtige Hyponekralzone zuschreiben muß. Die Rinde ist 8—10schichtig, ihre Zellen sind 4—5, selten 6 μ dick, sehr plasmaarm, dickwandig und völlig lückenlos miteinander verbunden. Die nach dem Tode abgeplatteten bilden am Außenrand der Rinde die Pseudokutikula, die sich hiernach von dem viel dickeren, zum Teil aus Gonidienhüllen zusammengesetzten „dichten Häutchen" der *Lecanora badia* von Predazzo unterscheidet.

Die Aufnahmefähigkeit für Regen war bei beiden Flechten fast immer gleich (Fig. 4 *E*), die für Tau ebenfalls oder auch bei *Lecidea athroocarpa* etwas größer. Ein Einfluß der Epinekralschicht oder Pseudokutikula auf die Wasseraufnahme ist nicht erkennbar, was bei ihrer Dünne auch nicht zu erwarten war; diese Eigenschaft hängt vom Bau des ganzen Lagers, insbesondere von seiner Mächtigkeit ab. Andererseits sprechen gewisse Tatsachen dafür, daß die Pseudokutikula in Gemeinschaft mit der mächtigen und dichten Rinde die Abgabe von Wasser verlangsamen kann. Nachdem z. B. in der Nacht vom 1. zum 2. August beständig leiser Regen niedergegangen war, der auch während des ganzen folgenden Tages andauerte, zeigte *L. bullata* einen Gewichtszuwachs von 126,5, *L. athroocarpa* von 99 cg. Das aufgenommene Wasser wurde von ersterer bis auf 25 cg abgegeben und zwar in so gleichmäßiger Weise, daß die Kurve fast aussieht wie mit dem Lineal gezogen. Die von *L. athroocarpa* läuft der ersten bis 11 Uhr parallel, von da an senkt sie sich schwächer und endigt 24 cg über der Nullinie. Bis 11 Uhr hat *L. athroocarpa* 40, *L. bullata* 40,5 cg abgegeben, in den sechs Nachmittagsstunden jene 34 und diese 54. Erstere hat demnach genau $^3/_4$, die zweite etwas weniger als $^3/_4$ des aufgenommenen Wassers verloren. In den Nachmittagsstunden ist bei *Lecidea athroocarpa* zwar eine Verzögerung der Wasserabgabe eingetreten, allein am Vormittage hat sie 40, *L. bullata* nur 32 Hundertteile des aufgenommenen Wassers eingebüßt. — Am 4. August hatten beide Flechten bei sehr starkem Tau 36 cg über Null erstiegen; davon gibt *L. athroocarpa* bis 9 Uhr 16, bis 2 Uhr noch 9 cg, *L. bullata* aber 13 und 14 cg ab. Infolgedessen zieht die *athroocarpa*-Kurve bis 10 Uhr unter der *bullata*-Kurve hin, überschneidet sie aber dann und bleibt bis 6 Uhr abends unausgesetzt einige Millimeter über ihr. Die Verdunstung ist in diesem

Falle bei heiterem Wetter, aber nicht direkter Bestrahlung vor sich gegangen; demnach kann für regnerisches und klares Wetter eine Hebung der *athroocarpa*-Kurve festgestellt werden. — Nach sehr starkem Tau hatte am 6. August *L. athroocarpa* 36, *L. bullata* nur 24 cg Wasseraufnahme; davon gab die erste bis 9 Uhr 31,5, die zweite 21 cg ab. In Aufnahme und Abgabe verhalten sich beide Flechten wie 3 : 2. Während der 5 nächsten Stunden, bis 2 Uhr nachmittags, kehrte sich das Verhältnis um: *L. athroocarpa* gab nur 9, *L. bullata* 14 cg ab. Zwischen 4 und 6 Uhr nahm jene sogar noch 1 cg Wasserdampf auf und endigte darum 8 cg, diese 6 cg über Null.

Von dieser Regel, daß bei *L. athroocarpa* eine nachträgliche Verlangsamung der Wasserabgabe eintritt, gibt es allerdings Ausnahmen, auf die nicht näher eingegangen werden soll.

Ob hierbei die Epinekralschicht der einen und die Pseudokutikula der anderen einen Einfluß ausüben, läßt sich nicht behaupten, um so weniger als die gleichzeitig mit geprüfte *L. speira*, der weder die eine noch die andere Schicht eigen ist, die beiden anderen Flechten an Widerstandskraft gegen Wasserabgabe übertrifft. Diese Tatsache hat sich herausgestellt, als am 9. August diese drei Flechten künstlich bewässert worden waren: obgleich *L. speira* nur halb so viel Wasser aufgenommen hatte wie *L. athroocarpa* und nicht einmal die Hälfte von *L. bullata*, wird ihre Kurve bei direkter Bestrahlung doch schon nach $^3/_4$ Stunde von den beiden anderen Kurven unterschnitten und endigt 6 Uhr abends 6 cg unter Null, die beiden anderen 8 und 10 cg.

Alle diese Untersuchungen endigen mit einem negativen Ergebnis: die Erwartung, daß die Epinekralzone oder doch wenigstens die Pseudokutikula einen verzögernden Einfluß auf die Wasserabgabe ausüben würden, hat sich nicht beweisen lassen. Dies steht im Widerspruch zu den Befunden bei *Lecanora badia* aus Südtirol und aus dem Erzgebirge. Durch wiederholte Versuche konnte die im vorigen Jahre gewonnene Ansicht bestätigt werden, woraus die Folgerung zu ziehen ist, daß Vergleiche einer Flechte, die eine der beiden Schichten besitzt, mit einer anderen Art ohne solche für die Beantwortung der Frage nicht ausschlaggebend sind. Wenn es aber gelänge, eine im Schatten gewachsene *Lecidea athroocarpa* ohne Pseudokutikula zu finden und mit der Sonnenform zu vergleichen, so würden sicherlich Unterschiede nachweisbar sein.

Abschnitt V.

Zusammenfassung.

Die beiderlei felsbewohnenden Laubflechten *Umbilicaria pustulata* und fünf *Gyrophora*-Arten übertreffen in ihrer Aufnahmefähigkeit für Regen alle kalk- und kieselbewohnenden Krustenflechten ganz bedeutend. Einigermaßen nahe kommen ihnen — ohne sie zu erreichen — nur die Krustenflechten mit unterseitigen Anhängseln, nämlich *Pannaria* mit ihrem Hypothallus, *Lecothecium* durch seinen korallinen Bau und seine mächtige Hyponekralschicht und *Diploschistes bryophilus* durch sein abgestorbenes Moospolster. — *Umbilicaria pustulata* verdankt ihre große Aufnahmefähigkeit hauptsächlich ihrer spalten- und grübchenreichen Oberflächenbeschaffenheit, *Gyrophora* der Mächtigkeit seines „dichten Markes". Bei den kieselbewohnenden Krustenflechten ohne unterseitige Anhängsel muß die Hyponekralschicht als Hauptaufnahmeorgan angesehen werden; mit ihrer Mächtigkeit und ihrem Reichtum an leeren Gonidienhüllen wächst die Aufnahmefähigkeit der Flechte für zugeführtes flüssiges Wasser, wie an *Diploschistes scruposus* verglichen mit *Lecidea*-Spezies oder am Vergleich des auf Quarzit und Glimmerschiefer wohnenden *Rhizocarpon obscuratum* zu sehen ist. Die Aufnahmefähigkeit der endolithischen Kalkflechten beruht auf der Porosität des durch Gonidien und Hyphen zerfressenen Gesteins.

Der auf gleiche Oberfläche bezogenen Fähigkeit, flüssiges Wasser aufzunehmen, steht die auf gleiche Gewichtsmengen (1 g Trockensubstanz) gegenüber: sie ist bei kieselbewohnenden Krustenflechten stets größer als bei Laubflechten, um so größer, je dünner das Lager der letzteren ist. Aber auch ihre Abgabefreudigkeit ist größer als die der Laubflechten, im ersten Zeitabschnitt nach erfolgter Wasseraufnahme ganz besonders. Dagegen kann sich in den Nachmittagsstunden bei direkter Bestrahlung das Verhältnis umkehren: die Laubflechte hat stärkere Wasserverluste als die Krustenflechte, ihre Kurve sinkt unter die Nullinie, während die der Krustenflechte über ihr bleibt.

Die Aufnahmefähigkeit für Tau ist bei den Laubflechten meist nur um einen Bruchteil größer als bei Krustenflechten mit gleicher Oberfläche oder sogar um 4—13 Hundertteile kleiner (verglichen mit *Diploschistes scruposus*).

Die kalk- und kieselbewohnenden Krustenflechten sind vor den felsbewohnenden Laubflechten durch größere Widerstandskraft gegen die Abgabe von Wasser ausgezeichnet, was bei direkter Bestrahlung noch deutlicher hervortritt als bei indirekter oder bei regnerischem Wetter. Bei den Kalkflechten kann das aus der Porosität des von ihnen bewohnten Kalks oder Dolomits erklärt werden, bei den Kieselflechten aus der unzähligen Menge entleerter Gonidien und Hyphen der Hyponekralschicht, bei *Pannaria* aus der dichtfilzigen Beschaffenheit des Hypothallus, bei *Diploschistes bryophilus* aus der gleichen Beschaffenheit des Moospolsters. Dagegen ist der koralline Bau von *Lecothecium* weniger zum Festhalten als zur Aufnahme von viel Wasser geeignet.

Die Aufnahmefähigkeit für dampfförmiges Wasser nach starker Entwässerung ist unter den Laubflechten bei *Gyrophora vellea* und *cylindrica* größer als bei *Umbilicaria*, auffallend größer als bei *G. cirrosa*, unter den Krustenflechten am größten bei den beiden *Diploschistes*-Arten und bei *Pannaria*, bei *Rhizocarpon obscuratum* auf Glimmerschiefer größer als bei der gleichen Flechte auf Quarzit.

Die leeren Gonidienhüllen der Hyponekralzone, denen all diese Vorzüge der Krustenflechten zu danken sind, wirken nicht durch eine ungewöhnliche Hygroskopizität ihrer Wände. Das hat sich gezeigt, als gleichartige Rinden mit und ohne grünen Algenüberzug auf ihren Wasserhaushalt geprüft wurden: sie zeigten, nachdem der Zellinhalt getötet worden war, keinen Unterschied in der Tauaufnahme. Man wird darum annehmen müssen, daß sich die vielen Höhlungen mit Wasserdampf füllen, nachdem die Wände mit flüssigem Tau gesättigt worden sind. Nur bei anhaltendem Regen werden sie flüssiges Wasser enthalten.

Beim Vergleich von Kieselgestein bewohnenden Flechten mit flechtenfreiem Gestein gleichen Ursprungs zeigte sich in zwei Fällen, daß letzteres hinter ersterem an Aufnahmefähigkeit zurückbleibt, daß es das äußerlich anhaftende Wasser viel schneller abgibt, besonders aber im ersten Zeitabschnitt viel Wasser verliert. Wasserdampf vermögen diese Kontrollgesteine, von besonderen Umständen abgesehen, nicht aufzunehmen.

Ein und dieselbe Krustenflechte, auf verschiedenem Gestein gewachsen, verhält sich dem Wasser gegenüber ganz verschieden: leicht zersetzbare Gesteine begünstigen, wie es scheint, die Entstehung eines mächtigeren Thallus mit Hyponekralzone und ermöglichen

darum die Aufnahme und das Festhalten größerer Wassermengen in flüssigem und gasförmigem Zustande.

Die Pseudokutikula, vielleicht auch die Epinekralschicht, verlangsamen wahrscheinlich die Verdunstung des aufgenommenen Wassers, was aber nur aus dem Vergleich von Standortsformen derselben Art, einer mit und einer anderen ohne dieses „dichte Häutchen", sicher erschlossen werden kann.

Ihrer großen Widerstandsfähigkeit gegen Wasserabgabe, selbst bei direkter Bestrahlung, verdanken viele mit Hyponekralschicht ausgestattete Krustenflechten die Kunst, freistehende Felsen über und über zu besiedeln, nicht allein an der Nord- und Westseite, sondern auch an der den Sonnenstrahlen am stärksten ausgesetzten Südseite. Mit dieser Eigenschaft vereinigt *Diploschistes scruposus* auch noch die, Tau und Wasserdampf in erhöhtem Grade aufzunehmen, und diesen Vorzügen ist es jedenfalls zuzuschreiben, daß sie auf sonnigen Basalthalden nicht nur gedeiht, sondern andere Krustenflechten überwuchert und sie zum Absterben zwingt. — Auch von *Gyrophora*-Arten sieht man quadratmetergroße Flächen derselben Felsen bedeckt, aber nach meinen Beobachtungen nie an der Südseite; jedenfalls bevorzugen sie in den mir bekannten Erzgebirgsstationen die weniger besonnten Felsflächen, weil sie der direkten Bestrahlung geringeren Widerstand entgegensetzen können. —

Im Gegensatz zu den mit besonderen Speicherorganen ausgestatteten Krustenflechten gibt es auch welche, die mangelhaft ausgerüstet sind und dennoch Hunderte von Quadratmetern bedecken, wie *Rhizocarpon geographicum* DC. Als ich seine dickstkrustige Form *geronticum* Ach. mit *Lecidea bullata* und *speira* den gleichen Bedingungen ausgesetzt habe, zeigte es sich in jeder Beziehung unterlegen, in der Wasseraufnahme und in der Festigkeit, mit der das Wasser zurückgehalten worden ist. Man wird daraus schließen dürfen, daß es kieselbewohnende Krustenflechten gibt, deren Plasma Austrocknung leichter verträgt und vielleicht bei geringerem Wassergehalt als andere Flechten seine Assimilationstätigkeit ausüben kann. Doch ist dies nur eine Annahme, die durch umfängliche Assimilationsversuche bestätigt werden müßte. Sehr wünschenswert wäre es, wenn hierbei und bei der etwaigen Fortsetzung der Untersuchung über den Wasserhaushalt der Flechten der jeweilige Wasserdampfgehalt der Luft hygroskopisch festgestellt würde. — Daß solche Assimilationsversuche an Flechten durchführ-

bar sind, lehrt die oben angeführte Arbeit von M. Henrici und die von Thomas[1]) angeführte Tatsache, daß eine aus der Libyschen Wüste stammende Flechte in England 5 Jahre lang am Leben geblieben und gewachsen ist, obgleich man ihr kein flüssiges Wasser zugeführt hat.

1) Thomas, H. H., Some observations on plants in the Libyan desert. Journ. of Ecology, 1921, 9, 75—88; ref. in Botan. Centralbl., N. F., I, 283.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik

Jahr/Year: 1923

Band/Volume: 62

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

Artikel/Article: Untersuchungen über den Wasserhaushalt einiger Felsenflechten. 20-64