

<b>Zeitschrift:</b>	Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz = Matériaux pour la flore cryptogamique suisse = Contributi per lo studio della flora crittogama svizzera
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Naturforschende Gesellschaft
<b>Band:</b>	9 (1939)
<b>Heft:</b>	1
<b>Artikel:</b>	Über die Biologie von Flechtenbildnern
<b>Autor:</b>	Thomas, Eugen A.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-821072">https://doi.org/10.5169/seals-821072</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 08.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

BEITRÄGE  
ZUR  
**KRYPTOGAMENFLORA**  
DER  
**SCHWEIZ**

---

AUF INITIATIVE DER SCHWEIZ. BOTANISCHEN GESELLSCHAFT  
UND AUF KOSTEN DER EIDGENOSSSENSCHAFT  
HERAUSGEGEBEN VON  
EINER KOMMISSION DER SCHWEIZ. NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT

---

**Band 9, Heft 1**

**Über die Biologie  
von Flechtenbildnern**

Von  
**EUGEN A. THOMAS**

BERN  
Kommissionsverlag Buchdruckerei Büchler & Co.  
1939

# Kommissionsverlag Buchdruckerei Büchler & Co., Bern

## BEITRÄGE ZUR KRYPTOGAMENFLORA DER SCHWEIZ

Auf Initiative der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft und  
auf Kosten der Eidgenossenschaft herausgegeben

Band I, Heft 1 :

### **Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über Rostpilze**

Von Prof. Dr. ED. FISCHER. 132 Seiten, gross 8°, mit 2 Tafeln. Preis Fr. 2.—

Band I, Heft 2 :

**Die Farnkräuter der Schweiz** Von Dr. HERMANN CHRIST in Basel  
189 Seiten, gross 8°. Preis Fr. 2.—

Band I, Heft 3 (vergriffen) :

**Algues vertes de la Suisse** Par R. CHODAT

Band II, Heft 1 :

**Le « Boletus subtomentosus » de la région genevoise** Par CH.-ED. MARTIN  
50 Seiten, gross 8°, mit 18 Tafeln. Preis Fr. 7.—

Band II, Heft 2 :

**Die Uredineen der Schweiz** Von Prof. Dr. ED. FISCHER  
685 Seiten, gross 8°, mit 342 Figuren. Preis Fr. 14.—

Band III, Heft 1 :

**Les Mucorinées de la Suisse** Par ALF. LENDNER  
182 Seiten, gross 8°, mit 59 Figuren und 3 Tafeln. Preis Fr. 5.—

Band III, Heft 2 :

**Die Brandpilze der Schweiz** Von Prof. Dr. H. C. SCHELLENBERG  
225 Seiten, gross 8°, mit 79 Figuren. Preis Fr. 5.—

Band IV, Heft 1 :

**Die Kieselalgen der Schweiz** Von FR. MEISTER  
261 Seiten, mit 48 Tafeln. Preis Fr. 14.—

Band IV, Heft 2 :

**Monographies d'Algues en culture pure** Par R. CHODAT  
278 Seiten, mit 9 Tafeln. Preis Fr. 12.—

Band V, Heft 1 :

**Die schweizerischen Protomycetaceen mit besonderer Berücksichtigung ihrer  
Entwicklungsgeschichte und Biologie** Von GÜNTHER VON BÜREN in Bern  
95 Seiten, gross 8°, mit Textfiguren und 7 Tafeln. Preis Fr. 7.—

**Zu beziehen durch alle Buchhandlungen**

BEITRÄGE  
ZUR  
**KRYPTOGAMENFLORA**  
DER  
**SCHWEIZ**

---

AUF INITIATIVE DER SCHWEIZ. BOTANISCHEN GESELLSCHAFT  
UND AUF KOSTEN DER EIDGENOSSENSCHAFT  
HERAUSGEGEBEN VON  
EINER KOMMISSION DER SCHWEIZ. NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT

---

**Band 9, Heft 1**

**Über die Biologie  
von Flechtenbildnern**

Von  
**EUGEN A. THOMAS**

BERN  
Kommissionsverlag Buchdruckerei Büchler & Co.  
1939

# Über die Biologie von Flechtenbildnern

Von

EUGEN A. THOMAS

BERN  
Kommissionsverlag Buchdruckerei Büchler & Co.  
1939

# Inhaltsübersicht

	Seite
Einleitung . . . . .	9
Kapitel I. Methodik zur experimentellen Untersuchung von Flechtenbildnern . . . . .	10
A. Methodik zur experimentellen Untersuchung von Flechtenpilzen . . . . .	10
1. Beschaffung des Materials . . . . .	10
2. Sporenschleudern der Aszi . . . . .	11
3. Einfluss der Temperatur auf das Keimen der Sporen . . . . .	13
4. Erzielung von Reinkulturen . . . . .	14
5. Verwendete Kulturmedien . . . . .	15
6. Wachstum in Abhängigkeit von der Azidität . . . . .	18
7. Systematische Charakterisierung der Kulturen . . . . .	20
8. Das Impfen von Flechtenpilzen für Versuchsreihen . . . . .	22
B. Methodik zur experimentellen Untersuchung von Flechtenalgen . . . . .	23
1. Erzielung von Reinkulturen . . . . .	23
2. Systematische Charakterisierung der Kulturen . . . . .	24
3. Das Impfen von Flechtenalgen für Versuchsreihen . . . . .	25
Kapitel II. Über das Wachstum von Flechtenbildnern in Kultur . . . . .	26
A. Überblick über die wichtigeren Versuche mit Flechtenbildnern . . . . .	26
1. Flechtenpilze . . . . .	26
2. Flechtenalgen . . . . .	29
B. Flechtenanalysen und Temperatur- und Nährstoffansprüche der Flechtenbildner . . . . .	30
1. <i>Baeomyces byssoides</i> (Flechte 27) . . . . .	30
1 a) <i>Baeomyces byssoides</i> (Flechte 80) . . . . .	32
2. <i>Baeomyces roseus</i> (Flechte 52) . . . . .	32
3. <i>Cladonia digitata</i> (Flechte 18/19) . . . . .	34
4. <i>Cladonia digitata</i> (Flechte 67) . . . . .	37
5. <i>Cladonia digitata</i> (Flechte 30/31) . . . . .	39
6. <i>Cladonia digitata</i> (Flechte 87) . . . . .	43
7. <i>Cladonia rangiferina</i> (Flechte 92) . . . . .	45
8. <i>Cladonia squamosa</i> (Flechte 34) . . . . .	46
9. <i>Cladonia pyxidata f. chlorophaea</i> (Flechte 15/16) . . . . .	49
10. <i>Cladonia pyxidata f. chlorophaea</i> (Flechte 20/21) . . . . .	53
11. <i>Cladonia pyxidata f. chlorophaea</i> (Flechte 37/38) . . . . .	55
12. <i>Cladonia pyxidata f. chlorophaea</i> (Flechte 39/40) . . . . .	58
13. <i>Cladonia pyxidata f. chlorophaea</i> (Flechte 41/42) . . . . .	62
14. <i>Cladonia fimbriata v. apolepta f. ochrochlora</i> (Flechte 12/13) . . . . .	65
14 a) <i>Cladonia pyxidata f. chlorophaea</i> (Flechte 11) . . . . .	68

	Seite
15. <i>Cladonia fimbriata</i> v. <i>apolepta</i> f. <i>ochrochlora</i> (Flechte 32/33) . . . . .	69
16. <i>Cladonia fimbriata</i> v. <i>apolepta</i> f. <i>ochrochlora</i> (Flechte 35/36) . . . . .	73
17. <i>Cladonia fimbriata</i> v. <i>simplex</i> f. <i>minor</i> (Flechte 88) . . . . .	76
18. <i>Cladonia Botrytes</i> (Flechte 105) . . . . .	78
19. <i>Stereocaulon paschale</i> (Flechte 26) . . . . .	79
20. <i>Physcia pulvra</i> (Flechten 63 und 58) . . . . .	82
21. <i>Anaptychia ciliaris</i> (Flechte 71) . . . . .	85
22. <i>Xanthoria parietina</i> (Flechte 59) . . . . .	86
22 a) <i>Xanthoria parietina</i> (Flechte 73) . . . . .	89
23. <i>Xanthoria parietina</i> (Flechte 60) . . . . .	90
24. <i>Xanthoria parietina</i> (Flechte 43) . . . . .	92
24 a) <i>Xanthoria parietina</i> (Flechten 55 und 56) . . . . .	94
24 b) <i>Xanthoria polycarpa</i> (Flechte 101) und <i>X. candelaria</i> (Flechte 102)	96
25. <i>Caloplaca murorum</i> (Flechte 44) . . . . .	97
26. <i>Caloplaca murorum</i> (Flechte 66) . . . . .	99
27. <i>Caloplaca cerina</i> (Flechte 54) . . . . .	101
28. <i>Caloplaca cerina</i> (Flechte 61) . . . . .	102
29. <i>Caloplaca elegans</i> (Flechte 65) . . . . .	105
30. <i>Icmadophila ericetorum</i> (Flechten 14, 17, 22, 25, 28) . . . . .	107
31. <i>Candelariella vitellina</i> (Flechte 46) . . . . .	111
32. Einige weitere kultivierte Flechtenpilze . . . . .	114
 Kapitel III. Vergleichender Überblick zu den Untersuchungen kul- tivierter Flechtenbildner. . . . .	 115
A. Nährstoffansprüche der Flechtenbildner . . . . .	115
1. Nährstoffansprüche der untersuchten Flechtenpilze . . . . .	115
2. Nährstoffansprüche der untersuchten Flechtenalgen . . . . .	119
3. Vergleich der Nährstoffansprüche der untersuchten Flechtenbildner	123
B. Temperaturansprüche der Flechtenbildner . . . . .	125
1. Temperaturansprüche der untersuchten Flechtenpilze . . . . .	125
2. Temperaturansprüche der untersuchten Flechtenalgen . . . . .	128
3. Vergleich der Temperaturansprüche der untersuchten Flechten- bildner . . . . .	131
 Kapitel IV. Klärung einiger flechtenbiologischer Einzelfragen auf Grund von Versuchen . . . . .	 136
A. Untersuchungen über die Spezifität der Thallus- und Podetienalgen bei <i>Cladonien</i> . . . . .	136
B. Zur Spezialisierung von Flechtenpilzen auf bestimmte Wirtsalgen . . . .	139
C. Zur Übereinstimmung der Flechtenalgen in lokalen Flechtengesellschaften	142
D. Über die Flechtenstoffbildung . . . . .	144
1. Der Begriff «Flechtenstoff» . . . . .	144
2. Flechtenstoffbildung durch reinkultivierte Flechtenpilze . . . .	145
3. Abhängigkeit der Flechtenstoffbildung vom Licht . . . . .	146
4. Abhängigkeit der Flechtenstoffbildung von der Ernährung . . . .	149
5. Abhängigkeit der Flechtenstoffbildung von der Temperatur . . . .	149
6. Praktische Bedeutung der Flechtenstoffbildung kultivierter Pilze .	150

	Seite
E. Zur Bedeutung der Flechtenstoffe für die Flechten . . . . .	151
1. Bisherige Ansichten über die Bedeutung von Flechtenstoffen innerhalb der Flechte . . . . .	151
2. Bedeutung von Flechtenstoffen für das Wachstum von Flechtenalgen	151
F. Widerstandsfähigkeit von Flechtenbildnern gegen Trockenheit . . . . .	153
1. Widerstandsfähigkeit von Flechtenpilzen . . . . .	153
2. Widerstandsfähigkeit von Flechtenalgen . . . . .	155
3. Widerstandsfähigkeit von Flechten . . . . .	155
G. Widerstandsfähigkeit von Flechtenbildnern gegen Wärme . . . . .	155
H. Bau des Flechtenpilzthallus in Kultur . . . . .	156
 Kapitel V. Die Stellung der Flechtenbildner im natürlichen System der Pflanzen . . . . .	158
A. Möglichkeiten der systematischen Flechtengruppierung vor Schwendener	158
B. Möglichkeiten der systematischen Flechtengruppierung nach Schwendener	160
1. Gruppierung der Flechten auf Grund des ganzen Flechtenkörpers .	160
a) Der gegenwärtige Stand der « Flechtensystematik » . . . . .	160
b) Einwände gegen die Verwendung des Flechtenthallus als Ein teilungsmerkmal . . . . .	161
2. Gruppierung der Flechten auf Grund der Flechtenalgen . . . . .	161
a) Bedingungen für eine Gruppierung auf Grund der Flechtenalgen	161
b) Einwände gegen eine Gruppierung auf Grund der Flechtenalgen	162
c) Die Stellung der Flechtenalgen im natürlichen System der Pflanzen . . . . .	162
d) Die Bezeichnung « Gonidien » für Flechtenalgen . . . . .	163
3. Gruppierung der Flechten auf Grund des Flechtenpilzes . . . . .	163
a) Die Flechtenpilze als eigene systematische Gruppe . . . . .	163
b) Die Stellung der Flechtenpilze im natürlichen System der Pilze	164
c) Die Flechten als gesonderte, nach den Pilzen geordnete Gruppe	165
d) Die Flechtenpilze als biologische Gruppe . . . . .	165
e) Die Nomenklatur der Flechtenpilze . . . . .	168
f) Unsere Kenntnisse über die Entwicklung der Apothezien und Pyknidien bei Flechtenpilzen . . . . .	170
 Kapitel VI. Flechtensynthesen in Reinkultur . . . . .	187
A. Die Syntheseversuche von Bonnier (1889) . . . . .	187
B. Eigene Syntheseversuche . . . . .	188
1. Syntheseversuche, die nicht zu flechtenähnlichen Gebilden führten .	188
2. Syntheseversuche, die zu flechtenähnlichen Gebilden führten . . .	189
C. Ausblick für Flechtensynthesen in Reinkultur . . . . .	195
1. Die Lebensbedingungen für das Zustandekommen von Flechten .	195
2. Zur Methodik für Flechtensynthesen in Reinkultur . . . . .	196
D. Zusammenfassung der Erkenntnisse aus unseren Syntheseversuchen .	197
 Zusammenfassung . . . . .	199
Literaturverzeichnis . . . . .	201
Erklärungen zu den Tafeln . . . . .	207



# Einleitung

In meiner im Winter 1934/1935 am Institut für spezielle Botanik der E. T. H. ausgeführten Diplomarbeit (« Die Flechtenpilze als Grundlage der Flechtensystematik ») traten viele unbeantwortete flechtenbiologische Fragen auf, von denen in der vorliegenden Arbeit ein Teil zur Untersuchung gelangt.

Nach methodischen Erörterungen im ersten Kapitel werden im zweiten Kapitel einige Flechten analysiert und ihre Bestandteile untersucht, worüber im dritten Kapitel eine Besprechung folgt. Im vierten Kapitel wenden wir uns biologischen Sonderfragen zu, während das fünfte Kapitel die Stellung der Flechtenbildner im natürlichen Pflanzensystem behandelt. Schliesslich versuchen wir in einem sechsten Kapitel Flechtensynthesen, die auch heute noch ungleich schwieriger sind als Flechtenanalysen.

Gerne danke ich meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. E. G ä u m a n n für die Leitung dieser Arbeit und für das Fördern meiner Weiterbildung. Herr Dozent Dr. W. K o c h stellte mir jederzeit seinen wertvollen Rat zur Verfügung. Herrn Dozenten Dr. O. J a a g verdanke ich die Einführung in das Studium der Flechten und in die Methodik des Mikromanipulierens.

Meinen schwedischen Lehrern Herrn Prof. Dr. E. D u R i e t z und Herrn Prof. Dr. E. M e l i n danke ich für die freundliche Aufnahme und das grosse Entgegenkommen während meines Aufenthaltes, ebenso den dortigen Studienfreunden. Die Herren Prof. Dr. D u R i e t z und Dozent Dr. D e g e l i u s hatten die Freundlichkeit, meine untersuchten Flechten zu bestimmen oder zu bestätigen.

Frl. Dr. H. R a t h s , Apothekerin, überliess mir in freundlicher Weise verschiedenes lebendes Flechtenmaterial. Herr Assistent C h. A. T e r r i e r , dipl. sc. nat., unterstützte meine Arbeit in vielen Einzelheiten. Ihnen und den übrigen Damen und Herren unseres Institutes danke ich ebenfalls für ihre Aufmerksamkeiten.

Herrn Prof. Dr. E. R ü s t und seinen Mitarbeitern verdanke ich die sorgfältige Ausführung sämtlicher Photographien.

# Kapitel I

## Methodik zur experimentellen Untersuchung von Flechtenbildnern

### A. Methodik zur experimentellen Untersuchung von Flechtenpilzen

#### 1. Beschaffung des Materials

##### a) Jahreszeit und Standort.

Man war bisher geneigt anzunehmen, dass Flechtenpilzsporen, wenn sie nicht keimen, oder wenn sie nicht einmal ausgeschleudert werden, nicht reif genug seien und schrieb dies der Jahreszeit zu. Im Gegensatz zu Werner (1927, S. 68) lieferten, wie aus Kap. II hervorgeht, Flechten aus verschiedenen Gegenden der Schweiz auch in den Monaten September—Dezember reichlich keimfähige Askosporen. Folgende Beobachtungen zeigen, dass die Keimfähigkeit der Sporen nicht nur von der Jahreszeit, sondern auch vom Standort abhängig ist.

Von zwei im September gesammelten *Collema*flechten lieferte die an einem schattigen Waldbach gefundene zirka 90 % keimfähige Sporen. Die andere hatte an der Böschung einer in eine Wiese gegrabenen Steingrube gestanden; ihre Sporen trieben keine Keimschläuche.

Ferner gaben die Sporen einer im dichten, schattigen Walde gewachsenen *Peltigera canina* sehr gute Keimzahlen, während die Sporen eines gleichzeitig am Waldrand gesammelten Stückes nicht keimten.

Ursache für die Schädigung dürfte die stärkere Insolation sein; denn feuchte Apothezien von *Peltigeromyces horizontalis* (über die Benennung der Flechtenpilze vgl. Kapitel V, B, 3, e) verlieren bei Temperaturen von über 30° die Fähigkeit, Sporen zu schleudern. Die Sonne vermag von Regen oder Tau befeuchtete Apothezien so stark zu erwärmen.

Da die Flechtenpilzapothezien während mehreren Jahren keimfähige Sporen bilden, muss nach solchen schädlichen Temperatureinflüssen eine Regeneration möglich sein. Bei dem langsamen Wachstum der Flechtenpilze mögen dazu einige Wochen oder Monate nötig sein. Allgemein beobachtet man, dass die ersten nach der sommerlichen Störung auf-

tretenen Sporen nicht keimfähig sind. Das wären die bei über 30° im Apothezium getöteten Sporen, die den jungen, neue Sporen bildenden Aszi Platz machen müssen.

*b) Witterung.*

Es scheint ungünstig, das Material nach andauernden Regenfällen zu sammeln. Die Sporenabgabe alter und junger Apothezien war dann spärlich, weil sie offenbar durch die Feuchtigkeit bereits die Hauptmenge der Sporen ausgeschleudert hatten.

*c) Dauer der Keimfähigkeit bei trockenem Material.*

Man hat beobachtet, dass Flechtenpilzsporen von ihrer Keimfähigkeit kaum etwas einbüßen, wenn die Apothezien einige Zeit der Trockenheit ausgesetzt blieben. Werner (1927, S. 11) erhielt nach zwei Monaten noch keimfähige Sporen, wenn er die Flechten im Laboratorium kühl aufbewahrte.

Ein Nachweis anhaltender Keimkraft von Sporen gelang für *Caliciomyces hyperelli*. Herr Dr. O. Jaag hatte das *Calicium* im Juli 1934 gesammelt und mir freundlicherweise ein Stück davon zur Untersuchung überlassen. Nach einem achtmonatigen Aufenthalt der Flechte in trockener, zeitweise über 24° warmer Laboratoriumsluft keimten noch über 80 % der Sporen.

## 2. Sporenschleudern der Aszi

*a) Schleuderhöhen.*

Zur Beobachtung der Flughöhen der Sporen einiger Flechtenpilze wurden in eine gedeckte Glasschale mit feuchtem Fliesspapier unter einen schräggestellten Objekträger drei Längsreihen gleicher Apothezien gelegt. Auf dem Objekträger befand sich eine Skala über die Entfernung von den Apothezien; nach zwei Tagen beobachtete ich die Sporen unter dem Mikroskop.

Bei *Peltigeromyces horizontalis* flog die Hauptmasse der Sporen 1—7 mm hoch. Bei diesen geringen Abständen lagen die Sporen enger beisammen, weil hier die schräggeschleuderten Sporen weniger seitlich fliegen konnten infolge der durch den kleineren Abstand kleineren Flugbahn. Die maximale Schleuderhöhe der Aszi beträgt 16 mm; nur vereinzelte Sporen fliegen so hoch. *Peltigeromyces aphthosae* schleuderte seine Sporen bis 8 mm hoch, *Peltigeromyces venosae* bis 24 mm, *Lobariomyces pulmonariae* bis 31 mm und *Physciomyces pulverulenta*e bis 23 mm.

*Xanthoriomyces parietinae* schleuderte die Hauptmasse der Sporen 1—9 mm hoch, vereinzelte bis 17 mm (vgl. auch Bartusch 1931, S. 134).

*b) Einfluss der Feuchtigkeit auf das Ausschleudern.*

Flechtenpilze brauchen zum Ausschleudern der Askosporen Feuchtigkeit. Werner (1927, S. 12) und Bartusch (1931) nehmen an, dass die Sporen durch langsames Eintrocknen der Apothezien ausgespresst würden, bzw. dass überschüssige Feuchtigkeit die Ejakulation verzögere (wie Ziegenspeck, 1926, S. 342).

In den Versuchen dieser Arbeit war jedoch oft die Sporenausschleuderung bei nassen, sogar in einem Wassertröpfchen liegenden Apothezien zu beobachten und nie eine hemmende Wirkung von überschüssiger Feuchtigkeit (übereinstimmend mit Falk, 1923, S. 93 u. S. 104—105).

*c) Einfluss der Befeuchtungszeit auf das Ausschleudern.*

Im Dezember gesammelte Apothezien von *Peltigeromyces horizontalis* zeigten 5 Stunden nach der Befeuchtung reichliche Sporenejakulation. Zur Prüfung der Keimfähigkeit wurden die ausgeschleuderten Sporen in feuchter Atmosphäre bei 18° aufbewahrt, welche Massnahme auch für die folgenden Beobachtungszeiten gilt. Nach 19- und 33stündiger Befeuchtung nahm die Menge ausgeschleuderter Sporen kaum ab, erheblich aber nach 57 Stunden. Nach 71ständigem Verbleiben in der Feuchtigkeit war die Mehrzahl der ausgeschleuderten Sporen schon äußerlich als unreif zu bezeichnen, was sich durch die grösse Durchsichtigkeit und die schlecht ausgebildete Septierung zu erkennen gab. Bis zu 95 Stunden vermochte das Apothezium nur noch wenige und unreife Sporen zu schleudern.

Die Keimproben ergaben, dass schon die zwischen 19 und 33 Stunden nach Versuchsbeginn ausgeschleuderten Sporen stark verminderte Keimfähigkeit aufwiesen, nämlich zirka 30 % gegenüber zirka 65 % der nach 5 Stunden geschleuderten. Von den zwischen 33 und 57 Stunden geschleuderten Sporen trieben nur noch vereinzelte Keimschlüche. Nach 57 Stunden oder später ausgeschleuderte Sporen keimten nicht.

Wenn auch die Zahlen je nach dem Zustand des verwendeten Materials etwas schwanken mögen, so geht für *Peltigeromyces horizontalis* daraus hervor :

1. Mit zunehmender Zeit nimmt die Sporenschleuderfähigkeit feuchter Apothezien ab.
2. Mit zunehmender Zeit nimmt die Keimfähigkeit der von feuchten Apothezien geschleuderten Sporen ab.

*d) Einfluss der Temperatur auf das Ausschleudern.*

Zur Prüfung dieser Frage gelangten in Petrischalen auf feuchtem Fliesspapier Apothezien von *Peltigeromyces horizontalis* und *Xanthoromyces parietinae* zu den Temperaturen 3°, 6°, 9° usw. bis 36°; die geschleuderten Sporen wurden im hängenden Tropfen aufgefangen.

Zwischen  $3^{\circ}$  und  $27^{\circ}$  hatte die Temperatur kaum einen Einfluss. Bei  $30^{\circ}$  schleuderten die Pilze nur vereinzelte Sporen, *Peltigeromyces* mehr als *Xanthoriomyces*, bei  $33^{\circ}$  und  $36^{\circ}$  keine. Die einer Temperatur von  $33^{\circ}$  oder  $36^{\circ}$  ausgesetzten Apothezien schleuderten nachher auch bei Zimmertemperatur keine Sporen mehr.

### 3. Einfluss der Temperatur auf das Keimen der Sporen

Bei Zimmertemperatur während fünf Stunden ausgeschleuderte Sporen von *Xanthoriomyces parietinae* wurden im hängenden Tropfen Nährlösung zu Temperaturen von  $3^{\circ}$ ,  $6^{\circ}$ ,  $9^{\circ}$  usw. bis  $36^{\circ}$  gebracht. Um weniger abhängig von der Beschaffenheit des Sporenmaterials zu sein, befanden sich bei jeder Temperatur Sporen aus verschiedenen Apotheken. Die Ergebnisse nach 2, 3, 4,  $4\frac{1}{2}$  und 6 Tagen sind in Abb. 1 dargestellt.

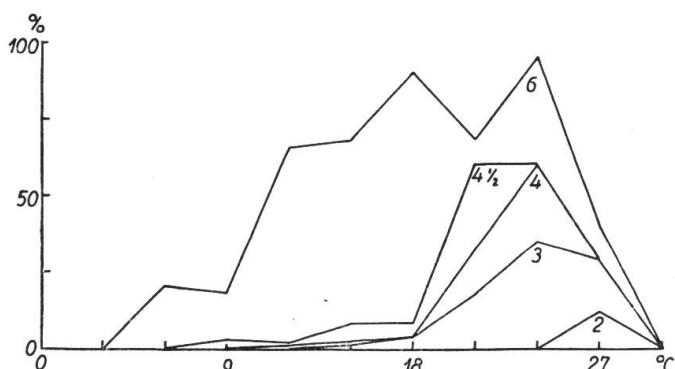


Abb. 1

Abhängigkeit der Sporenkeimung von der Temperatur bei *Xanthoriomyces parietinae* (L.). Die %-Zahlen bedeuten keimende Sporen nach 2, 3, 4,  $4\frac{1}{2}$  und 6 Tagen.

Bei  $30^{\circ}$  und bei höheren Temperaturen keimten die Sporen nicht. Der vorher körnige Inhalt erschien glasig. Auch bei Zimmertemperatur waren die Sporen nachher keimunfähig; die Temperatur von  $30^{\circ}$  hatte sie getötet. Bei  $27^{\circ}$  keimten die Sporen zuerst. Es war aber ein erzwungenes Keimen, denn die Sporen erreichten die maximale Keimzahl nicht und die nur kurzen Keimschlüche starben bald ab. Bei  $24^{\circ}$  war die Keimzahl nach wenigen Tagen maximal und die Keimschlüche blieben lebenskräftig. Bei  $21^{\circ}$  trat eine Störung des Versuchs auf. Bis hinunter zu  $12^{\circ}$  war die Keimfähigkeit der Sporen gut. Mit zunehmender Zeit fanden wir auch bei tieferen Temperaturen zunehmende Keimungszahlen.

Bei Temperaturen von  $15$ — $21^{\circ}$  waren Sporen, die aus beiden Zellen keimten, häufiger als bei  $24^{\circ}$  und bei  $27^{\circ}$ ; ebenso wiesen jene, wenn sie einmal gekeimt hatten, mehr Verzweigungen und ein regeres Wachstum auf. Spätere Temperaturversuche mit dem Pilz bestätigten, dass

die günstigste Wachstumstemperatur des Pilzes etwas tiefer liegt als die günstigste Keimtemperatur der Sporen (Abb. 21 bis 23). Die Temperaturspanne des günstigsten Wachstums liegt wie die der günstigsten Keimung zwischen 12° und 24°, wobei die höheren Temperaturen für die Keimung besser sind.

Für *Peltigeromyces horizontalis* fand ich ein Keimungsoptimum von 18°. Temperaturen von 24° und mehr zerstörten die Sporen, was an ihrer Deformation und an der Unfähigkeit zu keimen kenntlich war.

Für das Anlegen von Reinkulturen sind nach diesen Versuchen tiefere Temperaturen günstiger, als Werner (1927, S. 12) angibt.

#### 4. Erzielung von Reinkulturen

a) Aus Askosporen nach der Petrischalenmethode: In den Deckel einer mit sterilem Malzagar gefüllten, umgekehrten Petrischale brachte ich Apothezien oder bei kleinfrüchtigen Formen ganze Thallusstücke, die ich vorher gründlich gewaschen hatte, ähnlich wie Werner (1927, S. 12). Sie gelangten auf feuchte Holdermarkstücke, die so hoch waren, dass die ausgeschleuderten Sporen die über ihnen liegende Nährbodendecke erreichten, ohne den Nährboden zu berühren; sonst traten Infektionen ein. Nach einigen Stunden war die Aussaat vollzogen, und ich konnte die Apothezien herausnehmen oder unter eine noch nicht mit Sporen bestreute Agarfläche stellen. Nach 4—7 Tagen sah man auf der Platte mit Lupe oder schwacher mikroskopischer Vergrößerung einerseits Sporenhäufchen, normalerweise keimend, anderseits gediehen Bakterien, Hefen und unerwünschte Pilze. In einigen Fällen schleuderten die Apothezien auch reines Sporenmaterial und es entstanden keine Infektionen. Fast immer aber war es möglich, infektionsfreie Stellen mit Flechtenpilzsporen zu finden. Die keimenden Sporen wurden in Reagensgläser übertragen.

Öfters änderte ich diese Methode so, dass ich die Petrischalen nicht umkehrte, sondern die befeuchteten Apothezien mit Vaseline in den Deckel klebte und die Sporen hinunterschleudern liess.

b) Aus Askosporen mittels Mikromanipulator: Die emporgesleuderten Sporen fing ich im hängenden Tropfen auf, isolierte sie mit dem Mikromanipulator und wusch sie mit sterilem Wasser aus der Mikropipette. Dann übertrug ich je eine Spore in ein Reagensglas. Gegenüber der ersten Methode hat diese den Vorteil der absoluten Sauberkeit, aber den Nachteil, dass es bei dem langsamen Wachstum der Pilze einige Monate länger dauert, bis man über genügend Impfmateriel für Versuche verfügt. Einsporkulturen von Flechten-

pilzen können aber bei Syntheseversuchen wertvoll sein im Hinblick auf die Frage der Heterothallie.

c) Aus keimenden Askosporen mittels Mikromanipulator: Wie vorher gewann ich Sporen im hängenden Tropfen, wartete aber bis sie Keimschläuche aussandten und isolierte nur keimende Sporen. Diese Methode hat den Vorteil, dass man keine toten Sporen isoliert; aber an den Keimschläuchen haften gelegentlich Bakterien, die mit der Mikropipette nicht wegzuwaschen sind. Man wird die Methode nur verwenden, wenn die Prozentzahl keimfähiger Sporen sehr klein ist, was durch vorhergehende Keimversuche zu prüfen ist.

d) Aus Soredien: Man streut etwas feinsten Soredienstaub über die Malzagarschicht einer Petrischale und beobachtet nach 7—14 Tagen. Einzelne Soredien werden frei sein von fremden Pilzen und Bakterien. Auf dem günstigen Nährboden trennen sich Pilz und Alge aus ihrem Verband, und durch sorgfältiges Abimpfen kann man Reinkulturen von beiden erhalten. Von der Alge lassen sich dann leicht Einzellkulturen herstellen. Diese Methode kommt nur in Frage, wenn keine Askosporen zur Verfügung stehen. Besser ist auch dann das folgende Verfahren.

e) Aus Hyphenstücken mittels Mikromanipulator: Man zerdrückt ein Stück Thallus oder Soredien zu einem Brei, gibt Wasser dazu und bringt einen Tropfen davon in die feuchte Kammer des Mikromanipulators. Mit der Mikropipette isoliert man möglichst kleine, aber doch lebensfähige Hyphenstücke und überträgt sie in Reagensgläser. Günstig sind Stücke mit Verzweigungen oder Stücke, die mit einer toten Algenzelle in Verbindung stehen. Diese Methode ist besonders wertvoll für Flechten, die nur steril bekannt sind. Man kann auf diese Weise den Pilz kultivieren und durch den Vergleich mit anderen Flechtenpilzkulturen vielleicht etwas über seine Verwandtschaft aussagen (*Lepraria*, *Dufourea*, *Thamnolia*, *Letharia arenaria*, *Psoroma* [= *Crocynia*?] *lanuginosum* usw.).

## 5. Verwendete Kulturmedien

### a) Wachstum der Keimschläuche in Erdlösung.

Unter dem Mikroskop wurde bei einem hängenden Tropfen von Erdlösung (Herstellung vgl. c) eine günstige Stelle auf dem Deckglas mit Tusche umrahmt und an verschiedenen Tagen die gleiche Spore bei Zimmertemperatur beobachtet und gezeichnet.

Bei *Cladoniomyces pyxidatae* zeigte die beobachtete Spore nach 2 Tagen einen Keimschlauch, doppelt so lang wie die Spore selbst. Nach 6 Tagen hatte dieser Keimschlauch sich auf das sechsfache verlängert

und eine Abzweigung gebildet; auf der anderen Seite der Spore war ebenfalls ein Keimschlauch ausgewachsen. Die nach 9 Tagen verlängerten Keimschläuche wiesen weitere Verzweigungen auf. Der Inhalt der Spore mit sechs grösseren, ölartigen Tröpfchen schien unverändert. Zwischen dem 9. und 13. Tage verschwanden die Ölträpfchen; an ihrer Stelle blieben nur einige Pünktchen. Die Hyphen waren weiter ausgewachsen und wiesen jetzt erstmals Querwände auf.

Anders wuchsen die Keimschläuche von *Xanthoriomyces parietinae*. Nach 3 Tagen waren zwei Keimschläuche von der Länge der Spore vorhanden. Schon nach dem dritten Tage hatte der eine Querwände gebildet. Weitere Querwände und auch Verzweigungen traten nach 6 Tagen auf. Bei diesen Sporen nahm der Zellinhalt von Anfang an ab; es wurden aber auch sehr früh Querwände gebildet. Im Gegensatz zu den Hyphen von *Cladoniomyces* stellten die Hyphenenden von *Xanthoriomyces* plötzlich ihr Wachstum ein und der Pilz wuchs durch eine Verzweigung weiter.

Als Kuriosum sei das Auffinden dreizelliger Sporen von *Xanthoriomyces parietinae* erwähnt, die aus allen drei Zellen keimten.

Die mauerförmigen Sporen von *Collematomyces* keimten aus mehreren Zellen, wobei auch die Reservestoffe nichtkeimender Zellen verschwanden, so dass die Spore schliesslich leer erschien.

Bei den spindelförmigen, vierzelligen Sporen von *Peltigeromyces* vermochten nur die zwei endständigen Zellen zu keimen, die auch hier die Reservestoffe der übrigen Zellen verbrauchten. Als merkwürdige Erscheinung sei erwähnt, dass ein Teil der Keimschläuche der *Peltigeromyces*-Sporen runde Verdickungen bildete, aus denen der Pilz weiterwuchs.

#### b) Wachstum der Keimschläuche in andern Medien.

Über die Keimung der Flechtenpilzsporen in der Natur ist wenig bekannt. Versuchsweise könnte man die Sporen an einem für die betreffende Flechte günstigen Standort ausschleudern lassen und während Monaten in ihrer Entwicklung beobachten, was zu Einblicken in die natürliche Flechtensynthese führen dürfte. Beobachtungen des Wachstums von Keimschläuchen im Laboratorium haben aber insofern eine Bedeutung, als die Form der jungen Hyphen bereits Schlüsse gestattet, ob der Pilz in einem bestimmten Medium günstig ernährt ist. Das ist für die Flechtenpilze wertvoll wegen ihres langsamen Wachstums.

Als Versuchsstoff für vergleichende Versuche mit destilliertem Wasser, Erdösung, Knopagar und 4%igem Malzagar diente *Physciomycetes stellaris*. In destilliertem Wasser wachsen die Keimschläuche lang aus, ohne sich oft zu verzweigen. Anastomosenbildungen zwischen den

Keimschlüchen verschiedener Sporen waren häufig, ein Zeichen schlechter Ernährung. In Erdlösung wachsen die Keimschlüche ebenfalls lang und schlank, bilden aber weniger Querwände und weniger Anastomosen. Schönes Wachstum zeigte sich auf 1,5%igen Knopagarböden. Querwände und Verzweigungen sind gut ausgebildet. 4%ige Malzagarböden zwingen den Pilz zu anderem Wachstum. Die Keimschlüche sind kurz und dick. Ihr Inhalt ist körnig, die Querwände deutlich; sie scheinen überernährt. Selbst die Spore nimmt Nährstoffe auf, wird dicker und quillt auf.

c) Zusammensetzung geprüfter Kulturmedien.

Sämtliche bis heute in Kultur gezogenen Flechtenpilze wachsen auf allen geprüften Nährböden sehr langsam. Der radiale Zuwachs der Kulturen beträgt monatlich oft nur einen Millimeter. Das erschwert das Arbeiten mit diesen eigenartigen Pilzen. Das Ziel des Prüfens folgender Nährböden war deshalb, einen Nährboden zu finden, auf dem die Flechtenpilze wesentlich besser wachsen.

Werner (1927) verwendete an Zusammensetzungen hauptsächlich:

1. Glukose 1 % oder Malz 3 %, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 0,025 %, MgSO<sub>4</sub> 0,025 %, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,05 %, Fe<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub> 0,00067 %, Agar 3 % (schwach sauer; nach Warén).
2. Glukose 2 %, MgSO<sub>4</sub> 0,025 %, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0,05 %, CaCl<sub>2</sub> 0,025 %, Fe<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub> Spuren (bei Werner l.c, S. 12 dürfte hier ein Druckfehler vorliegen), Agar 3 %; dazu als Stickstoffquelle 0,5 % Pepton oder Asparagin oder NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>.

Für meine Kulturen geprüfte Nährböden :

1. Malzextrakt (Wander, Bern) 4 %, 2 %, 0,2 % in Lösung oder mit 3 % oder 1,5 % oder 1 % Agar.
2. Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 0,1 %, KNO<sub>3</sub> 0,025 %, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,025 %, MgSO<sub>4</sub> 0,025 %, FeCl<sub>2</sub> Spur (Knopsche Nährlösung), dazu 1,5 % Agar, ohne organische Nährstoffe, oder mit 1 % Pepton, oder mit 1 % Pepton und 2 % Glukose, oder mit 2 % Glukose.
3. KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,1 %, MgSO<sub>4</sub> 0,025 %, Agar 1,5 %, Asparagin 1 %, Rohrzucker 10 % (Rohrzucker-Asparagin-Agar nach Krebs, 1936, S. 76).
4. Erdlösungen und Erdagar : 1 Teil schwarze Waldhumuserde vom pH 4,3 mit 2 Teilen H<sub>2</sub>O dest. 30 min. gekocht und dekantiert. Nach dem Kochen zeigte die Lösung noch ein pH von 4,0. Als Lösung oder mit 1,5 % Agar verwendet. Der Agarboden blieb nach dem dritten Mal sterilisieren dickflüssig. Deshalb neutralisierte ich einen Teil der Lösung mit Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, worauf der Boden mit 1,5 % Agar nach dem Erkalten erstarrte.

5. Salepgelatine (nach Bernard, 1909) : 30 g Salep mit 1 l H<sub>2</sub>O 24 Stunden kalt stehen lassen, dann im Autoklav 1 Stunde bei 120°. Das verlorene H<sub>2</sub>O ersetzen. Am nächsten Tag die klare Flüssigkeit abgiessen und mit 12 % Gelatine und 0,2 % Agar (flüssig) versetzen.
6. Hefenagar : 3 % Bäckerhefe und 1,5 % Agar.
7. Flechtenagar : 10 % *Xanthoria parietina* und 1,5 % Agar.
8. Kartoffelmehlagar : 2,5 % Kartoffelmehl und 1,5 % Agar.
9. Hafermehlagar : 5 % Hafermehl und 1,5 % Agar.
10. Gerstenpflänzchen und Haferkeimlinge mit 3 % Agar sterilisiert.
11. Pflaumenagar : 100 g gedörrte Pflaumen in 1 l H<sub>2</sub>O gekocht und dekantiert; Saft mit 2 % Agar.
12. Kartoffelsaftagar : Preßsaft von frischen Kartoffeln mit 4 Teilen H<sub>2</sub>O und 2 % Agar.

Auf alle Nährböden impfte ich die drei Pilze *Xanthoriomyces parietinae*, *Cladoniomyces pyxidatae* und *Baeomycomyces rosei*. Im Verlauf einiger Monate zeigte es sich, dass diese Flechtenpilze den verschiedenen Nährböden gegenüber sich indifferent verhalten. In Farbe, Form und Grösse der Kulturen traten zwar Unterschiede auf, aber nur geringe. Bei *Baeomycomyces* fiel auf dem dickflüssigen Erdagar das verhältnismässig gute radiale Wachstum auf, allerdings auf Kosten der Kulturhöhe.

Es bestand also nach diesen Versuchen wenig Aussicht, die Flechtenpilze auf irgendeinem Nährboden zu dem für Pilze gewohnten schnellen Wachstum zu bringen. In Vorversuchen prüfte ich dennoch die Abhängigkeit des Wachstums von der Azidität.

#### *6. Wachstum in Abhängigkeit von der Azidität*

Diese Versuche sollen zeigen, ob eine gewisse Aziditätsstufe für das Wachstum von Flechtenpilzen ausnehmend günstig ist. Zur Verwendung kamen Pufferlösungen von Zitronensäure und Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> nach Mc Ilvaine in Kolthoff (1926, S. 150).

Eine pH-Reihe von flüssigen Nährmedien zu verwenden, schien von vornherein nicht angebracht, weil alle eigenen Kulturversuche mit Flüssigkeiten wie die aus der Literatur bekannten nur negativ ausgefallen sind. Aber gepufferte Agarnährböden mit pH-Werten unter zirka 3,4 bleiben schon nach dem ersten Sterilisieren flüssig. Auch bei den Werten 3,4—5,2 tritt nach Sterilisieren keine richtige Erstarrung mehr ein, indem saure Böden von pH 3,4 dickflüssig erkalten, vom pH 4,0—4,6 in Reagensgläsern zwar schräge Oberflächen erhalten lassen, jedoch pastearig weich sind. Erst Böden mit pH 5,8 oder basischer erstarrten gut. Eine solche Reihe zu verwerten war zwecklos, weil

ausser dem veränderlichen Säuregrad die Konsistenz des Nährbodens veränderlich ist; andere Wege versprachen günstiger zu sein.

In Petrischalen wurden Gipsplättchen sterilisiert, zu denen ich im Impfkasten 2%ige, sterile Malzlösung und die entsprechenden sterilen Pufferlösungen aus Reagensgläsern zugoss. Nach dem Impfen mit Flechtenpilzen kamen die Petrischalen in grössere sterile Schalen, um die Infektionsgefahr zu verkleinern. Doch liess sich nicht verhindern, dass nach 5 Wochen zahlreiche Infektionen auftraten. Nach dieser kurzen Zeit war an den geimpften Myzelien kein messbares Wachstum zu sehen; die Flechtenpilze waren also nicht über ihr gewohnt langsames Wachstum hinausgekommen.

Schliesslich gelang es, eine Reihe steifer Agarnährböden zu erhalten mit pH-Werten von 2,2 bis 7,6. Hierzu wurden gesondert Reagensgläser mit 6 ccm Malzagar (2 % Malzextrakt, 3 % Agar) sterilisiert und die gleiche Zahl mit 2 ccm Puffer von pH 2,2; 2,8; 3,4; 4,0; 4,6; 5,2; 5,8; 6,4; 7,0; 7,6. Nach dem dritten Sterilisieren goss ich die heisse Pufferlösung steril in die heisse Malzagarlösung über. Jetzt erstarnten beim Abkühlen die Nährböden mit allen pH-Werten, für einen Versuch verwendbar. Infektionen kamen mit dieser Methode keine vor.

Bei diesem Vorversuch musste es genügen, je Pilz und obengenannte Säurestufe 3 Reagensgläser zu impfen mit 0,5—1 mm grossen Myzelstücken. Nach 14 Wochen beobachtete ich folgendes Wachstum :

*a) Xanthoriomyces parietinae* (Stamm 60) :

Bei pH 2,2—2,8 Durchmesser der Kulturen = 1,5 mm; bei pH 3,4 = 4,5 mm; bei pH 4,0—4,6 = 5 mm; bei pH 5,2—6,4 = 7 mm; bei pH 7,0—7,6 = 5 mm.

*b) Caloplacomyces elegantis* (Stamm 65) :

Bei pH 2,2—3,4 = Stillstand oder unmessbares Wachstum; bei pH 4,0 = 2 mm; bei pH 4,6—6,4 = 4 mm; bei pH 7,0—7,6 = 3,5 mm. Bei pH 6,4—7,6 scheint die Parietinbildung optimal.

*c) Caloplacomyces murorum* (Stamm 44) :

Durchwegs schlechtes Wachstum ohne offensichtliches Optimum. Besseres Wachstum im Parallelversuch ohne Puffer.

*d) Stereocaulomyces paschalis* (Stamm 26) :

Bei pH 2,2—3,4 = Stillstand; bei pH 4,0—4,6 = 2 mm; bei pH 5,2—6,4 = 5 mm; bei pH 7,0—7,6 = Stillstand.

*e) Cladoniomyces squamosae* (Stamm 34) :

Bei pH 2,2—5,2 = 2—4 mm; bei pH 5,8 = 5—6 mm; bei pH 6,4 bis 7,0 = 2 mm; bei pH 7,6 = Stillstand. Beim Optimum um 1 mm besseres Wachstum als im Parallelversuch ohne Puffer.

*f) Cladoniomyces digitatae* (Stamm 30) :

Bei pH 2,2—5,2 = 2—5 mm; bei pH 5,8 = 3 mm; bei pH 6,4 — Stillstand. Ohne deutliches Optimum; grösste Kulturen kaum grösser als ohne Puffer.

*g) Baeomycomyces byssoidis* (Stamm 27) :

Bei pH 2,2—4,6 = Stillstand oder geringes Wachstum; bei pH 5,2 bis 5,8 = 5—5,5 mm. Ohne Puffer = 8,5 mm.

*h) Icmadophilomyces ericetorum* (Stamm 17) :

Bei pH 2,2—4,6 = 1—3 mm; bei pH 5,2 = 3 mm; bei pH 5,8 = 2 mm; bei pH 6,4—7,6 = Stillstand bis geringes Wachstum. Optimales Wachstum 0,5 mm besser als im Parallelversuch ohne Puffer.

Diese Versuche zeigen, dass die geprüften Flechtenpilze sich auf Nährböden von verschiedener Azidität gleich anderen parasitischen Pilzen (vgl. Fischer und Gäumann, 1929, S. 103) nur wenig verschieden verhalten. Schwach saure Böden sind günstiger als extrem saure oder basische.

### 7. Systematische Charakterisierung der Kulturen

Von Interesse ist die genaue Beschreibung von Flechtenpilzen in Kultur einerseits für den Vergleich von Pilzen nahe verwandter Flechten untereinander. Zweifellos müssen sich hier Verwandtschaften zeigen; es besteht die Möglichkeit, dass die Pilze zweier verschiedener Flechten gleich sind, nur die Algen verschieden (vgl. Möller, 1887, S. 29). Anderseits ist es wertvoll, vergleichen zu können, wie weit sich Flechtenpilze in Kultur von nahe verwandten, nicht lichenisierten Pilzen unterscheiden.

Die Hauptschwierigkeit, artcharakteristische Merkmale für kultivierte Flechtenpilze festzulegen, beruht auf dem Umstand, dass es nicht gelungen ist, die Flechtenpilze zu einem nach wenigen Wochen oder Tagen messbaren Wachstum zu bringen. Weil das Wachstum langsam ist, sind für alle Versuche sehr lange Zeiträume nötig. Die langen Versuchszeiten vergrössern die Einwirkungsmöglichkeit störender Einflüsse wie Temperaturschwankungen, Belichtungsänderungen und besonders die Änderung in der Feuchtigkeit des Nährbodens. Es ist unmöglich, die Wattepfropfen aller Versuchsgläser gleich zu machen; deshalb verdunstet aus dem einen Glas mehr Feuchtigkeit als aus dem andern: der Nährboden vertrocknet mehr und gleichzeitig wird die Luftfeuchtigkeit im Versuchsglas geringer. Dadurch wächst der Pilz langsamer und bildet weniger Luftmyzel. Die Erkenntnis dieser Schwierigkeiten hielt mich nicht davon ab, mit Flechtenpilzen zu experimentieren, aber sie

zwingt oft zu Zurückhaltung in der Beurteilung der Versuchsergebnisse.

Flechtenpilze bildeten in Kultur bisher keine Askosporen und oft auch keine Nebenfruchtformen (vgl. Werner, 1927, S. 67). Für die Charakterisierung in Kultur blieben somit zwei Möglichkeiten : 1. Wir untersuchten die Abhängigkeit des Pilzwachstums vom Nährboden; 2. wir untersuchten die Abhängigkeit des Pilzwachstums von der Temperatur.

Werner (1924, 1925, 1927, 1934) hat für die Charakterisierung der kultivierten Flechtenpilze ausschliesslich die zweite Methode verwendet wie vor ihm Möller (1887). Es steht uns fern, den grundlegenden Wert der Arbeiten Werners für die Lichenologie zu bezweifeln. Im Laufe der Untersuchungen reiften jedoch Erkenntnisse, die eine Kritik erlauben : 1. Die von Werner gemessenen Kulturen gehen von einer unbestimmten Anzahl beliebig über das Substrat verbreiteten Sporen aus. Anzahl und Ausbreitung der Sporen sind aber bei verschiedenen Versuchen nie gleich gross, und so ergeben sich für das Ausmessen einer Kultur Fehler, die um so grösser sind, je langsamer der Pilz wächst. Da die Flechtenpilze auf den bekannten Nährböden langsam wachsen, konnte ich diese Fehlerquelle nachweisen bei den Arten, für die neben Einzellkulturen auch die Petrischalenmethode zur Anwendung kam. Bei *Cladoniomyces pyxidatae* trat beispielsweise die braune Verfärbung der aus Petrischalen erhaltenen Kulturen fast um einen Monat früher ein, als bei den Einsporkulturen; ähnlich verhielt sich *Baeomycomyces*. 2. Der Autor gibt zu wenig genaue Angaben über die Temperaturen, bei denen er die Kulturen wachsen liess. 3. Damit die Zahlen verschiedener Pilze miteinander vergleichbar sind, muss man alle Pilze auf allen Nährböden nach gleichen Zeiten messen. Diesen Grundsatz konnte ich bei den Nährstoffversuchen durchführen; bei den Temperaturversuchen war es aus zeitlichen Gründen nicht möglich.

Die in den Nährstoffversuchen verwendeten Nährböden (Kapitel II) sind : 1. Malzagar. Er besteht aus 2 % Malzextrakt (Wander, Bern) und 1,5 % Agar in destilliertem Wasser. Die Zusammensetzung dieses Malzextraktes ist : Maltose 41 %, Dextrin 32 %, Albumosen und Peptone 7 %, Mineralsalze 1,5 %, Wasser 18 %. 2. Peptonagar. Darunter verstehe ich einen Nährboden mit 1 % Pepton (*Peptonum siccum sine sale Siegfried*) und 1,5 % Agar, gelöst in Knopscher Nährlösung. 3. Glukoseagar; Nährboden mit 2 % Glukose und 1,5 % Agar, gelöst in Knopscher Nährlösung. 4. Knopagar; Knopsche Nährlösung und 1,5 % Agar ohne Zusatz.

In 400 ccm-Erlenmeyerkolben füllte ich 150 ccm einer der flüssigen Agar-Nährlösungen, setzte Wattepfropfen auf und sterilisierte dreimal bei 98° im Dampftopf. Mit jedem zu prüfenden Pilz wurden je 2 Kolben

an je 5 Stellen beimpft. So entstanden von jedem Pilz auf jedem Nährboden 10 Kulturen, von denen ich den Durchmesser mass und den mittleren Fehler berechnete nach den Tabellen von Zöller (1925). Die Zahlen für die Kulturhöhen gelten nur für die drei höchsten Kulturen, von denen ich das Mittel nahm. Die Zahlen für die Kulturfarbe beziehen sich auf die Nummern im «Code universel des couleurs» von E. Séguy (1936). Diese mindestens angenähert richtigen Farbzahlen dürften verständlicher sein als eine Farbenbezeichnung in Worten.

Während der ganzen Versuchszeit befanden sich diese Kulturen in einem dunklen Raum mit der konstanten Temperatur von 18—20°. Weil in einem ersten Versuch infolge der langen Versuchsdauer und der Luftfeuchtigkeit fremde Pilze durch die Wattepfropfen hindurch in die Kolben wuchsen und die ganze Versuchsreihe vernichteten, sah ich mich bei der Wiederholung genötigt, die Wattepfropfen mit alkoholischer Sublimatlösung (mit Glycerin und Eosin) zu vergiften. So blieben Infektionen fast ganz aus.

Für die Temperaturversuche wurden 400 ccm-Erlenmeyerkolben mit 150 ccm Malzagar (2 % Malzextrakt Wander, Bern und 1,5 % Agar) gefüllt. Zu jeder Temperatur von 0°, 3°, 6°, 9° usw. bis 30° brachte ich für jeden zu untersuchenden Pilz zwei Kolben mit je 5 Impfstücken, so dass für jede Temperatur 10 Kulturen zu messen und nach Zöller (1925), deren Mittelwert zu berechnen waren. Bei den meisten Flechtenpilzstämmen zeigten die Kulturen bei 27° anfänglich ein geringes Wachstum, starben dann aber ab, weshalb in Kapitel II die Kurven nur bis 27° geführt sind. Als «Kulturhöhe» ist auch im folgenden die mittlere Höhe der drei höchsten Kulturen zu verstehen. Für die Kulturfarbe ist wieder der «Code universel des couleurs» von E. Séguy (1936) massgebend.

In einigen Fällen gelangten 150 ccm-Kolben mit 80 ccm Malzagar gefüllt zur Verwendung. In solche kleinen Körbchen konnte ich nur 1—3 Impfstücke bringen, brauchte also viel mehr Körbchen. Da auch das Wachstum in den grösseren Kolben besser ist, verwendete ich schliesslich nur diese. Für wenige Versuchsreihen standen nur je 5 Parallelkulturen zur Verfügung für die Berechnung des Durchschnittes und des mittleren Fehlers.

#### *8. Das Impfen von Flechtenpilzen für Versuchsreihen*

Wenn schon beim Impfen irgendwelcher schnellwachsender Pilze für Versuchsreihen besondere Sorgfalt zu verwenden ist, dann gilt das in erhöhtem Masse für Flechtenpilze. Jeder Reihenversuch mit Flechten-

pilzen ist erfolglos, wenn man nicht einige wichtige Punkte beim Impfen beachtet.

Die Hyphen aller für diese Arbeit kultivierten Flechtenpilze wachsen auf Malzagar mit vielen Verzweigungen eng aneinander gepresst kreuz und quer über- und untereinander und bilden so ein dichtes Geflecht. Äusserlich erkennt man dies an der gewissermassen verkrüppelten Form der Kulturen und an der im Vergleich zum Durchmesser grossen Höhe. Da die einzelnen Hyphen dick und zäh sind, kann man mit gewöhnlichen Impfnadeln von Flechtenpilzkulturen kaum ein Stück lostrennen. Aus 1 mm dickem Draht bereitete ich deshalb ein brauchbares Werkzeug, indem ich den vordersten Teil flach aushämmerte und so einen scharfen Spachtel dengelte. Mit diesem gelang es leichter, die Flechtenpilzstücke zu zerteilen durch Zerdrücken oder Zerschneiden.

Die Impfstücke für Reihenversuche müssen zwei Bedingungen erfüllen : 1. klein sein; 2. unter sich gleich gross sein. Letzteres ist verständlich. Klein müssen die Stücke sein, weil die Unterschiede von veränderten Nährböden oder Temperaturen sonst nicht genügend hervortreten würden bei dem langsamen Wachstum der Flechtenpilze. Meistens steht auch für Versuche nur wenig Impfmaterial zur Verfügung, weil sich die Flechtenpilze ja nicht beliebig rasch vermehren lassen. Und doch braucht man z. B. für einen Temperaturversuch 110 einzelne Impfstücke. Aus diesen Gründen zerteilte ich das Ausgangsmyzel in Stücke, die je nach dem Pilzstamm 0,5 bis 1 mm im Durchmesser waren. Die Kurven der Temperaturversuche beginnen und endigen deshalb nicht beim Nullpunkt, sondern bei diesen Durchmessern.

Wie bei den sporenbildenden andern Pilzen dürfen wir für Reihenversuche mit Flechtenpilzen nur Nährböden verwenden, auf deren Oberfläche kein Kondenswasser fliesst. Sonst verbreitet das fliessende Wasser über die ganze Agaroberfläche kleine Myzelstücke, die zu selbständigen Kulturen auswachsen und ein Messen der geimpften Kulturen unmöglich machen.

## B. Methodik zur experimentellen Untersuchung von Flechtenalgen

### 1. Erzielung von Reinkulturen

Nach den bisherigen Forschungen dürfen wir sagen, dass die Flechtenalgen weder systematisch noch biologisch eine Sonderstellung einnehmen im Gesamtgebiet der Algen. Das Kultivieren von Flechtenalgen bietet deshalb keine grösseren Schwierigkeiten als von freilebenden Algen. Da zudem die Arbeiten über Flechtenalgen schon ziemlich zahlreich sind, um nur an die Namen A r t a r i , T r e b o u x , R. C h o -

dat, Letellier, Warén, Jaag und H. Raths zu erinnern, können wir uns im folgenden kurz fassen.

Sämtliche untersuchten Reinkulturen sind Klone, ausgehend von einer einzigen Algenzelle. Dabei veränderte ich die von Jaag (1929, S. 20 f.) verwendete Methode nur wenig. Günstig schien es, des öfters die feine Öffnung der Mikropipette zu sterilisieren durch das Hinalten einer heißen Impfnadel, weil sich dort gelegentlich schleimige Bakterien festklebten und später Infektionen verursachen konnten. Im übrigen kamen die gleichen Vorsichtsmassnahmen zur Anwendung.

## *2. Systematische Charakterisierung der Kulturen*

Zu einer guten Beschreibung einzelliger Algen in Kultur sind drei Wege erwünscht : 1. Prüfung der Abhängigkeit des Wachstums vom Nährboden; 2. Prüfung der Abhängigkeit des Wachstums von der Temperatur; 3. variationsstatistische Bearbeitung von Länge und Breite (bzw. Durchmesser) von 200 gemessenen Algenzellen. In der vorliegenden, mehr biologischen Arbeit haben wir auf den dritten Punkt verzichtet, um für die über drei Dutzend Algenklone die beiden ersten Untersuchungen durchführen zu können. Somit behandeln wir die bearbeiteten Algenklone nach der Feststellung der Gattungszugehörigkeit nur als Nummern. Die Nummer bezeichnet die Herkunft der Alge aus einem bestimmten Material, der hinzugefügte Buchstabe bezeichnet den einzelnen Klon.

Die Untersuchung der Flechtenalgen auf verschiedenen Nährböden und bei verschiedenen Temperaturen hatte nicht nur den Zweck, Gleichheit oder Verschiedenheit zu prüfen. Es war auch interessant zu sehen, ob die Ansprüche der Algen gleicher Flechtengruppen gleich seien.

Zur Prüfung des Wachstums auf verschiedenen Nährböden kamen zur Verwendung : 1. Malzagar (2 % Malzextrakt Wander, Bern, und 1,5 % Agar in destilliertem Wasser); 2. Peptonagar (1 % Pepton und 1,5 % Agar gelöst in Knopscher Nährlösung); 3. Pepton-Glukoseagar (1 % Pepton, 2 % Glukose und 1,5 % Agar gelöst in Knopscher Nährlösung); 4. Glukoseagar (2 % Glukose und 1,5 % Agar gelöst in Knopscher Nährlösung); 5. Knopagar (1,5 % Agar gelöst in Knopscher Nährlösung).

Meistens war das Wachstum auf Peptonagar, immer auf Knopagar zu gering für Messungen. In den Tabellen fehlen dann diese Nährböden.

Wie bei den Flechtenpilzen verwendete ich für den Nährstoffversuch mit Flechtenalgen 400 ccm-Erlenmeyerkolben, gefüllt mit 150 ccm Agar und dreimal bei 98° C im Dampftopf sterilisiert. Auch hier liessen sich in jedem Kolben 5 Stellen beimpfen. Mit zwei Kolben pro Alge und

Nährboden standen von jedem Nährboden 10 Kulturen zur Verfügung, von deren Durchmesser das Mittel und der mittlere Fehler nach Zöller (1925) berechnet wurden. Auch hier bezeichnen die Koloniehöhen das Mittel der drei höchsten Kolonien. Die Zahlen der Koloniefarben erhielt ich durch Vergleich mit den Farben des « Code universel des couleurs » von E. Séguy (1936).

Der Nährstoffversuch war im Winter angelegt und so konnten die Kolonien bei diffusem Licht und einer Temperatur von 18—20° wachsen.

Bei den Temperaturversuchen diente als Nährboden Glukoseagar (2 % Glukose und 1,5 % Agar gelöst in Knopscher Nährlösung). Zu jeder Temperatur von 0°, 3°, 6°, 9°, usw. bis 30° brachte ich von jeder Alge 2 Kolben mit je 5 Kulturen, so dass wieder für jede Temperatur 10 Kolonien zur Untersuchung zur Verfügung standen. Wie oben berechnete ich den mittleren Durchmesser mit dem mittleren Fehler nach Zöller (1925), die mittlere Höhe der drei höchsten Kolonien und verglich die Farbe mit dem « Code universel des couleurs » von E. Séguy (1936).

Weniger günstig erwiesen sich wie bei den Flechtenpilzen die kleineren 150 ccm-Kölbchen. Die Zahlen einzelner Temperaturversuche stammen von nur 5 Parallelversuchen.

### *3. Das Impfen von Flechtenalgen für Versuchsreihen*

Im Gegensatz zu den Flechtenpilzen bereiten die Flechtenalgen beim Impfen keine Schwierigkeiten. Wie bei den Flechtenpilzen benützten wir einen mit Formol desinfizierten Impfkasten.

Die in Versuchsreihen verwendeten Impfstücke massen 0,5—1 mm im Durchmesser.

Wie bei den Flechtenpilzen muss man darauf achten, dass die Agaroberfläche von Kondenswasser frei ist, weil sonst das fliessende Wasser die Algen über die ganze Agaroberfläche verschwemmt und solche Kulturen unmessbar sind.

## Kapitel II

# Über das Wachstum von Flechtenbildnern in Kultur

### A. Überblick über die wichtigeren Versuche mit Flechtenbildnern

#### 1. Flechtenpilze

Tulasne (1852) sah, wie die Sporen von *Peltideomyces*, *Endocarpomyces*, *Parmeliomyces*, *Lecanoromyces* und andern Flechtenpilzen beim Auskeimen ihren ölig-körnigen Inhalt verloren und am Schluss als leere, dünne Membranen zurückblieben. Bei Anwesenheit von Algen hat der Verfasser ein intensiveres Wachstum getroffen.

Reess (1874) beobachtete die Keimung von Sporen des *Collematomyces glaucescens*, die bei Zusatz von *Nostoc* mit ihren Keimschläuchen die Algen erfassten, ohne Algenzusatz aber zugrunde gingen, nachdem sie die Reservestoffe verbraucht hatten.

Für die Sporen von *Parmeliomyces parietinae* stellte Bornet (1873/1874) fest, dass sie bei Zugabe von *Protococcus viridis* Ag. zwar gleichzeitig keimen, aber stärkere Verzweigungen bilden. Die Keimschläuche befestigen sich teils mit Seitenzweigen an den Algen.

Von *Lecanoromyces* verfolgte Treub (1873) keimende Sporen drei Monate lang, bis sie ihr Wachstum einstellten. Bei keimenden Sporen von *Ramalinomyces*, *Xanthoriomyces*, *Physciomyces* hefteten sich nach Zusetzen von *Cystococcus humicola* die Hyphen an die Algenmembranen und umfassten die Algen mehr oder weniger. Unter dem Deckglas waren die beiden Teile durch Druck nicht zu trennen.

Stahl (1877) erkannte, dass bei *Endocarpomyces pusilli* mit den Sporen Flechtenalgen ausgeschleudert wurden, die zunächst bedeutend kleiner waren als die Thallusalgen. Beim Keimen der Sporen nahmen die von Hyphen ergriffenen an Grösse zu, während die Algen, die nicht in Verbindung mit dem Pilz standen, klein blieben.

Grundlegend sind die Kulturversuche von Möller (1887), weil er erstmals Flechtenpilze rein züchtete. Wir beschreiben kurz die gezüchteten Pilze (nach der Reihenfolge der Flechten bei Zahlbrückner, 1926) :

*Verrucariomyces muralis* (Ach.). Die Sporen keimen mit 1—7 Schläuchen und geben nach 3—4 Monaten Kulturen von 1,5 cm Durchmesser.

*Caliciomyces parietini* (Ach.). Die einzelligen Askosporen treiben 1—3 Keimschlüche. In kurzer Zeit entsteht Luftmyzel, das einen roten, in Alkohol löslichen Farbstoff bildet. In diesen Kulturen lassen sich nach 5 Wochen Konidien erzielen, die keimfähig sind. Auch die dem *Calicium parietinum* entstammenden Konidien wachsen rasch.

*Caliciomyces trachelini* (Ach.). Die Sporen sind zweizellig und keimen mit 1—7 Schläuchen. Nach 3 Monaten erhält man Kulturen von 4 mm. Es finden sich zwei Arten von Konidien, die gleiches Myzel geben wie die Askosporen. Aus allen drei Kulturen gab es nach 2 Monaten nur eine Art von Konidien.

*Caliciomyces curti* (Borr.) lieferte nach 3 Wochen aus Sporen und Konidien Kulturen von 0,5 mm.

*Arthoniomyces vulgaris* (Schaer.). Aus den vierzelligen Sporen wuchsen nach 3—4 Monaten Kulturen von 8 mm, was damals als raschestes Wachstum galt.

*Opegraphomyces subsiderellae* (Nyl.). Die 6—8zelligen Sporen lassen bis 5 Keimschlüche entstehen. Aus ihnen wachsen nach 4 Monaten Kulturen von 2 mm. Das gleiche Ergebnis lieferten keimende Konidien.

*Graphidinomyces scriptae* (L.). Die Keimung der 5—9zelligen Sporen erfolgt durch 2—5 Keimschlüche; nach 5 Wochen messen die Kulturen 1,5 mm, ein rel. rasches Wachstum.

*Thelotrema myces lepadini* (Ach.). Die vielzelligen Sporen keimen mit ca. 20 Keimschlüchen. Nach einem Vierteljahr erhält man eine 6 mm grosse Kultur.

*Lecidellomyces enteroleucae* (Ach.). Nach 4 Monaten sind Kulturen von 2,5 mm vorhanden.

*Pertusariomyces communis* (DC.). Diese grossen, einzelligen Sporen keimen mit bis 100 Keimschlüchen (De Bary 1868). Nach 5 Monaten erreichen die Kulturdurchmesser 4 mm.

*Lecanoromyces subfuscae* (L.). Die einzelligen Sporen keimen mit 1—2 Schlüchen. Aus einer Spore gezogene Kultur erreicht nach 3 Monaten 2 mm Durchmesser.

*Buellomyces punctiformis* (Hoffm.). Seine Sporen sind zweizellig und keimen mit zwei Schlüchen. Auch aus Konidien liessen sich Kulturen erhalten, die nach 3 Monaten 2 mm messen.

Die Flechtensynthesen von G. Bonnier (1890) werden in einem besonderen Abschnitt (Kap. VI, A. besprochen. Die Keimversuche mit Flechtensporen von Peirce (1890) gehen nicht über Anfangsstadien

hinaus. T o b l e r (1909/11) kultiviert *Xanthoriomyces parietinae* (L.). Dann fehlen eingehende Arbeiten bis zu den wichtigen Untersuchungen von K i l l i a n (1924) und W e r n e r (1924, 1927, 1934). Wir geben eine kurze Beschreibung der gezüchteten Pilze wieder :

*Verrucariomyces calcisedae* (DC.). Auf Malzagar nach 3 Monaten eine graubraune Kolonie, nach 8 Monaten gelb-oliv, 1—1,5 cm, färbt den Agar braun. Auf Asparagin mit schwefelgelben Lufthyphen, Gelatine olivbraun. Auf Pepton Kolonie gelb, Milieu olive. Mit NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> wird die Mitte gelbgrün, der Rand ockerfarben, der Agar olivbraun.

*Endocarpomyces pallidi* (Ach.). Sporen mauerförmig mit Hymenialgonidien; jede Zelle kann einen Keimschlauch treiben. Auf Malz nach 4 Monaten 1 cm, schwefelgelb mit braunen Lufthyphen; der Agar schwärzt sich. Auf Pepton nach 4 Monaten 1 cm grüngelblich, Agar schokoladabraun.

*Opegraphomyces atrae v. rimosae*. Nach 4 Monaten auf verschiedenen Substraten 1,3 cm grosse, weisse Kultur, nach 9 Monaten rosa, am Rand ocker, 3—4 mm hoch. Mit NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> nach 9 Monaten 6 mm und 3 mm hoch.

*Stictomyces pulmonaceae* (Ach.). Nach 3 Monaten grauweisse Kultur, 5 mm.

*Peltigeromyces caninae* (Hoffm.), *P. aphthosae* (L.), *P. polydactylae* (Neck.) gaben nur bis zu 110  $\mu$  lange Keimschlüche, dann Stillstand.

*Baeomycomyces rosei* (Pers.). Nach 2 Monaten braunrote Kolonie, aussen weiss, nach 5 Monaten 1—1,5 cm, braunschwarz.

*Cladoniomyces squamosae* (Hoffm.). Nach 2 Monaten 0,5 mm grosse Kolonie, braun, Konidienbildung.

*Cladoniomyces cocciferae* (Schaer.). Nach 1 Monat flockige Kolonie, nach 5 Monaten ockergelb, 1—3 mm.

*Gyrophoromyces cylindrica* (Ach.). Keimende Sporen von Schleim umgeben, nach 8 Tagen Stillstand.

*Gyrophoromyces erosae* (Ach.). Die Sporen keimen mit Schleimbildung. Nach 3 Monaten fleischfarbige Kolonie von 1 mm, nach 5 Monaten 3 mm mit Luftmyzel, oliv-schwarz. Die Lufthyphen können Zellen abgliedern wie bei Konidienbildung. Nach 18 Monaten 3 cm Durchmesser.

*Pertusariomyces leioplacae* (Schaer.). Auf Malz ist die Kultur nach 3 Monaten rosa-ocker mit weissem Rand, nach 5 Monaten mit weisslichen Lufthyphen versehen. Nach 10 Monaten weiss-gelb, 1 cm.

*Lecanoromyces subfuscæ* (L.). Auf Malz nach 3 Monaten 1 mm grosse Kultur, ocker oder gelb-weiss. Nach 8 Monaten schwefelgelb, 8 mm.

*Lecaniomyces cyrtellae* (Th. Fr.). Nach 4 Monaten matt ocker mit weissen Lufthyphen, 1 cm gross und 4 mm hoch; nach 9 Monaten 1 cm gross und 8 mm hoch.

*Parmeliomyces conspersae* (Ehrh.), *P. saxatilis* (L.), *P. olivaceae* (L.). Nach 6 Monaten erhält man eine 1 mm grosse, graue Kultur mit Lufthyphen, die sich im 10. Monat verkleinern. Auf Pepton nach 12 Monaten eine Art Soredienbildung.

*Ramalinomyces fraxineae* (L.). Nach 3 Monaten eine weisse Kultur von 1,5 mm.

*Usneomyces barbatae v. floridae* (L.). Die erst rosarote Kultur ist nach 2 Monaten grau bis braun, nach 3—4 Monaten braun, 1 mm breit; nach 5 Monaten 5 mm und nach einem Jahr 1,5 cm breit und 5—8 mm hoch.

*Xanthoriomyces parietinae* (L.). Nach 4 Monaten ist die Kultur 1 mm breit und ebenso hoch, rosig orange. Bei Trockenheit wird der Pilz brüchig; losgelöste Stücke rufen sekundäre Kolonien hervor.

*Buellomyces canescens* (Dicks.). Nach 5 Monaten ist eine 4 mm breite, 2 mm hohe, gelbbraune Kultur vorhanden mit viel Luftmyzel. Nach 6 Monaten ist sie 6 mm breit, 2—4 mm hoch und goldgelb.

*Rhinodinomyces archaeae* (Ach.). Nach 3 Monaten 5 mm grosse Kultur, rosa-ocker. Nach 5 Monaten wächst der Pilz vorwiegend in die Höhe.

*Physciomyces stellaris* (L.). Keimung nach zwei Tagen, dann Stillstand.

Es bleiben noch die Arbeiten von H. Bartusch (1931) und M. Lange (1933) zu erwähnen, die sich auf *Xanthoriomyces parietinae* (L.) beziehen.

## 2. Flechtenalgen

Auf Grund von Reinkulturen hat man bis heute unter den Flechtenalgen mit Sicherheit Vertreter aus den Gattungen *Cystococcus*, *Chlorella*, *Coccobotrys*, *Coccomyxa*, *Stichococcus*, *Diplosphaera* (Bialosuknia, 1909), *Trentepohlia* und *Nostoc* nachgewiesen (vgl. Arbeiten der in Kap. I, B, 1 genannten Verfasser). Anderseits deuten auch neueste Arbeiten noch darauf hin, dass in der Kenntnis der Flechtenalgen grosse Lücken klaffen (H. Raths, 1938, S. 330). Es würde zu weit führen, die Arten der durch Reinkulturen bekannten Flechtenalgen in diesem Zusammenhang zu nennen.

## B. Flechtenanalysen und Temperatur- und Nährstoff- ansprüche der Flechtenbildner

### 1. *Baeomyces byssoides* (L.) Schwer. (Flechte 27)

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

An einer Wegböschung beim Rinderweidhorn fand ich Ende September auf zirka 1100 m ü. M. über Erde und Wurzeln ausgebreitet schöne Thalli von *Baeomyces*. Es schien wertvoll, den Pilz in Kultur mit *Cladoniomyces* vergleichen zu können, um wenn möglich für die Verwandtschaft beider Gattungen neue Anhaltspunkte zu erhalten.

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

*b<sub>1</sub>)* Des Flechtenpilzes : Die Apotheken schleuderten reichlich Sporen, die in hohem Grade keimfähig und von Bakterien frei waren. So bekam ich mit der Petrischalenmethode leicht Reinkulturen.

*b<sub>2</sub>)* Der Flechtenalge : Da die Algen unter dem Mikroskop wenig lebensfähig aussahen, übertrug ich in diesem Falle 30 einzelne Zellen in Reagensgläser. Aus nur 5 Zellen entstanden Reinkulturen.

Die Flechtenalge von *Baeomyces* ist innerhalb des Thallus so eigenartig deformiert, dass auch der Spezialist sie nicht mit Sicherheit einer Gattung zuweisen kann. Am kultivierten Material war zu erkennen, dass es sich hier um einen Vertreter der Gattung *Coccomyxa* handelte.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

*c<sub>1</sub>)* Des Flechtenpilzes : Auf Malzagar verfärbte der Pilz das Substrat im Nährstoffversuch (Tab. 1 und Tafel 3, Abb. 1, oben) in Kulturnähe mit Farbe 696. Weisses Luftmyzel verdeckte teilweise das Braun der Kultur, ebenso auf Peptonagar. Auf Glukoseagar und auf Knopagar hat das Luftmyzel die Farbe 694.

**Tab. 1** *Baeomyces byssoides* (L.) (Stamm 27)  
Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm 22,6	± 0,63	mm 5	192
Pepton . . . . .	12,0	0,31	5	188
Glukose . . . . .	10,4	0,42	4	696
½ Knop . . . . .	10,8	0,41	1,5	696

Bei allen Temperaturen (Tab. 2 und Abb. 2) laufen die Formen der Kulturen gegen den Rand hin flach aus. Wie bei höheren Temperaturen wächst der Pilz auch bei 18° noch unter die Agaroberfläche; das

Wachstumsoptimum dürfte also eher etwas niedriger liegen. Unabhängig von der Temperatur finden wir die bräunlichen Farbtöne 201 bis 204, 200, oder weisses Luftmyzel überdeckt die Kultur.

**Tab. 2** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Komponenten von *Baeomyces byssoides*

Temperatur	<i>Baeomycomyces byssoidis</i> (L.) (Stamm 27) nach 120 Tagen			<i>Coccomyxa</i> (Klon 80 a) nach 150 Tagen		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	2,7	0,11	1	1,9	0,18	0,5
3	5,3	0,13	2	2,3	0,25	1
6	7,8	0,15	3	3,5	0,16	1
9	9,2	0,29	3,5	4,9	0,24	1
12	10,6	0,33	3,5	4,9	0,18	1
15	13,5	0,38	4	5,9	0,29	1,5
18	17,9	0,65	4	7,3	0,30	2
21	3,0	0,10	1,5	6,6	0,19	1,5
24	tot	—	—	tot	—	—

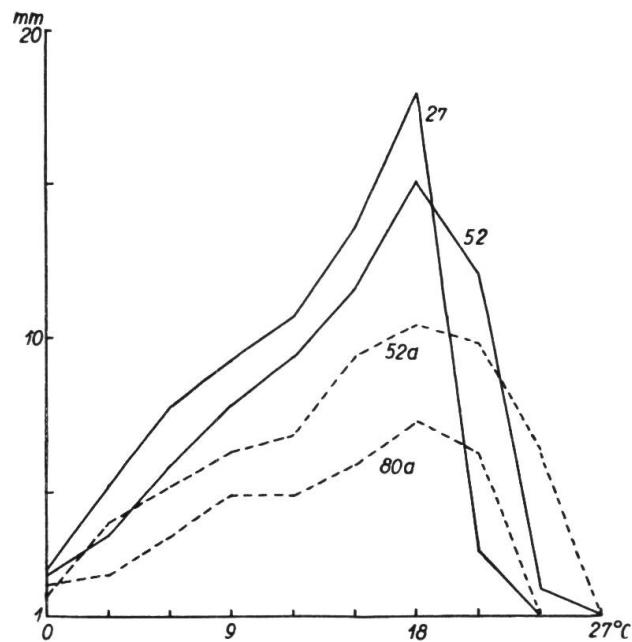


Abb. 2  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei:  
*Baeomycomyces byssoides* (L.) (Stamm 27) nach 120 Tagen,  
*B. rosei* (Pers.) (Stamm 52) nach 120 Tagen,  
*Coccomyxa* (Klon 80 a) aus *Baeomyces byssoides* nach 150 Tagen,  
*Chlorella* (Klon 52 a) aus *B. roseus* nach 150 Tagen.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge: Wegen ungenügender Menge von Impfmaterial untersuchte ich nicht diese Alge, sondern die Alge der gleichen Flechte eines anderen Standortes, den Klon 80 a (folgend).

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 2).

Wir vergleichen im folgenden die Temperaturansprüche des Pilzstammes 27 mit dem Algenklon 80 a, beide aus der gleichen Flechte, aber von verschiedenen Standorten.

*1 a. Baeomyces byssoides (L.) Schwer. (Flechte 80).*

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Auf einer Höhe von zirka 600 m ü. M. fand ich diese Flechte ob Wangs (bei Sargans) am oberen Rand eines Schutthanges der Strassenböschung.

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Wie bei Flechte 27 entstanden auch hier Reinkulturen aus den reichlich ausgeschleuderten Askosporen.

b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge: Von 20 isolierten Zellen wuchs die erfreuliche Zahl von 14 Reinkulturen. Alle Klone erwiesen sich als *Coccomyxa*-algen.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Die Kulturen scheinen mit Stamm 27 vollständig übereinzustimmen; eingehende Untersuchungen mit Stamm 80 habe ich nicht unternommen.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Ein Nährstoffexperiment ist mit der Alge nicht durchgeführt. Wertvoll war es jedoch, die Abhängigkeit des Wachstums von der Temperatur zu kennen (Tab. 2 und Abb. 2). Bei allen Temperaturen haben die Kolonien die Form eines Wassertropfens auf fetriger Unterlage (Tafel 3, Abb. 9).

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 2).

Als einzigen bedeutenden Unterschied im Verlauf der beiden Kurven können wir bemerken, dass die Alge bei 21° viel besser wächst als der Pilz. Wachstumsoptimum und -maximum liegen für die beiden Flechtenbildner bei gleichen Temperaturen. Das Wachstum von Flechtenpilz und Flechtenalge ist somit in gleicher Weise von der Temperatur abhängig.

*2. Baeomyces roseus Pers. (Flechte 52)*

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Als Überzug von Steinen traf ich am Horgenerberg in einem Gebiet mit dem Namen « Im Bann » (zirka 550 m ü. M.) reichlich fruktifizierendes Material.

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : *Baeomyces roseus* war eine der ersten Flechten, die ich analysierte. Deshalb wurden die reichlichen, gut kei-

menden Sporen dazu verwendet, eine günstige Methodik des Isolierens herauszufinden. Den besten Erfolg ergab die Petrischalenmethode.

*b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge* : Das Züchten der Alge war mit Schwierigkeiten verbunden. In einer ersten Reihe von 20 in Reagensgläser übertragenen Zellen starben alle. Da ich die Fundstelle der Flechte kannte, war frisches Material zu beschaffen. Eine zweite Reihe von 15 auf Malzagar und 15 auf Glukoseagar übertragenen Zellen glückte. 8 Reagensgläser enthielten Reinkulturen; auf Malzagar wuchs die Alge besser. Ich halte diese Flechtenalge für eine *Chlorella*.

*c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.*

*c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes* : Tab. 3 gibt ein Bild über die Abhängigkeit des Wachstums von der Nahrung. Auf allen Nährböden überdeckt weisses Luftmyzel die Kulturen, auf Knopagar mit einem bräunlichen Ton. Nur Malzagar ist in Kulturnähe verfärbt mit Braun 696 (Tafel 3, Abb. 1, unten).

**Tab. 3** *Baeomycomyces rosei* (Pers.) (Stamm 52)

Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	18,6	0,65	2	192
Pepton . . . . .	12,5	0,43	2,5	680
Glukose . . . . .	10,2	0,61	2	686
½ Knop . . . . .	12,1	0,38	2	694

Mit der Temperatur ändert sich die Form der Kulturen wenig. Von 0—9° (Tab. 4 und Abb. 2) sind die Kulturen mit weissem Luftmyzel überzogen, in der Mitte dunkler gefärbt. Bei 12—15° sah ich die Farben 129 und 135, bei 12° in konzentrischen Ringen abgetönt, bei 15° durch wenig, aber feines Luftmyzel seidig erscheinend. Die Kulturen bilden bei 12—15° tiefe radiale Falten. Bei 18° überwiegt Farbe 177, bei 21° Farbe 124, wobei kaum Luftmyzel vorkommt.

*c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge* : Als Ergänzung zu Tab. 4, Abb. 2 und Tafel 3, Abb. 6 beobachtete ich bei 0—3° Farbe 401, bei 6—9° Farbe 366, bei 12—21° unmittelbar über dem Agar 366 und in der Mitte der Kultur 333. Alle Kulturen weisen Tropfenform auf mit kennzeichnend frischem Aussehen. Bei 18° und 21° sind einige 1 mm breite Würmchenbildung vorhanden. Die Kulturen bei 24° zeigen nur gelbliche Töne : 318, 323, 324, 328, 329.

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 2).

Die Alge 52 a wächst bei 24° wesentlich besser als der Pilzstamm 52. Im übrigen stimmt der Verlauf der beiden Kurven fast vollständig überein. Die beiden Wachstumsoptima liegen bei der gleichen Temperatur; die beiden Wachstumsmaxima sind ebenfalls gleich.

Gegenüber den Flechtenbildnern von *Baeomyces byssoides* haben Flechtenpilz und Flechtenalge von *Baeomyces roseus* eine um 3° höhere maximale Wachstumstemperatur. Bemerkenswert und überraschend ist aber, dass für beide *Baeomyces*-flechten das Algenwachstum bei der maximalen und nur bei der maximalen Wachstumstemperatur gegenüber dem Pilzwachstum erheblich im Vorteil ist.

**Tab. 4** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Komponenten von *Baeomyces roseus*

Temperatur	<i>Baeomyces rosei</i> (Pers.) (Stamm 52) nach 120 Tagen			<i>Chlorella</i> (Klon 52 a) nach 150 Tagen		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	2,4	0,13	1	1,7	0,13	1
3	4,7	0,21	1	4,0	0,27	2
6	5,9	0,20	2	5,2	0,73	2
9	7,8	0,27	2,5	6,3	0,34	2
12	9,3	0,26	2,5	6,9	0,24	2,5
15	11,7	0,39	4	9,5	0,59	3
18	15,2	0,48	4	10,4	0,48	3
21	12,1	0,45	3	9,9	0,68	3
24	1,7	0,15	1	6,3	0,38	3
27	tot	—	—	tot	—	—

### 3. *Cladonia digitata* Schaeer. (Flechte 18/19)

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Am 18. August 1935 sammelte ich diese Flechte oberhalb von Steinen (Kt. Schwyz) auf einem faulenden Baumstumpf in einer Höhe von zirka 700 m ü. M.

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Die Reinkultivierung dieses *Cladoniomyces digitatae* bereitete nach der Petrischalenmethode keine Schwierigkeiten.

b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Die Algenzellen machten unter dem Mikroskop den Eindruck, wenig lebensfähig zu sein, weshalb ich hier mehr

Zellen isolierte als gewöhnlich. Aus Thallusschuppen wurden ausser den üblichen 20 Zellen auf Glukoseagar noch 14 Zellen auf 2%igen Malzagar in Reagensgläser gebracht, mit der Bezeichnung Nr. 18. Nur 4 Zellen vermehrten sich und wuchsen zu Reinkulturen heran. Als Nr. 19 impfte ich 20 Zellen aus Podetiensoredien in Reagensgläser. Hiervon entwickelten sich 5 zu Reinkulturen, also ein etwas besseres Ergebnis. Die einzelnen Klone von 18 und 19 erwiesen sich als identisch.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Der Nährstoffversuch (Tab. 5) bewies, dass der Pilz imstande ist, einen gelben Farbstoff zu bilden. Auf Malznährboden fand ich nämlich gelbe Ausscheidungen von der Farbe 241 teils auf der Agaroberfläche, teils auf dem Myzel. Bei dieser Ernährung bildete der Pilz reichlich Luftmyzel mit hellbrauner Farbe (246). Auf Knopagar wächst der Pilz auffällig in den Agar hinein.

**Tab. 5** *Cladoniomyces digitatae* (Schaer.) (Stamm 18)  
Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	17,0	1,05	5	701
Pepton . . . . .	6,2	0,44	2	256
Glukose . . . . .	3,7	0,24	2	702
½ Knop . . . . .	3,0	0,31	1,5	705

Bringen wir den Pilz zu verschiedenen Temperaturen (Tab. 6 und Abb. 3), so bildet sich von 0—27° die gleiche Form von Kulturen. Umgekehrt lässt die Farbe in eigenartiger Weise erkennen, bei welcher Temperatur der Pilz wuchs. Bei 0—6° sehen wir die gelbe Farbe 227, bei 6° kommt in der Mitte der Kultur ein dunkler, etwas grünlicher Ton dazu : Farbe 306. Bei 9—15° hat die Kulturmitte ebenfalls diese Farbe, der Rand ist schmutziggelb mit 213. Die Farbe bei 18—24° ist wieder 306 oder 176 und dunkler braun. Bei diesen Temperaturen ist das Substrat mehr oder weniger kräftig verfärbt; es scheint sogar eine Fluoreszenz vorhanden zu sein, indem man bei auffallendem Licht annähernd Farbe 296 findet, bei durchfallendem Licht angenähert 191. Bei 27° ist die Hälfte der Kulturen abgestorben ohne gewachsen zu sein.

Schon bei diesem Pilz zeigt sich also, was bei *Candelariellomyces vitellinae* noch viel auffälliger vorhanden ist, eine deutliche Abhängigkeit der Flechtenstoffbildung von der Temperatur.

**Tab. 6** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Komponenten von *Cladonia digitata*

Temperatur	<i>Cladoniomyces digitatae</i> (Schaer.) (Stamm 18) nach 150 Tagen			<i>Cystococcus</i> (Klon 18 e) nach 150 Tagen		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
0 °C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	2,4	0,28	2	1	—	1
3	5,4	0,23	2,5	1,6	0,19	1
6	7,2	0,24	3	1,8	0,12	1,5
9	11,0	0,44	4	2,6	0,19	2
12	14,5	0,39	4,5	3,1	0,25	2,5
15	15,6	0,57	4,5	5,4	0,19	3
18	16,3	0,63	5	7,1	0,24	4
21	13,8	0,89	5	8,3	0,30	4
24	11,3	0,70	5	2,8	0,26	2
27	2,6	0,76	2	1,2	0,12	1

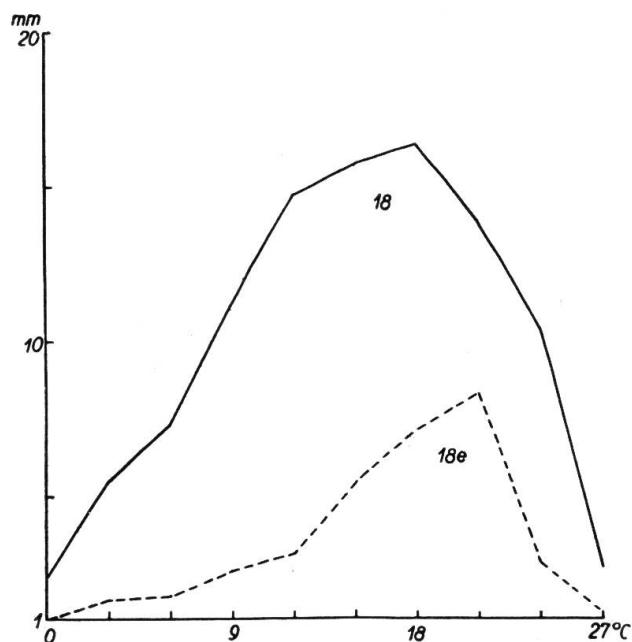


Abb. 3  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei:  
*Cladoniomyces digitatae*  
(Schaer.) (Stamm 18) nach  
150 Tagen.  
*Cystococcus* (Klon 18 e) aus  
*Cladonia digitata* nach 150 Ta-  
gen.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Der Nährstoffversuch mit Klon 18 e zeigt, dass diese Alge mit der Alge 12 a sehr nahe verwandt sein muss oder sogar identisch (Tab. 7). Auf Malzagar sind die Kolonien in der Mitte gleich hell wie am Rand; auf Pepton-Glukose ist die Koloniemitte um einen Farbton heller. Form und Farbe stimmen im übrigen mit 12 a überein.

**Tab. 7** *Cystococcus* (Klon 18 e) aus *Cladonia digitata*  
Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	9,2	0,31	4,5	366
Pepton-Glukose .	12,8	0,27	7,5	297
Glukose . . . . .	7,2	0,24	3,5	371

Bei Temperaturen von 0—12° (Tab. 6 und Abb. 3) ist die Koloniefarbe 371, die Form unregelmässig. Bei 15° treten hellere Töne auf in Form kugeliger Auswüchse, und bei 18° haben die Kulturen ein traubiges Aussehen, wobei die beerenartigen Auswüchse heller sind (331). Die Formen bei 21° sind immer noch traubig, aber schon weniger deutlich, die Farben dunkler : 356 und 366. Bei 24° gewachsene Kulturen gleichen sehr den bei 9° gewachsenen, sind aber etwas matter.

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 6).

Vom Nullpunkt weg nimmt die Wachstumsfähigkeit des Pilzes gleichmässig zu bis gegen das Optimum, das um 3° tiefer liegt als dasjenige der Alge. Bei der Alge setzt ein kräftiges Wachstum dagegen erst oberhalb von 12° ein; beide Flechtenbildner stellen ihr Wachstum bei 27° ein. Der Pilz verhält sich gegenüber der Temperatur verhältnismässig gleichgültig; die Alge ist bei tiefen Temperaturen benachteiligt.

#### 4. *Cladonia digitata* Schaeer. (Flechte 67)

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Im Dezember sammelte Frl. Dr. H. R a t h s diese Flechte in Davos in der Nähe der Bolgenschanze auf zirka 1600 m ü. M. und übergab sie mir zur Untersuchung.

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Leicht gelang es nach der Petrischalenmethode, den Pilz in Reinkultur zu kultivieren.

b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Trotzdem auch bei dieser Flechte je 20 Reagensgläser mit Algen aus einem Podetium und mit Algen aus Thallusschuppen beimpft wurden, wuchsen keine Reinkulturen. Da die Algen schon beim Isolieren wenig lebensfähig aussahen, hatte ich einen Teil der Soredien in sterile Knopsche Nährlösung gebracht, einen andern Teil auf Knopagar. Diese Methode hilft in vielen Fällen den Algen zu einem besseren Wachstum, worauf man dann mit Sicherheit lebensfähige Zellen

isolieren kann mittels Mikromanipulator. Bei der vorliegenden *Cladonia digitata* versagte auch dieser letzte Versuch. Hier können wir also Flechtenpilz und Flechtenalge nicht miteinander vergleichen.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche des Flechtenpilzes.

Auf Malzagar sonderte der Pilz im Nährstoffversuch (Tab. 8 und Tafel 3, Abb. 2) einen auffallenden, gelben Farbstoff ab von der Farbe 241 und bildete Luftmyzel von der Farbe 246. Das Malzsubstrat ist bräunlich verfärbt mit 691. Bei den Peptonkulturen ist auffallend, wie der Pilz in den Agar hineinwächst.

**Tab. 8** *Cladoniomyces digitatae* (Schaer.) (Stamm 67)

Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	17,3	0,77	5	701
Pepton . . . . .	5,9	0,36	2	256
Glukose . . . . .	3,8	0,26	2	702
½ Knop . . . . .	2,7	0,19	2	705

**Tab. 9** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cladoniomyces digitatae* (Schaer.) (Stamm 67) nach 140 Tagen

Temperatur	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm
0	2,5	0,18	1
3	5,5	0,13	2,5
6	8,8	0,40	3
9	10,4	0,54	4
12	16,1	0,40	5
15	18,8	0,97	5
18	19,2	0,94	5
21	15,1	1,41	5
24	15,7	0,37	5
27	tot	—	—

Wie bei *Cladoniomyces digitatae* Stamm 18 finden wir unter den bei verschiedenen Temperaturen gewachsenen Kulturen grosse Farbunterschiede (Tab. 9 und Abb. 4). Bei 0° ist die Farbe der Kulturen gelb 242, bei 6° 242 und 213 mit Zwischenfarben bis weiss. In der Mitte beginnt am Impfstück die Farbe 311 aufzutreten. Bei 6° und deutlicher bei 9° sehen wir eine kastanienbraune Färbung ähnlich 131, ohne

dass 242 ganz verschwindet. Die Farbe 242 ist offenbar durch einen Pilzstoff hervorgerufen und lässt sich bei allen Temperaturen in besserer oder geringerer Ausbildung beobachten. Bei 12—24° herrscht Farbe 311 vor. Während aber bei 12° und bei 15° das junge Myzel am Rand noch hell ist (213), hat sich bei höheren Temperaturen fast ausnahmslos das ganze Myzel dunkel gefärbt.

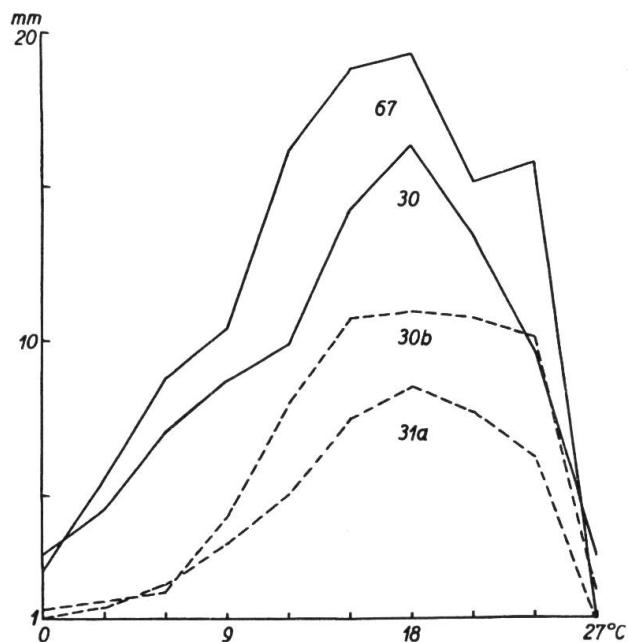


Abb. 4  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei :  
*Cladoniomyces digitatae*  
(Schaer.) (Stamm 67) nach  
140 Tagen,  
*C. digitatae* (Stamm 30) nach  
180 Tagen,  
*Cystococcus* (Klone 30 b und  
31 a) aus *Cladonia digitata*  
nach 120 Tagen.

Die Form der Kultur ist durchgehend flachkonvex, in der Mitte z. T. kraus. Von 12—21° tritt das Bestreben zu Tage, in den Agarnährboden hinein zu wachsen.

Luftmyzel ist bei allen Temperaturen vorhanden; es bewirkt eine hellere Farbe der Kulturen bei höheren Temperaturen.

Von 12° an aufwärts erscheint das Substrat verfärbt: bei durchfallendem Licht annähernd 191, bei auffallendem 296.

##### 5. *Cladonia digitata* Schaer. (Flechte 30/31)

###### a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Wenig südlich vom höchsten Punkt des Rinderweidhorns ob Lachen sammelte ich diese Flechte auf 1320 m ü. M. am 29.9.35.

###### b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes: Ohne Schwierigkeiten wurde der Pilz aus Askosporen nach der Petrischalenmethode isoliert.

b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge: Als Nr. 30 isolierte ich Zellen aus apothecientragenden Podetien. Fast alle Algen sahen aber für die Isolierung ungünstig aus, schienen schon tot oder stark geschädigt und waren statt kräftig saftgrün nur unregelmässig gelbgrün. Um mit grösserer

Wahrscheinlichkeit Reinkulturen zu erhalten, beimpfte ich ausnahmsweise 30 Reagensgläser mit je einer Zelle; außerdem gelangten Soredien auf sterile Knopsche Nährlösung. Das war nach 2½ Monaten wertvoll, denn von den geimpften Zellen war keine einzige gewachsen. In einer zweiten Reihe wurde deshalb von den jetzt viel lebenskräftiger aussehenden Soredienalgen 20 Zellen in Reagensgläser geimpft. So entstanden 7 Reinkulturen, und die Soredienalge war auf diesem Umweg gerettet. Allerdings erwiesen sich beim Vergleichen nur 6 Kulturen als identisch. Der siebente Klon scheint ein Vertreter der Gattung *Chlorella* zu sein und erhielt zur besseren Unterscheidung die Nr. 118.

Gleichzeitig mit der ersten Reihe von Nr. 30 impfte ich als Nr. 31 20 Zellen aus Thallusschuppen derselben Flechte. Sahen diese Algen schon unter dem Mikroskop lebensfähiger aus als bei Nr. 30, so war auch der Erfolg im Gegensatz zu vorher hier erfreulich: in 6 Reagensgläsern wuchsen Reinkulturen.

Beim Isolieren mittels Mikromanipulator hatte ich unter dem Mikroskop zwischen den zahlreichen *Cystococcus*-zellen wenige *Cocomyxa* ähnliche Zellen beobachtet, eine davon isoliert und in ein entsprechend angeschriebenes Reagensglas gebracht. Sie lieferte eine Reinkultur, deren mikroskopische Untersuchung keinen Zweifel liess, dass tatsächlich der Ubiquist *Cocomyxa* hier dem *Cystococcus*-material beigemischt war. Ob man solche, dem Thallus eng anliegende Algen, die möglicherweise für den Flechtenpilz Nahrungslieferanten wie eigentliche Flechtenalgen sind, als Epiphyten bezeichnen darf, ist in Frage zu stellen. Zur deutlichen Unterscheidung bezeichnete ich diesen «Sympyten» mit Nr. 119.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

*c<sub>1</sub>*) Des Flechtenpilzes: Zu Tab. 10 müssen wir ergänzen, dass das Malzsubstrat verfärbt ist mit dem Braun 691; diese Kulturen haben Luftmyzel gebildet von der gelbbraunen Farbe 246. Auf Peptonsubstrat wächst der Pilz mit Vorliebe in den Agarnährboden hinein.

**Tab. 10** *Cladoniomyces digitatae* (Schaer.) (Stamm 30)

Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm 16,8	± 0,82	mm 4,5	701
Pepton . . . . .	6,7	0,43	1,5	256
Glukose . . . . .	4,2	0,29	1,5	702
½ Knop . . . . .	2,5	0,21	1	705

Zu Tab. 11 und Abb. 4 lassen sich die folgenden erklärenden Ergänzungen hinzufügen. Bei 6° haben die Kulturen die Farbe 261 in der Mitte; der Rand ist heller gelbgrün bis weiss. Bei 9° macht die grünlichgelbe Färbung teilweise einer bräunlichgelben Platz (256). Die bei 12° gewachsenen Kulturen zeigen Farbe 261 und sind mit feinem Luftmyzel überzogen; am Rande erscheinen sie heller. Bei 15—21° verschwinden die gelbgrünen Töne auf den hier welligen Kolonien, dagegen treten auf den stärker gefalteten Formen bei 24° dunklere Farben auf (126), die nur durch Luftmyzel aufgehellt sind. Bei 27° fehlt Luftmyzel, die Kulturen leben aber noch, wie Überimpfen auf frische Nährböden bewies.

**Tab. 11** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cladonia-myces digitatae* (Schaer.) (Stamm 30) nach 180 Tagen

Temperatur	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm
0	3,1	0,19	2
3	4,5	0,21	2,5
6	7,0	0,35	3
9	8,7	0,42	3,5
12	9,9	0,43	4,5
15	14,1	0,78	5
18	16,3	0,97	5
21	13,4	0,85	5
24	9,6	0,54	5
27	3,0	0,46	2

**Tab. 12** *Cystococcus* aus *Cladonia digitata*  
Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Klon 30 b (Podetienalge)				Klon 31 a (Thallusalge)			
	Durch-messer	Mitt-lerer Fehler	Höhe	Farbe	Durch-messer	Mitt-lerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm	±	mm		mm	±	mm	
Malz . . . . .	9,6	0,33	5	366	12,3	0,54	4,5	277
Pepton-Glukose .	17,4	0,35	6	366	19,0	0,51	4,5	291
Glukose . . . . .	9,7	0,36	5	357	6,5	0,32	3,5	286

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge: Aus Tab. 12 ersehen wir mit Leichtigkeit das unterschiedliche Verhalten der Klone 30 b und 31 a. Auf Malzagar hat Klon 30 b in der Koloniemitte eine hellere Farbe als 366. Diese Farbe

findet sich auf Pepton-Glukoseagar in der Koloniemitte; gegen den Rand hin treffen wir Farbe 291, unmittelbar auf dem Agar 297. Es sind sehr deutliche 1 mm breite Würmchen entstanden. In allem hat die Alge Ähnlichkeit mit Klon 32 a.

Auffallend im Temperaturversuch von Klon 30 b (Tab. 13) ist der Unterschied der Kulturen oberhalb 18° gegenüber denen unterhalb 18°; erstere sind dunkler grün. Auf die verschiedenen Temperaturen verteilen sich die Farben folgendermassen : 0—12° 371 und 368; 15—18° 357, 279, am Rand 358; 21—24° 371 und 386. Bei allen Temperaturen haben die Kulturen massige Formen, ähnlich 35 a.

**Tab. 13** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cystococcus* aus *Cladonia digitata* nach 120 Tagen

Temperatur	Klon 30 b (Podetienalge)			Klon 31 a (Thallusalge)		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	1,3	0,12	1	1	—	1
3	1,6	0,14	1	1,4	0,08	1
6	1,9	0,16	1,5	2,1	0,16	1,5
9	4,3	0,34	3	3,5	0,29	2,5
12	8,0	0,47	4	5,1	0,30	3
15	10,7	0,38	5	7,5	0,19	4
18	10,9	0,35	6	8,5	0,24	4,5
21	10,7	0,56	6	7,7	0,36	4
24	10,1	0,58	6	6,2	0,41	3,5
27	1,9	0,15	1	tot	—	—

Klon 31 a ist auf Malzagar am Rande etwas heller als 277 nach Tab. 13. Die sehr deutlichen Würmchenkulturen sind auf Pepton-Glukoseagar in der Mitte etwas heller als 366. Auf Glukose Nährboden tritt neben 386 auch Farbe 366 auf. Im ganzen hat der Klon viel Ähnlichkeit mit 36 b.

Wie bei 30 a sind die Formen im Temperaturversuch durchgehend massig, die Farben aber bei allen Temperaturen dunkelolive (401). Die Alge hat Ähnlichkeit mit 36 a, aber auch mit 32 a.

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 4).

Wir vergleichen zunächst Cladoniomyces Stamm 30 mit der Thallusalge, dem Klon 31 a. Die Optima von Pilz und Alge stimmen überein; bei beiden ist die höchste Temperatur nahe bei 27°. Während aber die

Wachstumsfähigkeit des Pilzes fast gleichmässig abnimmt von 18° gegen 27°, so sinkt sie bei der Alge zuerst langsam, dann rasch. In ihrem langsamen Anstieg vom Nullpunkt bis zum Optimum stimmen die Temperaturkurven der beiden Flechtenbildner überraschend überein. Stamm 67 weicht, abgesehen von einer offensichtlichen Störung bei 21°, in seinen Temperaturansprüchen kaum ab von Stamm 30. Die Podetienalge 30 a passt mit ihrer Temperaturkurve ebenfalls gut in dieses Bild; eigenartig ist ihr breites Optimum.

#### *6. Cladonia digitata Schaeer. (Flechte 87)*

##### a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Ob Wangs (bei Sargans) sammelte ich die untersuchte Flechte auf einer Höhe von ca. 1400 m ü. M. an einem gegen Nordosten blickenden Waldrand.

##### b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

*b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes* : Durch Aussäen von Soredien auf Malzagar hoffte ich Reinkulturen des Pilzes zu erhalten; gleichzeitig diente versuchsweise die Petrischalenmethode. Erstere Methode versagte in diesem Falle; nach der letzteren entstanden Reinkulturen.

*b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge* : In den Thallusschuppen sahen viele Zellen wenig lebensfähig aus, andere schienen tot. Deshalb isolierte ich 30 einzelne Zellen und brachte sie auf Nährböden in Reagensgläsern. Nur 5 entwickelten sich zu Reinkulturen. Von 30 aus Podetiensoredien isolierten Algen wuchs keine.

##### c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

*c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes* : Aus zeitlichen Gründen — die Analyse dieser Flechte geschah erst vor kurzem — mussten die Nährstoffversuche von Pilz und Alge wegbleiben.

Wie die anderen Stämme des *Cladoniomyces digitatae* bildete auch dieser Stamm von 15° an abwärts bis zu 3° zunehmend mehr Luftmyzel von der Farbe 241 (Tab. 14 und Abb. 5). Bei 9° und 12° erscheinen einige Kulturen wie aufgesprungen oder aufgerissen mit den Farben 194 und 199. In 15° und 18° gewachsene Kulturen weisen die Farben 116 und 112 auf, an jungen Rändern 203 und heller. Höhere Temperaturen bringen nur 116 hervor. Stellenweise ist Luftmyzel mit Farbe 257 vorhanden.

*c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge* : Verschiedenheit in der Wachstumstemperatur vermag hier wieder eine Verschiedenheit in der Koloniefarbe hervorzurufen (Tab. 14 und Abb. 5). Wir beobachten folgende Farben : bei 0—6° 372; bei 9° 357; bei 12° 366 und 351 mit beginnender Würmchenbildung; bei 15° 361 mit deutlichen Würmchen; bei 18—21° 331 und

dunklere Töne; bei  $24^{\circ}$  352. Die Breite der Würmchen steigt nicht über 1 mm.

**Tab. 14** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Komponenten von *Cladonia digitata*

Temperatur	<i>Cladoniomyces digitatae</i> (Schaer.) (Stamm 87) nach 160 Tagen			<i>Cystococcus</i> (Klon 87 a) nach 150 Tagen		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
$^{\circ}\text{C}$	mm	$\pm$	mm	mm	$\pm$	mm
0	1	—	1	1,3	0,10	1
3	2,8	0,12	1	2,9	0,19	2
6	4,4	0,37	1	2,3	0,20	2
9	9,0	0,22	1,5	7,6	0,48	3,5
12	11,1	0,37	2	9,4	0,29	3,5
15	12,4	0,54	2	10,6	0,19	3,5
18	13,9	0,45	3	12,2	0,56	3,5
21	11,2	0,48	3	11,4	0,58	3,5
24	10,7	0,59	2	2,7	0,20	2
27	1,8	0,10	1	tot	—	—

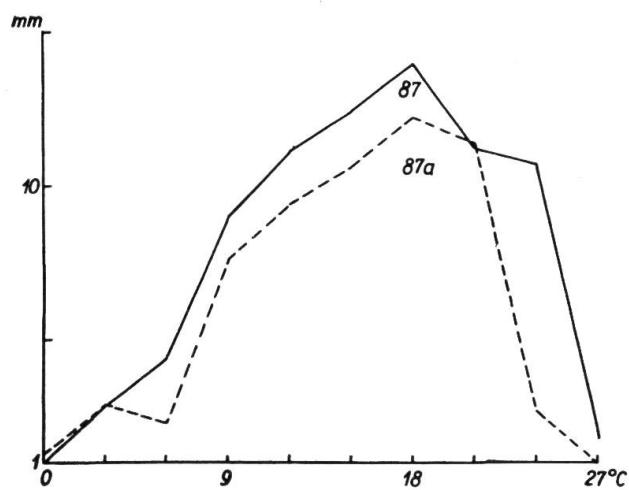


Abb. 5  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei:  
*Cladoniomyces digitatae*  
(Schaer.) (Stamm 87) nach 160 Tagen,  
*Cystococcus* (Klon 87a) aus *Cladonia digitata* nach 150 Tagen.

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 5).

Der Kurvenverlauf des Pilzwachstums hat von  $0\text{--}18^{\circ}$  (abgesehen von der Unstimmigkeit des Algenwachstums bei  $6^{\circ}$ ) die gleiche Form wie der Kurvenverlauf des Algenwachstums.  $24^{\circ}$  ist für das Pilzwachstum wesentlich günstiger als für das Algenwachstum. Im ganzen ist die Ähnlichkeit der Temperaturansprüche von Pilz und Alge dieser *Cladonia* offensichtlich.

*7. Cladonia rangiferina (L.) Web. (Flechte 92)*

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Ich sammelte diese Flechte oberhalb von Wangs (bei Sargans) auf dem Punkte 1759 (Siegfriedkarte).

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Im gefundenen Material fruktifizierte der Pilz nicht; es standen also keine Askosporen zur Verfügung, was die Reinkultur des Pilzes erschwerte. Mittels Mikromanipulator übertrug ich einzelne Hyphenstücke auf Malzagar; so wuchsen jedoch in diesem Falle keine Reinkulturen. Eine andere Methode führte zum Erfolg. Ich schabte von trockenen Podetien soredienartige Krümchen ab und säte sie auf Malzagar in Petrischalen. Viele solcher Stückchen waren natürlich infiziert, aus anderen wuchsen Pilz und Alge. In einigen Fällen hatte aber der Pilz ein Wachstum der Algen nicht zugelassen. Dann impfte ich, wenn keine Fremdinfektionen vorkamen, diese Stücke heraus, prüfte sie auf ihre Reinheit und vermehrte sie.

b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Die im genannten Versuch auf Agar wachsenden Algen wurden zum Anlegen von Einzellkulturen mittels Mikromanipulator verwendet. Dank des guten Impfmaterials wuchsen von 15 geimpften Zellen 12 zu Reinkulturen heran.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Da ich die Flechte erst vor kurzem analysierte, fallen in dieser Arbeit die Nährstoffversuche für Flechtenpilz und Flechtenalge weg.

Die bei verschiedenen Temperaturen gewachsenen Kulturen unterscheiden sich abgesehen von der Grösse wenig (Tab. 15 und Abb. 6). Bei 3—15° sehen wir Farbe 131, von 12° an aufwärts ausserdem Farbe 193 und hellere Töne. Die Kulturen von 21° haben Farbe 116, am Rand 193. Bei keiner Temperatur ist deutliches Luftmyzel zu finden.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Hier ist die Farbe bei allen Temperaturen einheitlich 372 (Tab. 15 und Abb. 6). Bei allen Temperaturen haben die Kolonien eine rauhe Oberfläche ohne Würmchenbildung. Von den würmchenbildenden *Cladonia*-algen unterscheidet sie sich damit auffällig.

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 6).

Als Hauptunterschied zwischen den beiden Kurven erkennt man, dass die Flechtenalge nur in dem begrenzten Raum von 12—24° gut wächst, der Pilz aber bis hinab zu 6°. Aber seine günstigen Wachstumstemperaturen liegen auch bei 12—24° und sein Wachstumsoptimum

**Tab. 15** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Komponenten von *Cladonia rangiferina*

Temperatur	<i>Cladoniomyces rangiferinae</i> (L.) (Stamm 92) nach 160 Tagen			<i>Cystococcus</i> (Klon 92 d) nach 150 Tagen		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	1	—	1	1	—	1
3	1,6	0,13	1	1,4	0,16	1
6	2,9	0,25	1	1,8	0,13	1
9	3,7	0,17	1	2,0	0,16	1
12	4,6	0,24	1	4,4	0,28	3
15	6,4	0,25	1,5	8,0	0,82	4
18	6,5	0,26	1,5	9,1	0,33	3
21	5,6	0,26	2	8,8	0,20	3
24	2,5	0,18	1	3,1	0,19	2
27	1,2	0,11	1	1,2	0,12	1

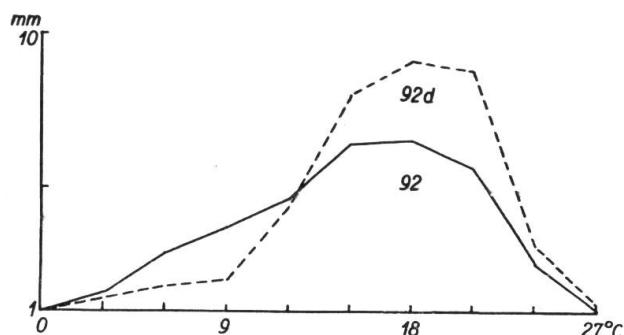


Abb. 6  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei:  
*Cladoniomyces rangiferinae* (L.) (Stamm 92) nach 160 Tagen,  
*Cystococcus* (Klon 92 d) aus *Cladonia rangiferina* nach 150 Tagen.

wie das der Alge bei 18°. Eigentümlicherweise fanden wir also für Pflanzen, die eine bis in die alpine Region und bis in den kältesten Norden verbreitete Flechte bilden, Optima, die bei Zimmertemperatur liegen.

#### 8. *Cladonia squamosa* (Scop.) Hoffm. (Flechte 34)

##### a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Auf der Ostseite des Rinderweidhorns auf 1270 m ü. M. sammelte ich diese Flechte in genügender Menge am Fusse von Föhren an einem Waldweg.

##### b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes: Bei der Isolierung des Pilzes führte die Petrischalenmethode leicht zu den gewünschten Reinkulturen.

b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Die gefundene Flechtenform bildet keine Soredien, was die Kultur der Alge vereinfachte. In 20 Reagensgläser gelangten Zellen aus den zahlreich vorhandenen Thallusschüppchen, in 10 Reagensgläser Zellen aus dem Podetieninnern. Jedes Material lieferte eine Anzahl Reinkulturen — von den 30 isolierten Zellen insgesamt 14 — die unter sich genau gleich aussahen. Im folgenden kam deshalb nur der Klon 34 a zur Verwendung.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Das Malzagarsubstrat bei Tab. 16 ist braun verfärbt (192). Auf dem Peptonnährboden wächst der Pilz tief in den Agar.

**Tab. 16** *Cladoniomyces squamosae* (Scop.) (Stamm 34)  
Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	12,2	0,75	5	191
Pepton . . . . .	7,8	0,48	2	212
Glukose . . . . .	2,6	0,20	1,5	193
½ Knop . . . . .	4,1	0,52	1	220

**Tab. 17** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Komponenten von *Cladonia squamosa*

Temperatur	<i>Cladoniomyces squamosae</i> (Scop.) (Stamm 34) nach 140 Tagen			<i>Cystococcus</i> (Klon 34 a) nach 70 Tagen		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	1,1	—	1	1,1	—	1
3	2,1	0,14	1	2,9	0,19	1
6	4,0	0,17	1,5	3,9	0,19	1
9	6,5	0,16	2	5,0	0,21	1,5
12	9,6	0,44	3,5	7,0	0,28	1,5
15	11,5	0,47	4	9,3	0,30	2
18	13,6	0,42	5,5	10,7	0,25	2
21	13,9	0,45	5,5	10,7	0,30	2
24	12,6	0,98	5,5	9,6	0,28	2
27	tot	—	—	2,4	0,27	1

Der im Temperaturversuch (Tab. 17 und Abb. 7) von 0—6° weissliche Pilz zeigt bei 6—9° Farbe 203, bei 15—24° vorwiegend Farbe 176. Bei konstanten Temperaturen von 21° und 24° hat sich Luftmyzel gebildet. Das Substrat ist nur wenig verfärbt.

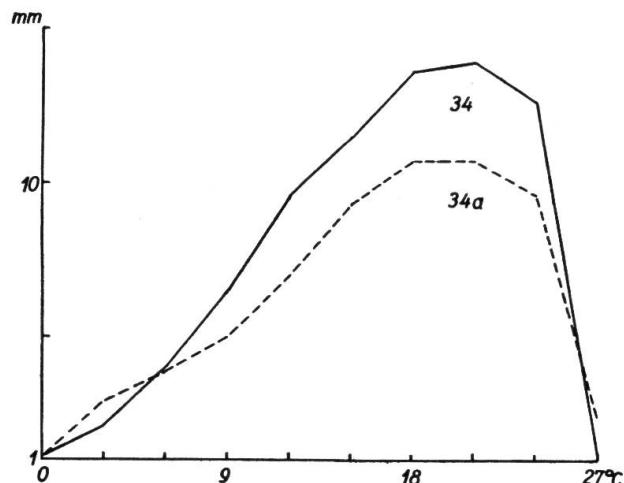


Abb. 7  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei:  
*Cladoniomyces squamosae*  
(Scop.) (Stamm 34) nach  
140 Tagen,  
*Cystococcus* (Klon 34 a) aus  
*Cladonia squamosa* nach  
70 Tagen.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Die Koloniefarbe ist beim Nährstoffversuch (Tab. 18) innerhalb der einzelnen Kolonie einheitlich. Auf Malzagär sind die Kulturen in der Mitte traubenartig, am Rand radial gefaltet. Ausser der traubenartigen Form entstehen auf Pepton-Glukoseagar Würmchen von 1 mm Breite. Auf Glukoseagar finden wir grobe, bis 2 mm breite Würmchen; diese Kulturen sind matt.

**Tab. 18** *Cystococcus* (Klon 34 a) aus *Cladonia squamosa*  
Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm 12,6	± 0,17	mm 4	333
Pepton-Glukose .	14,1	0,21	5	357
Glukose . . . . .	10,9	0,34	3	366

Über die Wachstumsfähigkeit bei verschiedenen Temperaturen geben Tab. 17 und Abb. 7 Auskunft. Von 0—12° haben die Kolonien ein glänzendes Aussehen; die Oberfläche ist glatt, von der Form einer Halbkugel, etwa wie ein Tropfen zähflüssiger Flüssigkeit. Bei 15—24° ist die Kolonie scheibenförmig, am Rand und in der Mitte etwas aufgewölbt, 2 mm hoch mit rauher Oberfläche. Als Farbe gilt bei den verschiedenen Temperaturen stets 297, bei 27° wenig heller.

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 7).

Der Verlauf der Wachstumskurve unter Temperatureinfluss ist bei diesem *Cladoniomyces* sehr regelmässig : gleichmässiges Ansteigen der Wachstumsfähigkeit bis zu den günstigsten Temperaturen 18° und 21°; oberhalb 24° verbietet die Wärme dem Pilz ein weiteres Wachstum. Die Alge wächst bei tiefen Temperaturen etwas rascher als der Pilz; trotzdem vermag erst eine Temperatur über 27° (!) ihre Teilungsfähigkeit zu unterbinden. Der Pilz ist aber nur in geringem Masse temperaturempfindlicher als die Alge. Im ganzen ist das Bild der Temperaturkurven der beiden Flechtenbildner harmonisch. Beide Kurven steigen ruhig an bis zu den optimalen Temperaturen 18° und 21°, fallen bis 24° nur wenig und dann aber mit entscheidender Deutlichkeit gegen 27°.

#### *9. Cladonia pyxidata f. chlorophaea Floerk. (Flechte 15/16)*

##### a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Diese Flechte sammelte Frl. Dr. H. Ra th s auf der Wengernalp (Kt. Bern) ca. 1900 m ü. M. und überliess sie mir freundlich zur Untersuchung.

##### b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

*b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes* : Zur Isolierung des Pilzes diente die Petrischalenmethode mit emporgeschleuderten Askosporen.

*b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge* : Um die Flechtenalge zu kultivieren, verwendete ich Podetien- und Thallusstücke. 30 Einzellkulturen, isoliert aus dem Innern sporenliefernder Apothezienbecher, erhielten die Bezeichnung Nr. 15. Nr. 16 sind 30 Einzellkulturen aus einige Millimeter grossen Thallusschuppen am Fusse sporenliefernder Podetien. Aus diesen 30 in Reagensgläser übertragenen Zellen hatten sich nach 4 Monaten 19 Kulturen entwickelt; die übrigen Gläser waren Blindgänger oder infiziert. Alle Kulturen sahen unter sich gleich aus. Ebensogut waren die Kulturen aus Algenzellen des Podetiums gewachsen. Von den 21 mehrere Millimeter grossen Kulturen sahen aber nur 20 unter sich und auch verglichen mit den Klonen Nr. 16 gleich aus. Ein Klon, wir bezeichneten ihn mit 15 g, unterschied sich in Form und Farbe der Kultur; wir behandeln ihn im folgenden gesondert.

##### c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

*c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes* : Zu Tab. 19 über den Versuch mit verschiedenen Nährböden sind einige Ergänzungen nötig. Auffällige Luftmyzelbildung, deren Farbe weiss ist, entsteht nur auf Malzagar (Tafel 3, Abb. 5). Ausser der Kulturfarbe 111 finden wir auch die Farbe 211, auf Peptonagar ausser 111 auch 191 und 201. 111 und 191 kommen auf Glukoseagar neben 176 vor und auf reinem Knopagar neben Farbe 192 auch 201.

**Tab. 19** *Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Floerk.) (Stamm 15)  
Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	15,1	0,34	4,5	111
Pepton . . . . .	5,4	0,44	2	111
Glukose . . . . .	3,8	0,23	2	176
½ Knop . . . . .	3,0	0,22	2	192

Im Temperaturversuch (Tab. 20 und Abb. 8) bildete sich erst von 12° an aufwärts Luftmyzel. Die Kulturfarbe wird von der Temperatur wenig beeinflusst und lässt sich bei 0—12° mit dem Braun Nr. 115 kennzeichnen; bei höheren Temperaturen ist sie etwas heller.

**Tab. 20** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Floerk.) (Stamm 15) nach 140 Tagen

Temperatur	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm
0	1,7	0,11	1,5
3	3,2	0,17	2
6	4,1	0,30	2
9	6,6	0,52	2,5
12	10,0	0,45	3
15	13,4	0,88	3
18	12,5	0,74	4
21	11,8	0,44	4
24	8,5	0,36	4
27	tot	—	—

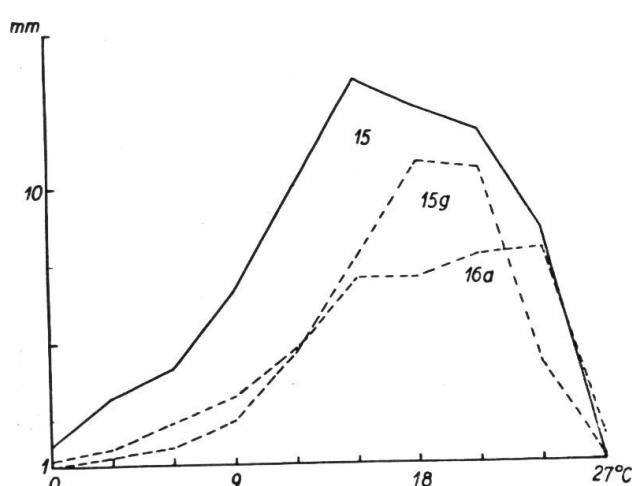


Abb. 8  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei :  
*Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Floerk.) (Stamm 15) nach 140 Tagen,  
*Cystococcus* (Klone 16 a und 15 g) aus *Cladonia pyxidata f. chlorophaea* nach 70 Tagen.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Wir betrachten zuerst den Klon 15 g. Auf den drei geprüften Nährböden (Tab. 21) unterscheiden sich die Kolonien in verschiedenen Merkmalen. Auf Malzagar haben die gerümpften Kolonien keine deutlichen Würmchen gebildet; ihre Farbe lässt sich mit 297 kennzeichnen. Auf Pepton-Glukoseagar zeigen die haufenartigen Kulturen einen rechteckigen Querschnitt; im Gegensatz zur Kulturmitte erscheint der Rand unmittelbar über dem Agar heller grün mit 291.

**Tab. 21** *Cystococcusalgen* aus *Cladonia pyxidata f. chlorophaea*  
Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Klon 15 g (Podetienalgen)				Klon 16 a (Thallusalgen)			
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm	±	mm		mm	±	mm	
Malz . . . . .	10,5	0,34	5	297	17,3	0,74	3	357
Pepton-Glukose .	17,5	0,39	8	302	13,3	0,82	5	297
Glukose . . . . .	11,7	0,30	6	366	16,5	0,60	6	291

Bei verschiedenen Temperaturen wachsend (Tab. 22 und Abb. 8) verändert sich die massive Kolonieform mit dicken Würmchenbildungen bei diesem Klon nicht; auch die Farbe schwankt nur zwischen den Nummern 357 und 297.

**Tab. 22** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cystococcus*-algen aus *Cladonia pyxidata f. chlorophaea* nach 70 Tagen

Temperatur	Klon 15 g (Podetienalge)			Klon 16 a (Thallusalge)		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	0,9	0,10	1	1,2	0,10	1
3	1,2	0,15	1	1,6	0,10	1
6	1,5	0,14	1,5	2,4	0,16	1
9	2,4	0,12	2	3,2	0,25	1,5
12	4,6	0,34	3	4,8	0,28	1,5
15	7,6	0,26	4	7,0	0,37	1,5
18	10,7	0,42	4,5	7,0	0,22	2
21	10,5	0,41	5	7,7	0,21	2
24	4,2	0,15	2,5	7,9	0,33	1,5
27	tot	—	—	1,9	0,10	1

Der Klon 16 a zeigte im Nährstoffversuch (Tab. 21), wie zu erwarten stand, deutliche Unterschiede gegenüber 15 g. Auf Malzagar sehen wir bei 16 a radiale, 1 mm breite Falten, im Gegensatz zu der unregelmässigen Rümpfung von 15 g. In der Kulturmitte ist die Farbe 357 ersetzt durch 277. Auf Pepton-Glukoseagar sind die beiden Klone nicht zu verwechseln. 16 a bildet traubenartige Kulturen, bei denen nur einzelne hellere Auswüchse von der Farbe 297 abweichen. Auf Glukoseagar sind die Kulturen von 16 a doppelt so hoch als auf Malz, woraus zu schliessen ist, dass für diese Alge viel Stickstoffnahrung ungünstig ist. Die mit 291 gefärbten glänzenden Kulturen sind in der Mitte mehrmals höher als am Rand. Aus dem mittleren Fehler ersichtlich, war das Wachstum von 16 a ungleichmässiger als von 15 g.

Bei Temperaturen von 3—12° (Tab. 22 und Abb. 8) wächst der Klon 16 a in glatter, glänzender Tropfenform, bei höheren Temperaturen in Würmchenform. In der Farbe der Kulturen hebt sich der Klon kaum ab von 15 g.

Die Untersuchung der Flechtenalgen von *Cladonia pyxidata f. chlorophaea* 15/16 liess also erkennen, dass in dieser Flechte ein Algenstamm vorherrscht. In den Thallusschuppen fanden wir nur diesen Algenstamm (16 a); in den Podetiensoredien ist aber daneben in geringerer Menge ein anderer Algenstamm vorhanden (15 g), der sich in Temperatur- und Nahrungsansprüchen, in Kulturfarbe und Kulturform klar unterscheidet.

*d)* Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 8).

Das günstigste Wachstum dieses *Cladoniomyces* fand bei einer um 9° tieferen Temperatur statt als bei der vorherrschenden Flechtenalge; die minderheitliche Flechtenalge hat ein nur um 3° höheres Wachstums optimum als der Flechtenpilz. Betrachten wir jedoch den Verlauf der Kurven vom Pilz 15 und von der Alge 16 a, so fallen uns Unregelmässigkeiten auf; bei den Temperaturen zwischen 15° und 24° scheinen Pilz und Alge im Wachstum gestört zu sein. Nach dem Kurvenverlauf vermuten wir beim Pilz ein höheres Optimum, bei der Alge ein tieferes. Ob eine Wachstumsstörung eingetreten ist, steht nicht fest, weil noch kein zweiter Versuch angelegt wurde. Wenn auch die optimalen Wachstumstemperaturen des Pilzes und der Alge 16 a weit auseinanderliegen, so decken sich doch die günstigen Wachstumszonen im allgemeinen; denn die Wachstumsfähigkeit des Pilzes sinkt von 15° bis 21° nur wenig und die Wachstumsfähigkeit der Alge steigt von 15° bis 24° nur um einen Achtel. Einzig bei 24° gehen die Wachstumsfähigkeit des Pilzes und der Alge 16 a wesentlich auseinander.

Die selteneren Podetienalgen 15 g weicht in ihren Temperaturansprüchen von denen des Pilzes weniger ab als die häufigeren, in Thallusschuppen und Podetien gefundene Alge (16 a).

**10. *Cladonia pyxidata f. chlorophaea Floerk.* (Flechte 20/21)**

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Das untersuchte Material stammt aus der Gegend oberhalb Steinen (zirka 600 m ü. M.), wo ich es anfangs September 1935 bei einer Baumgruppe am Fusse von Rottannen fand.

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Aus Askosporen wuchs der Pilz nach Anwendung der Petrischalenmethode zu Reinkulturen heran.

b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Von 20 aus dem Innern von Podetienbechern isolierten Zellen benannte ich die 10 gewonnenen Reinkulturen mit Nr. 20. 11 weitere Reinkulturen, von 20 aus Thallusschuppen geimpften Zellen stammend, tragen die Nr. 21. Die beiden Stämme sind voneinander nicht zu unterscheiden; Thallus- und Podetienalgen sind also gleich.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Tab. 23 ergänzend ist zu sagen, dass der Pilz auf Malzagarnährböden dichtes Luftmyzel bildet von der Farbe 261; auf Glukoseagar dagegen erscheint feines, weißes Luftmyzel.

**Tab. 23** *Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae (Floerk.)* (Stamm 20)

Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm 16,2	± 0,85	mm 5	696
Pepton . . . . .	8,2	0,63	2,5	192
Glukose . . . . .	6,0	0,55	3	703
½ Knop . . . . .	4,6	0,21	1,5	695

In verschiedenen Temperaturen gewachsene Kulturen unterscheiden sich durch die Farbe kaum (Tab. 24 und Abb. 9). So überwiegt bei 0—12° 116. Höhere Temperaturen lassen die Kulturen infolge von Luftmyzelbildung heller erscheinen. Unter 21° sind die Kulturformen konvex, rundlich und mehr oder weniger flach. Bei 21° zeigen sich einzelne Auswüchse, noch mehr jedoch bei 24°, wo diese ein weißes, krebsartiges Aussehen erhalten.

**Tab. 24** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Komponenten von *Cladonia pyxidata f. chlorophaea*

Temperatur	<i>Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaea (Floerk.)</i> (Stamm 20) nach 150 Tagen			<i>Cystococcus</i> (Klon 21 a) nach 150 Tagen		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	1,8	0,12	1	1,8	0,10	0,5
3	2,2	0,14	2	2,0	0,28	0,5
6	3,0	0,18	2	2,0	0,06	1
9	5,3	0,31	3	5,0	0,27	2
12	8,1	0,54	3	8,4	0,37	4,5
15	10,6	0,56	3,5	12,9	0,38	4
18	11,8	0,44	4	13,6	0,60	4
21	9,2	0,71	4	13,8	0,44	4
24	6,0	0,38	3	8,5	0,28	2,5
27	tot	—	—	tot	—	—

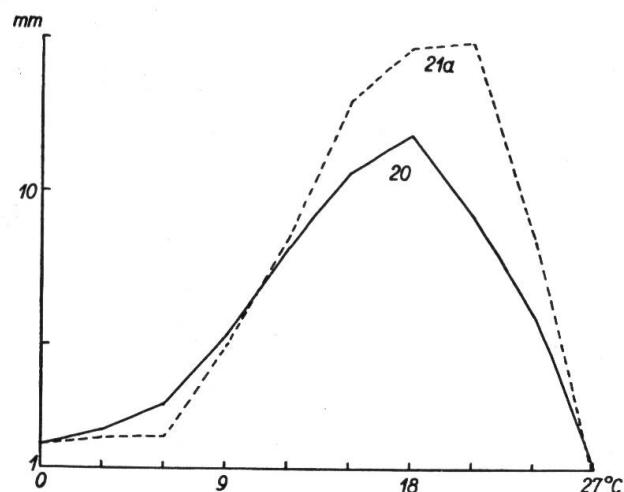


Abb. 9  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei:  
*Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaea (Floerk.)* (Stamm 20) nach 150 Tagen,  
*Cystococcus* (Klon 21 a) aus *Cladonia pyxidata f. chlorophaea* nach 150 Tagen.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge: Auf Malzagar wuchsen die Kolonien des Klon 21 a unter Bildung von 0,5 mm breiten Würmchen (Tab. 25). Breiter (1,5 mm), aber auch weniger ausgeprägt sind die Würmchen auf Pepton-Glukoseagar; einzelne Auswüchse haben die Farbe 276 und heller. Neben Farbe 291 kommt auf Glukoseagar auch 366 vor; die Würmchen der glänzenden Kolonien sind 2 mm breit.

Verhältnismässig grosse Unterschiede weisen Kolonien dieses Klons auf, die bei verschiedenen Temperaturen gewachsen sind (Tab. 24 und Abb. 9). Von 0—9° sind die Kolonien rundlich mit Farbe 371; bei 12°

**Tab. 25** *Cystococcus* (Klon 21 a) aus *Cladonia pyxidata f. chlorophaea*  
Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	14,1	0,69	3	366
Pepton-Glukose .	14,6	0,74	4,5	297
Glukose . . . . .	13,8	0,43	5	291

in der Mitte Farbe 346, am Rand 366 und beginnende Würmchenbildung. Bei 15° sind die Würmchen unklar; Farbe 332. Bei 18—21° Farbe 333 und dunkler grün. Den bei 21° deutlichen Würmchen macht bei 24° eine traubige Form Platz mit Farbe 323. Der Klon zeigt Ähnlichkeit mit 41 a.

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 9).

Das Wachstum des Pilzes lässt sich durch die Temperatur weniger beeinflussen als das der Alge. Der Unterschied von 3° im Wachstums-optimum dürfte in Wirklichkeit geringer sein, weil nach dem Kurven-verlauf das genaue Wachstumsoptimum der Alge etwas tiefer liegt als 21°, das des Pilzes eher höher als 18°. Beide Flechtenbildner wachsen am besten bei Temperaturen von 12—24°.

### 11. *Cladonia pyxidata f. chlorophaea* Floerk. (Flechte 37/38)

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Frl. Dr. H. R a t h s sammelte diese Flechte unterhalb der Klausen-passhöhe auf zirka 1800 m ü. M. und überliess sie mir zur Untersuchung.

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Aus Askosporen wuchsen mit der Petri-schalenmethode nach wenigen Wochen Reinkulturen.

b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : 20 Zellen aus zerriebenen Thallusschuppen brachte ich in Erlenmeyerkolben von 150 ccm mit Glukoseagar. In 11 Kolben entstanden reine Einzellkulturen, bezeichnet als Klon 37.

Von 20 Zellen aus Soredien des Innern fertiler Podetienbecher ge-diehen 9, übertragen in Reagensgläser, zu Reinkulturen mit der Bezeichnung Nr. 38. Sämtliche Klone beider Nummern waren voneinander nicht zu unterscheiden.

Der geringe Unterschied in der Zahl von erzielten Reinkulturen beim Übertragen einzelner Zellen in Reagensgläser einerseits, in Erlenmeyerkolben anderseits zeigt, dass man bei solchen Isolierungen (gut wachsende Algen) ohne Nachteil die handlichere, billigere Reagensglas-methode anwenden darf.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes: Über das Wuchsvermögen auf verschiedenen Nährböden gibt uns Tab. 26 einen Überblick. Auf Malzagar sind die Kulturen von hellbraunem Luftmyzel überzogen. Auf Glukoseagar ist nur wenig weißes Luftmyzel entstanden.

**Tab. 26** *Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Floerk.) (Stamm 37)  
Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	9,4	0,47	3	193
Pepton . . . . .	10,2	1,11	3,5	701
Glukose . . . . .	5,1	0,45	2	691
½ Knop . . . . .	3,6	0,40	2	701

Zur Beurteilung der Temperaturansprüche des *Cladoniomyces*-stammes 37 stehen uns zwei Temperaturversuche zur Verfügung (Tab. 27 und Abb. 10). Ihr Ergebnis ist merklich verschieden. Im ersten Versuch nimmt die Luftmyzelbildung vom ersten deutlichen Auftreten bei 12° mit steigender Temperatur zu bis zu 24°, bei welcher Temperatur die Kulturen durch diesen Überzug hellbraun gefärbt sind. Die luftmyzel-freien Stellen der Kulturen sind bei allen Temperaturen braun mit Farbe 116. Das Substrat ist bei 12° und 15° in der Nähe der Kultur

**Tab. 27** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Floerk.) (Stamm 37)

Temperatur	1. Versuch, nach 140 Tagen			2. Versuch, nach 160 Tagen		
	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	1,2	—	1	1	—	1
3	1,6	0,13	1	1,7	0,16	1
6	2,3	0,11	1,5	2,1	0,15	1
9	3,6	0,28	1,5	4,0	0,16	1
12	5,0	0,18	2	5,2	0,21	1,5
15	8,2	0,26	2	6,0	0,23	1,5
18	9,4	0,24	2,5	8,6	0,25	2
21	10,3	0,34	3	6,4	0,18	2
24	7,3	0,23	3	5,3	0,27	2
27	tot	—	—	tot	—	—

verfärbt nach 111. Die Form der Kulturen wölbt sich bis zu 21° hinauf flach konvex; erst bei 24° haben die Kulturen ein verkrüppeltes Aussehen. Im zweiten Temperaturversuch waren die Kulturen flacher als im ersten, hatten die Farbe 116, am Rand 193. Nur bei 15—21° hatte sich Luftmyzel gebildet. Es verlieh ihnen ein Aussehen wie mit Mehl bestäubt.

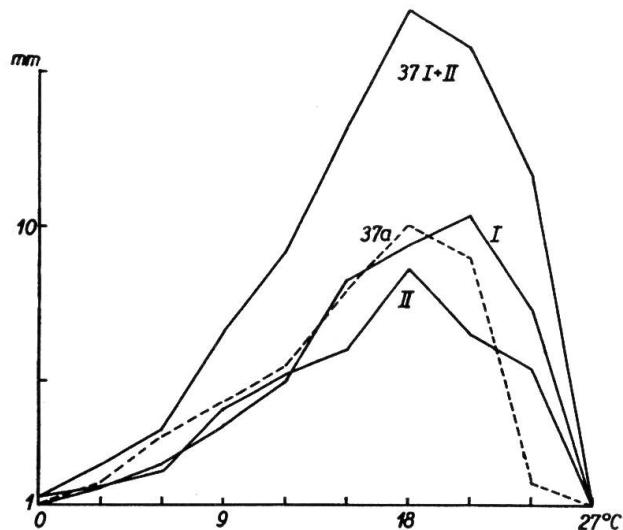


Abb. 10  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei :

*Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Floerk.) (Stamm 37) nach 140 Tagen (Versuch I) und nach 160 Tagen (Versuch II) mit Additionskurve der beiden Versuche (37 I + II),

*Cystococcus* (Klon 37 a) aus *Cladonia pyxidata f. chlorophaea* nach 70 Tagen.

Wie Tab. 27 und Abb. 10 zeigen, hat sich der *Cladoniomyces*-stamm 37 in den zwei unter gleichen Bedingungen durchgeföhrten Temperaturversuchen nicht gleich verhalten. Am auffälligsten ist der Unterschied bei 21°. Die Ursache dieser Unregelmässigkeit ist dem eigenartig langsamen Wachstum des Flechtenpilzes zuzuschreiben und der damit verbundenen Schwierigkeit, gleichwertiges Impfmaterial zu verwenden.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : In Tab. 28 tritt neben Farbe 357 auch Farbe 297 auf bei den Kulturen auf Malzagar; ihr Rand hat zum Teil Farbe 277. Die Form der Kolonien lässt grobe Würmchen erkennen. Auf Pepton-Glukosenährböden sehen wir ausser Farbe 291 auch 366; diese Würmchen sind frischer grün als auf Glukoseagar und bis 1 mm breit. Auf Glukoseagar bilden sich massigere, matte Formen.

**Tab. 28** *Cystococcus* (Klon 37 a) aus *Cladonia pyxidata f. chlorophaea*  
Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm 12,6	± 0,38	mm 5	357
Pepton-Glukose .	20,1	1,46	7	291
Glukose . . . .	12,1	0,28	6	291

Bei Temperaturen von 0—15° (Tab. 29 und Abb. 10) erscheinen die Kolonien in Farbe 297 und 357, bei 18° in 291 und 358 und bei 21° in 297. Unter 21° bestehen die Kolonieformen aus massigen, lockeren Würmchen; bei 21° sind die Würmchen sehr fein und schmal. Ohne gewachsen zu sein leben bei 27° noch einige Algen, befinden sich also in einer Art Wärmestarre.

**Tab. 29** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cystococcus* (Klon 37 a) aus *Cladonia pyxidata f. chlorophaea* nach 70 Tagen

Temperatur	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm
0	1	—	1
3	1,6	0,18	1
6	3,1	0,31	2
9	4,2	0,24	3
12	5,3	0,34	4
15	8,0	0,54	5
18	10,1	0,46	5,5
21	8,9	0,71	4
24	1,6	0,49	1
27	tot	—	—

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 10).

Um ein einfaches Bild der Temperaturansprüche des Flechtenpilzes zu haben, dürfen wir die absoluten Werte der beiden Temperaturkurven addieren. Wir vergleichen diese einmal überhöhte Kurve mit der Temperaturkurve der Alge. Von 0° an steigt das Wachstumsvermögen beider Flechtenbildner gleichmäßig bis zu 18° und sinkt dann bei 21° wieder etwas. Bei 24° unterscheiden sich Pilz und Alge in ihrem Verhalten wesentlich: der Pilz gedeiht so gut wie bei 14°, während die Alge das Wachstum fast einstellen muss. Abgesehen von dieser Einzelheit haben Pilz und Alge überraschend ähnliche Temperaturansprüche; wenn die Alge rasch wachsen kann, kann es auch der Pilz.

### 12. *Cladonia pyxidata f. chlorophaea* Floerk. (Flechte 39/40)

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Oberhalb Steinen (Kt. Schwyz) fand ich die vorliegende Flechte an einem Waldrand auf einer Höhe von ca. 900 m ü. M.

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

*b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes* : Die Petrischalenmethode lieferte auch hier bald Reinkulturen des *Cladoniomyces*.

*b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge* : Nach den guten Ergebnissen der früheren Isolierungen von *Cladonia*-Algen und bei dem gesunden, frischgrünen Aussehen dieses Algenmaterials genügte das Anlegen von je 15 Einzellkulturen von Podetien- und Thallusalgen; Nr. 39 sind 5 Klone von Algen aus Podetiensoredien, Nr. 40 sind 8 Klone von Algen aus Thallusschuppen.

*c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.*

*c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes* : Die Wachstumsverhältnisse auf den verschiedenen Nährböden sind aus Tab. 30 zu ersehen. Die Farbe der Kulturen auf Knopagar sei mit Vorbehalt betrachtet, weil der Pilz dort zu wenig auswuchs und deshalb noch — allerdings geringe — Vorräte von Malz von seinem früheren Nährboden her haben konnte.

**Tab. 30** *Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Floerk.) (Stamm 39)  
Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	13,1	0,64	5	111
Pepton . . . . .	5,2	0,29	2	126
Glukose . . . . .	2,8	0,41	2	176
½ Knop . . . . .	2,4	0,19	1,5	176

**Tab. 31** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Floerk.) (Stamm 39) nach 140 Tagen

Temperatur	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm
0	1,0	—	1
3	1,8	0,14	1,5
6	2,2	0,11	1,5
9	3,4	0,41	1,5
12	3,3	0,14	2
15	6,8	0,29	2,5
18	7,7	0,33	2,5
21	7,1	0,42	3
24	7,2	0,40	3
27	tot		—

Im Temperaturversuch (Tab. 31 und Abb. 11) sehen wir, dass sich zwischen 9° und 24° das Substrat in unmittelbarer Nähe der Kulturen dunkel verfärbt mit Farbe 111. Die Farbe der Kulturen bleibt bis 18° verhältnismässig einheitlich 116. Oberhalb dieser Temperatur ist die Farbe durch Luftmyzel überdeckt, das sich bei 24° am besten entwickelt hat und unter 18° fast ganz verschwindet. Bis 18° sind die Formen der Kulturen flach, konvex; bei 21° erhalten sie ein verkrüppeltes Aussehen, das sich bei 24° verdeutlicht.

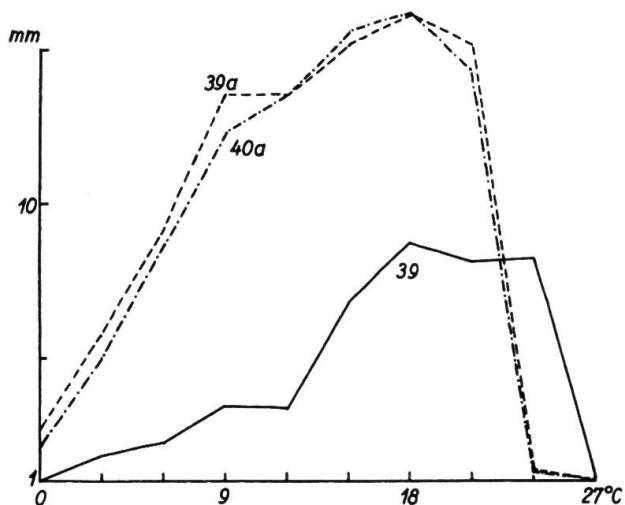


Abb. 11  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei :  
*Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Floerk.) (Stamm 39) nach 140 Tagen,  
*Cystococcus* (Klone 39 a und 40 a) aus *Cladonia pyxidata f. chlorophaea* nach 150 Tagen.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Auf Tab. 32 finden wir die Wachstumsfähigkeit von Klon 39 a auf den verschiedenen Nährböden. Malzagar bringt krause Kolonieformen hervor mit Würmchen, die aufspringen. Auf Pepton-Glukoseagar ist der Kolonierand heller gefärbt mit 366 und 291; auf Glukoseagar sind die Kulturen unförmig, massig.

**Tab. 32** *Cystococcus* (Klon 39 a) aus *Cladonia pyxidata f. chlorophaea* Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm 10,4	± 0,88	mm 3	297
Pepton-Glukose .	15,6	0,43	8,5	297
Glukose . . . . .	12,3	0,33	6	291

Die Einwirkung der Temperatur auf das Wachstum wurde gleichzeitig an den beiden Klonen 39 a und 40 a untersucht und so bot sich die Möglichkeit, etwaige Unterschiede zwischen Podetien- und Thallusalge zu finden (Tab. 33 und Abb. 11 und Tafel 1). Bei 0—3° zeigen die

Kolonien von 39 a die Farbe 351 und dunkler, bei 6° 351 und heller bis 346. Bei 9° beginnt auffällige Würmchenbildung; als Farbe gilt 331 und bei 12° 332. Noch heller ist die Farbe bei 15—21°, nämlich 333, und die Breite der Würmchen bis 1 mm. Die genau gleiche Beschreibung trifft auch für den Klon 40 a zu. Diese Tatsache und der fast gleiche Verlauf der Temperaturkurve erlauben den Schluss, dass bei dieser Flechte die Podetienalgen mit den Thallusalgen identisch sind. Nach diesem Versuch kann man sich ein Bild machen, wie grosse Fehler bei der gewählten Methode der Temperaturversuche entstehen können.

**Tab. 33** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cystococcus* aus *Cladonia pyxidata f. chlorophaea* nach 150 Tagen

Temperatur	Klon 39 a			Klon 40 a		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	2,7	0,20	2	2,2	0,12	2
3	5,7	0,46	4	5,0	0,55	2
6	9,1	0,58	5,5	8,6	0,73	5
9	13,5	0,69	6	12,3	0,63	6,5
12	13,5	0,98	6	13,5	0,52	6
15	15,2	0,25	6,5	15,6	0,87	6
18	16,1	1,05	5	16,2	0,97	6
21	15,2	1,08	4	14,3	0,47	4
24	1,4	0,19	1	1,3	0,20	1
27	tot	—	—	tot	—	—

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 11).

Wegen der vorhergenannten Übereinstimmung der Klone 39 a und 40 a fassen wir deren beide Temperaturkurven bei dieser Besprechung zusammen. Temperaturoptimum von *Cystococcus* und *Cladoniomyces* stimmen hier überein. Im übrigen Verlauf der Kurven finden wir aber Abweichungen. Erst oberhalb 12° beginnt dieser *Cladoniomyces* ausgiebig zu wachsen und lässt auch bei 6° oberhalb seines Optimums wenig nach. Für die Alge nimmt jedoch die Wachstumsfähigkeit fast regelmässig zu bis zum Optimum, fällt dann aber innerhalb weiterer 6° auf Null. Das Wachstumsgebiet der Flechtenalge liegt also hier tiefer als dasjenige des Flechtenpilzes.

*13. Cladonia pyxidata f. chlorophaea Floerk. (Flechte 41/42)*

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Diese Flechte sammelte ich in unmittelbarer Nähe der Flechte 39/40 auf einer Höhe von 900 m ü. M.

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Die Petrischalenmethode lieferte Reinkulturen des Pilzes.

b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Aus den gleichen Gründen wie bei Flechte 39/40 isolierte ich nur je 15 Zellen aus Podetium und Thallus. Von den Algenzellen aus fertilen Podetien gingen 9 Reinkulturen hervor; von Zellen aus Thallusschuppen 7 Reinkulturen. Die ersten tragen die Bezeichnung 41, die letzteren die Bezeichnung 42.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Über die Wachstumsverhältnisse auf den vier verwendeten Nährböden gibt Tab. 34 Auskunft. Infolge Luftmyzelbildung haben die Kulturen auf Malzagar teilweise Farbe 196 bis weiss. Rein weiss ist das Luftmyzel auf Pepton- und Glukoseagar. Auf Knopagar tritt bei den Kulturen auch Farbe 196 auf.

**Tab. 34** *Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Floerk.) (Stamm 41)  
Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	12,6	0,54	3,5	111
Pepton . . . . .	6,2	0,41	3	196
Glukose . . . . .	4,7	0,38	2	111
½ Knop . . . . .	3,6	0,13	1,5	111

Im Temperaturversuch (Tab. 35 und Abb. 12) ist das Substrat bei den Kulturen von 6—18° in einem Umkreis von einigen Millimetern braun verfärbt durch Farbe 111. Von 3—15° gilt als Farbe der Kulturen 701 mit Ausnahme der ganz jungen Teile, die heller sind; bei 18° herrscht Farbe 116 vor, bei 21—24° Farbe 113, teilweise heller oder dunkler. Luftmyzel wird im allgemeinen schwach ausgebildet, deutlich nur bei 15° und besonders stellenweise bei 18°. Die Kulturform bleibt flachkonvex, zeigt aber bei 21—24° helle, krebsartige Auswüchse.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Zu Tab. 36 ist zu bemerken, dass sich die Kolonie auf Malzagar stellenweise heller färbt als 366; in der Kolonie-

**Tab. 35** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Floerk.) (Stamm 41) nach 140 Tagen

Temperatur	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm
0	1,2	—	1
3	1,8	0,23	1
6	2,3	0,12	1,5
9	4,4	0,54	2,5
12	10,1	0,42	2,5
15	11,4	0,56	3
18	13,5	0,46	3
21	11,3	0,45	3,5
24	6,3	0,45	2,5
27	tot	—	—

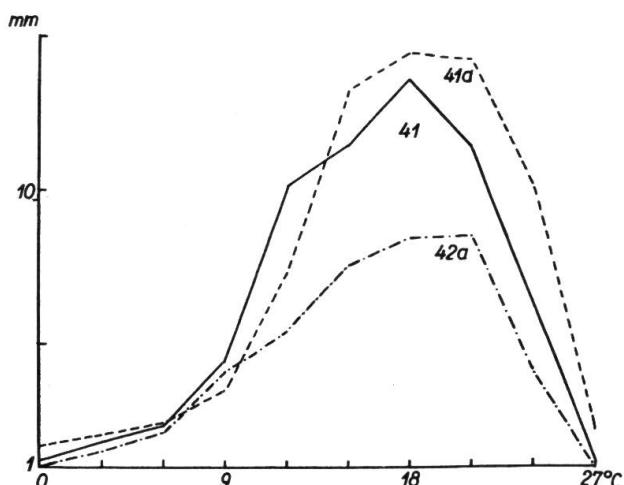


Abb. 12  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei :  
*Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Floerk.) (Stamm 41) nach 140 Tagen,  
*Cystococcus* (Klone 41 a und 42 a) aus *Cladonia pyxidata f. chlorophaea* nach 150 Tagen.

form erkennen wir 0,5—1 mm breite Würmchenbildungen. Pepton-Glukoseagar gibt außer Farbe 366 auch Farbe 291 und in einzelnen Auswüchsen Farbe 333; die Würmchenbreite wird auf diesem Nährboden etwas grösser: 1 mm. Auf Glukoseagar überwiegt Farbe 291, doch ist auch Farbe 366 vorhanden; die Würmchenbreite steigt hier auf 1,5 mm. In seinen sämtlichen Merkmalen erscheint Klon 41 a sehr ähnlich der Flechtenalge von *Cladonia pyxidata f. chlorophaea* Nr. 20/21 und dürfte mit dieser Alge sehr nahe verwandt sein.

Klon 42 a (Tab. 36) ist anderseits sehr verschieden von 41 a; dagegen gleicht diese Alge in vielen Merkmalen dem Klon 12 a. Die für Tab. 40 gemachten Bemerkungen gelten auch hier.

**Tab. 36** *Cystococcus* (Klon 41 a und 42 a) aus *Cladonia pyxidata f. chlorophaea*. Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit v. Nährboden

Nährboden	Klon 41 a				Klon 42 a			
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm	±	mm	366	mm	±	mm	366
Malz . . . . .	12,0	0,48	3,5	366	8,0	0,60	5,5	366
Pepton-Glukose .	16,3	0,96	5	366	12,1	0,62	6,5	297
Glukose . . . .	14,2	0,34	5	291	6,6	0,25	3,5	371

Vom Klon 41 a (Tab. 37 und Abb. 12) wuchsen bei 0—9° rundliche Kolonien mit Farbe 372, bei 12° traubenartig und heller 366. Bei 15° färbt sich die Kolonie nach 331, hat Würmchenform und ist glänzend. Das gleiche gilt für 18—21°, nur sehen wir dort Farbe 283. Bei 24° sind die Formen wieder traubenartig mit Farbe 280.

Anders verhält sich Klon 42 a (Tab. 37 und Abb. 12). Die Kolonieformen sind unregelmässig bei Temperaturen von 0—12°, wobei von 0—6° Farbe 366 und von 9—15° Farbe 372 vorherrscht. Beerenförmige, hellere Auswüchse tragen die Kulturen bei 15°, während sie bei 18—21° traubige, verschwommene Formen zeigen von der Farbe 292. Die Kulturen bei 24° gleichen denen von 9° sehr, sind aber etwas heller.

**Tab. 37** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cystococcus* aus *Cladonia apolepta v. ochrochlora* nach 150 Tagen

Temperatur	Klon 41 a			Klon 42 a		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	1,7	0,12	1	1	—	1
3	2,0	0,27	1	1,5	0,22	1,5
6	2,4	0,29	1	2,1	0,24	2,5
9	3,5	0,39	2	4,1	0,33	4
12	7,3	0,54	3	5,4	0,24	4
15	13,2	0,65	3	7,5	0,23	4
18	14,4	0,68	3	8,4	0,49	4
21	14,2	0,20	3	8,5	0,27	4
24	10,1	0,60	3	4,2	0,25	4
27	2,1	0,40	1	tot	—	—

Für diese Flechte (41/42) sind also die Podetienalgen von den Algen des blattartigen Thallus deutlich verschieden, was auch beim Vergleich der Temperaturkurven zum Ausdruck kommt.

*d)* Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 12).

Die Wachstumsfähigkeit von Klon 41 a stimmt mit dem dazugehörigen, in Natur eine Flechte bildenden *Cladoniomyces* bei den verschiedenen Temperaturen weitgehend überein; Optimum und Maximum decken sich. Auffällig für Klon 42 a ist das langsame Ansteigen der Wachstumsgeschwindigkeit mit zunehmender Temperatur; so erreicht die Alge erst bei 21° ihr Wachstumsoptimum, obschon sie bei 9° schneller wächst als 41 a.

#### 14. *Cladonia fimbriata v. apolepta f. ochrochlora Floerk.* (Flechte 12/13)

*a)* Herkunft der untersuchten Flechte.

Frl. Dr. H. Rath s sammelte diese Flechte im Herbst 1935 bei Rosenlaui (Kt. Bern) auf einer Höhe von 1400 m ü. M. und übergab sie mir freundlichst zur Untersuchung.

*b)* Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

*b<sub>1</sub>)* Des Flechtenpilzes : Beim Isolieren von Flechtenalgen mittels Mikromanipulator fiel auf, dass zahlreiche Algenzellen mit einem Stück Flechtenpilzhyphe in Verbindung standen. Diese Algenzellen waren offenbar vom Flechtenpilz angegriffen. Auch nach mehrmaligem Einsaugen und Ausblasen durch die mit destilliertem Wasser gefüllte Mikropipette war ein mit der Alge verbundenes Pilzstück nicht abzutrennen. Daraus schliessend könnte die Alge vom Pilz geschädigt werden, und es trat die Frage auf, ob das Pilzstück oder die Alge lebensfähig sei oder beide. Mittels Mikropipette brachte ich in 6 Reagensgläser je eine angegriffene Algenzelle aus der Aufschwemmung einer zerriebenen Thallusschuppe. Nach 4 Monaten war in einem der 6 Reagensgläser nur der Pilz gewachsen, in zwei anderen nur die Alge; die übrigen blieben steril. Wo die Alge zu sehr geschädigt war, gelang also die Reinkultur des Flechtenpilzes. Reinkulturen hatte allerdings schon vorher die Petrischalenmethode geliefert.

*b<sub>2</sub>)* Der Flechtenalge : Nach der Isolierung wuchsen von 20 Zellen aus Podetiensoredien in 8 Reagensgläsern Reinkulturen, bezeichnet mit Nr. 12. Von 20 einzelnen Zellen aus Thallusschuppen gedielen dagegen 14 zu Reinkulturen, bezeichnet mit der Nr. 13. Die Klone beider Nummern sind untereinander gleich.

*c)* Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Die Wachstumsverhältnisse auf den vier geprüften Nährböden sind in Tab. 38 dargelegt. Auf Malz- und Pepton-nährböden tritt ausser Farbe 246 auch Farbe 190 in geringer Menge auf. Die helleren Kulturen auf Glukose- und K n o p nährböden zeigen ausser Farbe 190 an einigen Stellen Farbe 246. Auf allen Nährböden hat sich an einzelnen Punkten ein wenig Luftmyzel gebildet.

**Tab. 38** *Cladoniomyces fimbriatae v. apoleptae f. ochrochlorae* (Floerk.) (Stamm 12). Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	10,4	0,45	3	246
Pepton . . . . .	5,8	0,31	5	246
Glukose . . . . .	4,0	0,28	2,5	190
½ Knop . . . . .	3,3	0,22	2	190

Über das Wachstum bei verschiedenen Temperaturen geben Tab. 39 und Abb. 13 Auskunft. Die Kulturfarbe bei 0—9° ist 190 und heller; einzelne Flecken sind dunkler gefärbt (117), besonders bei 12°. Bei 15° überwiegt Farbe 120, bei 18° ist das Dunkelbraun durch helleres Luftmyzel überdeckt. Aus manchen Kulturen wachsen anfänglich weisse, sich später braun färbende Sektoren von jungem Myzel heraus. Während bis 18° die Form der Kulturen gegen den Rand flach ausläuft, ist sie bei 21° und ausgeprägter bei 24° verkrüppelt, würmchenartig.

Das Substrat verfärbt sich bei 15—18° in der Nähe der Kultur zu Farbe 81, bei 21° bernsteinfarben zu 211.

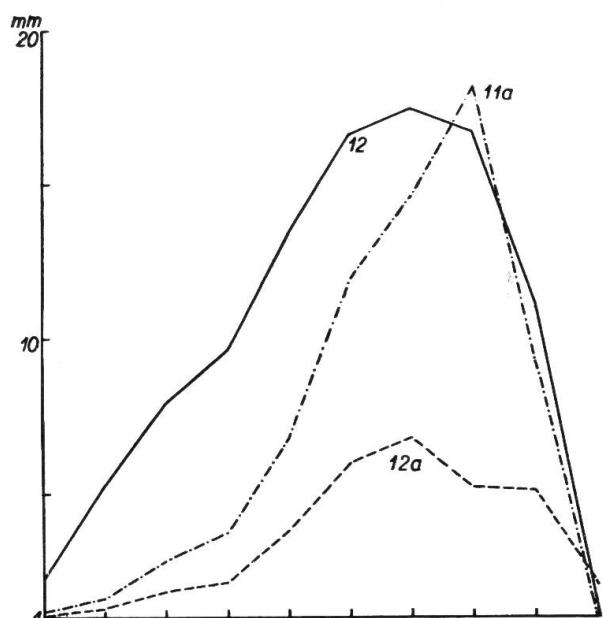


Abb. 13  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei :

*Cladoniomyces fimbriatae v. apoleptae f. ochrochlorae* (Floerk.) (Stamm 12) nach 140 Tagen,  
*Cystococcus* (Klon 12 a) aus *Cladonia fimbriata v. apolepta f. ochrochloa* nach 70 Tagen.  
*Cystococcus* (Klon 11 a) aus *C. pyxidata f. chlorophaea* nach 70 Tagen.

**Tab. 39** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Komponenten von *Cladonia fimbriata v. apolepta f. ochrochlora*

Temperatur	<i>Cladoniomyces fimbriatae v. apolepta f. ochrochlora</i> (Floerk.) (Stamm 12) nach 140 Tagen			<i>Cystococcus</i> (Klon 12 a) nach 70 Tagen		
	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	2,2	0,19	2	0,9	—	1
3	5,2	0,29	2	1,2	0,09	1
6	7,9	0,32	2	1,8	0,11	1
9	9,6	0,31	3	2,1	0,15	2
12	13,4	0,43	4	3,8	0,23	3
15	16,6	0,71	4	6,0	0,32	3
18	17,4	0,55	4	6,8	0,38	4
21	16,7	0,56	4	5,2	0,29	3
24	11,0	0,37	4	5,1	0,22	3
27	tot	—	—	2,0	0,09	1

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Tab. 40 gibt ein Bild über die Wachstumsverhältnisse der Alge 12 a auf verschiedenen Nährböden. Auf Malzagar ist die Mitte der Kolonien etwas heller als 366; auf Pepton-Glukoseagar zeigen die Kolonien in der Mitte einzelne Punkte mit der Farbe 291. Auf allen Nährböden ist die Kolonieform unregelmässig kraus, ohne deutliche Würmchenbildung. Danach scheint die Alge verwandt zu sein mit den Klonen 18 e und 42 b.

**Tab. 40** *Cystococcus* (Klon 12 a) aus *Cladonia fimbriata v. apolepta f. ochrochlora*. Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit v. Nährboden

Nährboden	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm 8,7	± 0,31	mm 5	366
Pepton-Glukose .	12,6	0,32	7	297
Glukose . . . . .	8,3	0,30	4	371

Aus Tab. 39 und Abb. 13 ersehen wir die Wuchsverhältnisse bei verschiedenen Temperaturen; Form und Farbe der Kolonien unterscheiden sich dabei kaum. Die Kulturen sind rauh, glanzlos, mit unregelmässigen, krausen Würmchenbildungen und haben die Farben 386 und 401.

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 13).

Das Wachstumsvermögen des Flechtenpilzes nimmt von 0—15° gleichmäßig und rasch zu, von 15—18° langsamer, um hier die optimale Temperatur zu erreichen. 21° ist noch sehr günstig, 24° stört das Pilzwachstum empfindlich und eine Temperatur von 27° bringt den Pilz zum baldigen Absterben. Bei der Flechtenalge nimmt das Wachstumsvermögen erst oberhalb von 9° rasch zu, erreicht das gleiche Optimum wie der Pilz, sinkt aber gegen das Maximum langsamer. Das Maximum liegt knapp oberhalb 27°, kaum höher als dasjenige des Pilzes. Im ganzen decken sich die Temperaturkurven der beiden Flechtenbildner sehr gut.

#### *14 a. Cladonia pyxidata f. chlorophaea Floerk. (Flechte 11)*

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Im Material der *Cladonia apolepta* Nr. 12/13 fanden sich einige Podetien einer *Cladonia pyxidata f. chlorophaea*. Beide Flechten schienen hier um den günstigsten Standort zu kämpfen, und deshalb war zu prüfen, ob die Algen der beiden Flechten übereinstimmten oder verschieden seien.

b) Reinkultur der Flechtenalge.

Aus 20 von Podetiensoredien dieser *Cl. pyxidata* in Reagensgläser übertragenen Zellen entstanden 11 Reinkulturen, die offensichtlich verschieden waren von den Klonen 12 und 13, unter sich aber gleich. Diese Klone tragen die Bezeichnung 11. Den auffälligen Unterschied gegenüber 12 a zeigen Nährstoff- und Temperaturversuche mit 11 a.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der Flechtenalge.

In Tab. 41 haben die Kulturen auf Malzagar einen flach aufgebogenen Rand. Auf Pepton-Glukoseagar bildet die Alge 1 mm breite Würmchen; nur die Mitte der Kulturen hat Farbe 297, der Rand 366. Der Klon wächst hier auffällig lebhaft. Auf Glukoseagar bog sich der Rand der Kolonien blattartig auf.

**Tab. 41** *Cystococcus* (Klon 11 a) aus *Cladonia pyxidata f. chlorophaea*  
Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm 14,5	± 0,43	mm 2	297
Pepton-Glukose .	23,4	0,44	7	297
Glukose . . . .	17,5	0,77	4	366

Im Temperaturversuch (Tab. 42 und Abb. 13) haben die Kolonien bei allen Temperaturen ein frisch grünes Aussehen mit den Farben 291 und 358, bei 24° Farbe 297. Alle grösseren Kolonien zeigen Würmchenformen. Bei 27° stirbt die Alge.

**Tab. 42** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cystococcus* (Klon 11 a) aus *Cladonia pyxidata f. chlorophaea* nach 70 Tagen

Temperatur	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm
0	1,2	—	1
3	1,6	0,13	1
6	2,8	0,19	2
9	3,7	0,28	2
12	6,8	0,55	3
15	11,9	0,65	3,5
18	14,6	0,77	4
21	18,2	0,75	4
24	9,2	0,35	3
27	tot	—	—

d) Vergleich mit der Alge 12 a.

Auf den untersuchten Nährböden vermag Alge 11 a rund doppelt so rasch zu wachsen wie Alge 12 a; die optimale Temperatur liegt um 3° höher; durchwegs ist Alge 11 a heller als 12 a.

Wir sehen somit, dass zwei *Cladonia*flechten, die dicht neben-, über- und durcheinander wachsen, zwei klar trennbare, verschiedene *Cystococcus*stämmen als Flechtenalgen beherbergen können. Ob zwei verschiedene *Cladonia*flechten auch dieselben Flechtenalgen enthalten können, müssen spätere Untersuchungen zeigen.

### 15. *Cladonia fimbriata v. apolepta f. ochrochlora* Floerk. (Flechte 32/33)

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Am 29. Oktober 1935 sammelte ich diese Flechte am Rinderweidhorn bei Lachen auf einer Höhe von zirka 700 m ü. M.

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Pilzreinkulturen gewann ich aus Askosporen nach der Petrischalenmethode.

b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : 20 Reagensgläser, mit je einer Zelle aus dem Becher fruktifizierender Podetien beimpft, erhielten die Nummer 32. In 11 Reagensgläsern vermehrten sich die Zellen bei Abwesenheit von Fremdinfectionen. Auf weitere 20 Nährböden in Reagensgläsern und 10

in Erlenmeyerkolben gelangte je eine Zelle aus Thallusschuppen der gleichen Flechte. Die 16 auf diese Weise erzielten Reinkulturen bekamen die Nummer 33.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Die Farben des in Tab. 43 dargelegten Nährstoffversuches treffen nur teilweise zu, da auf sämtlichen Nährböden noch andere Farben zu beobachten waren, so auf Malzagar ausser 701 auch Farbe 199, auf Peptonagar auch Farbe 696, auf Glukoseagar auch Farbe 695, auf Knopagar auch Farbe 705. Nur das Malzagarsubstrat ist verfärbt mit Farbe 696. Auf Knopagar hat der Pilz das Bestreben, in der Agar hineinzuwachsen.

**Tab. 43** *Cladoniomyces fimbriatae v. apoleptae f. ochrochlorae* (Floerk.)  
(Stamm 32)

Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	14,8	0,48	5,5	701
Pepton . . . . .	7,5	0,65	2	695
Glukose . . . . .	4,8	0,49	1,5	703
½ Knop . . . . .	5,0	0,52	1	695

Im Temperaturversuch (Tab. 44 und Abb. 14) verfärbte der Pilz bei keiner Temperatur das Substrat und bildete nur bei 21—24° Luft-

**Tab. 44** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cladoniomyces fimbriatae v. apoleptae f. ochrochlorae* (Floerk.) (Stamm 32)  
nach 140 Tagen

Temperatur	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm
0	1,3	—	1
3	2,4	0,12	1
6	3,0	0,23	1,5
9	5,2	0,32	3
12	6,6	0,21	3
15	7,4	0,48	3
18	10,8	0,75	3,5
21	8,8	0,71	5
24	8,1	0,36	4
27	tot	—	—

myzel. Bei  $12^{\circ}$  und darunter fand ich Farbe 702, über  $12^{\circ}$  Farbe 203. Von  $0-12^{\circ}$  sind die Kulturen faltenlos, gleichmässig konvex gewölbt; oberhalb  $12^{\circ}$  wächst der Pilz würmchenartig, bei höheren Temperaturen gleichsam Geschwülste bildend.

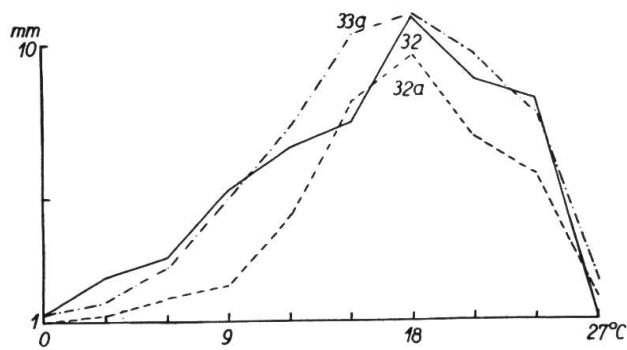


Abb. 14  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei:  
*Cladoniomyces fimbriatae v. apolepta f. ochrochlorae* (Floerk.) (Stamm 32) nach 140 Tagen,  
*Cystococcus* (Klone 32 a und 33 a) aus *Cladonia fimbriata v. apolepta f. ochrochloa* nach 135 Tagen.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge: In Tab. 45 sind die Kulturen von Klon 32 a auf Malzagar fein kraus; auf Pepton-Glukoseagar zeigten sich 1—3 mm grosse Auswüchse auf der Kultur. Auf Glukoseagar findet sich die Würmchenform angedeutet.

**Tab. 45** *Cystococcus*-algen aus *Cladonia fimbriata v. apolepta f. ochrochloa*. Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Klon 32 a (Podetienalge)				Klon 33 a (Thallusalge)			
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm	±	mm		mm	±	mm	
Malz . . . . .	7,5	0,46	4	291	9,2	0,51	5	366
Pepton-Glukose .	10,8	0,47	6	357	15,1	0,60	7,5	297
Glukose . . . . .	8,1	0,55	5	357	7,3	0,44	4	371

Auch Klon 33 a bildet auf Malzagar krause Kulturen, aber doch mit Andeutung unregelmässiger Würmchenbildungen. Auf Pepton-Glukoseagar trägt nur die Kulturmitte Farbe 297, der Rand eher 276; die massigen Kulturen haben 1 mm breite Würmchen gebildet.

Dieser Nährstoffversuch zeigte also ein unterschiedliches Verhalten der Thallusalge gegenüber der Podetiumalge. Da jedoch die Unterschiede gering und die Ähnlichkeiten gross sind, besteht die Möglichkeit, dass die beiden Stämme 32 und 33 identisch sind und die Unterschiede nur auf Versuchsfehlern beruhen. Weitere Versuche müssten Klarheit schaffen. Die Temperaturversuche sprechen für Gleichheit

beider Stämme. Die Algen 32 und 33 scheinen mit den Stämmen 12, 18, 31, 36 verwandt zu sein.

Bei verschiedenen Temperaturen (Tab. 46 und Abb. 14) gelten für Klon 32 a die Farben 371 und 372, für Klon 33 a bei 0—18° die Farben 297 und 221; von 21—24° decken sich die Farben am ehesten mit 371 und 386. Beide Klone zeigen massive Formen der Kulturen. Ihre obere Wachstumsgrenze ist 27°, doch waren bei dieser Temperatur nicht alle Zellen abgestorben, was nach Überimpfen auf frische Nährböden an lebhaftem Wachstum erkennbar war. Anderseits erschienen zahlreiche Zellen der 27° ausgesetzten Kulturen unter dem Mikroskop leblos.

**Tab. 46** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cystococcus*-algen aus *Cladonia fimbriata v. apolepta f. ochrochlora* nach 135 Tagen

Temperatur	Klon 32 a (Podetienalge)			Klon 33 a (Thallusalge)		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	0,8	—	1	1,3	—	1
3	1,2	0,12	1	1,7	0,21	1
6	1,8	0,09	1,5	2,7	0,32	2
9	2,2	0,34	1,5	5,1	0,41	3
12	4,5	0,47	2	7,3	0,42	3,5
15	8,1	0,53	3,5	10,3	0,26	4,5
18	9,6	0,55	4,5	10,9	0,50	6
21	6,9	0,58	4,5	9,6	0,74	5,5
24	5,8	0,56	4,5	7,8	0,44	4,5
27	1,7	0,16	2	2,2	0,20	2

Der Verlauf der Temperaturkurven beider Algen zeigt qualitativ gute Übereinstimmung; Optimum und Maximum sind gleich. Quantitativ überwiegt bei allen Temperaturen das Wachstum von Klon 33 a. In diesem Falle scheint die Abweichung nicht wesentlich, da sie im verschiedenen Zustand des Impfmaterials begründet sind (z. B. Zoosporenbildung bei 33 a und deshalb rascheres Wachstum).

Die Frage, ob bei der vorliegenden *Cladonia* Thallus- und Podetienalgen gleich oder verschieden seien, lassen wir noch offen. Beides ist möglich; denn wir haben zweifelfreie Beispiele für Gleichheit und zweifelfreie Beispiele für Verschiedenheit von Thallus- und Podetienalgen.

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 14).

Nach dem Kurvenverlauf ist anzunehmen, dass im Pilzwachstum bei 15° irgendeine kleinere Störung erfolgte, die hemmend wirkte. Die maximale Wachstumstemperatur des Pilzes gegenüber der Alge liegt etwas tiefer; die Alge lebte noch bei 27°, der Pilz starb. Im ganzen sehen wir hier wieder eine klare Übereinstimmung in der Abhängigkeit des Wachstums von der Temperatur bei Flechtenpilz und Flechtenalge.

**16. *Cladonia fimbriata v. apolepta f. ochrochlora Floerk.* (Flechte 35/36)**

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Die analysierte und untersuchte Flechte stammt von der Ostseite des Rinderweidhorns aus einer Höhe von zirka 650 m ü. M.

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Aus Askosporen gelang es, Pilzreinkulturen nach der Petrischalenmethode zu erhalten.

b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Durch Übertragen in Reagensgläser von 23 einzelnen Zellen aus dem Flechtenthallus entstanden als Nummer 35 14 Reinkulturen. Von 15 Zellen aus Soredien des Apothezienbechers wuchsen 9 mit der Bezeichnung Nr. 36 zu Reinkulturen heran. Die Klone der beiden Nummern unterscheiden sich in keiner Weise; Podetien- und Thallusalgen sind identisch.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Für das Verhalten auf verschiedenen Nährböden verweisen wir auf Tab. 47 und Tafel 3, Abb. 4.

**Tab. 47** *Cladoniomyces fimbriatae v. apoleptae f. ochrochlora (Floerk.)*  
(Stamm 35)

Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm 12,6	± 0,96	mm 6	701
Pepton . . . . .	7,5	0,87	2	190
Glukose . . . . .	2,8	0,48	2	190
½ Knop . . . . .	2,9	0,43	1,5	190

Über das Verhalten des Pilzes bei verschiedenen Temperaturen (Tab. 48 und Abb. 15) sind einige Bemerkungen nachzutragen. Von 0—15° ist die Form der Kulturen in der Mitte bedeutend höher als am Rand, der flach ausläuft. Vorwiegend finden wir Farbe 200 mit ver-

einzelnen dunklen Flecken. Bei 18—21° treten sektorartig dunkle Stellen auf mit Farbe 111, bei 21° in der Mitte eine krause Faltung oder würmchenartige Bildungen. Heller (204) sind die Kulturen bei 24° und 27°. Der mittlere Durchmesser der Kulturen von 27° stammt aus nur 4 Kulturen; die übrigen Impfstücke waren nicht angewachsen, sondern sofort abgestorben. Eine Berechnung des mittleren Fehlers war deshalb zwecklos.

**Tab. 48** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cladoniomyces fimbriatae v. apoleptae f. ochrochlorae* (Floerk.) (Stamm 35) nach 140 Tagen

Temperatur	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm
0	2,2	0,19	2
3	2,8	0,20	2
6	4,3	0,29	2
9	10,0	0,60	5
12	16,0	0,57	6
15	19,5	0,65	7
18	20,9	0,56	7
21	21,6	0,77	6
24	18,4	0,74	5,5
27	4,8	—	2,5

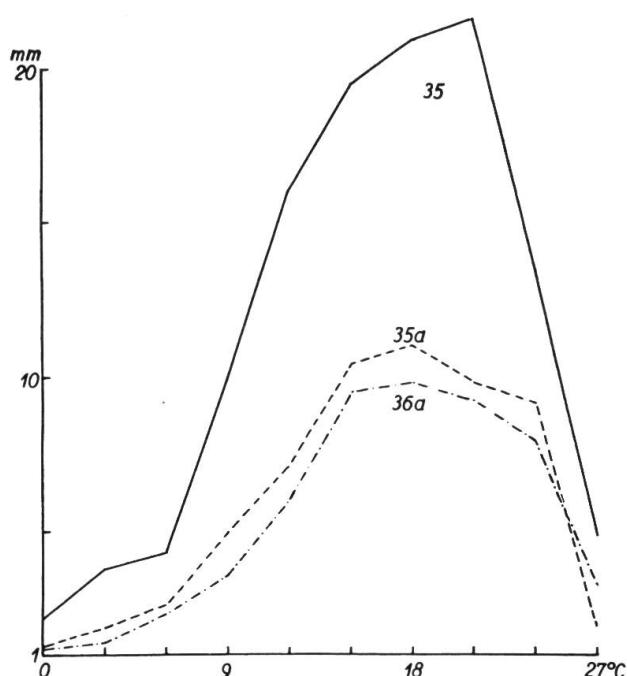


Abb. 15  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei:  
*Cladoniomyces fimbriatae v. apoleptae f. ochrochlorae* (Floerk.) (Stamm 35) nach 140 Tagen,  
*Cystococcus* (Klone 35 a und 36 a) aus *Cladonia fimbriata v. apolepta f. ochrochloa* nach 135 Tagen.

*c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge* : In Tab. 49 ist Farbe 277 bei den Kolonien auf Malzagar nicht alleinherrschend; auch 297 ist sichtbar. Die Kolonien bestehen aus sehr feinen Würmchen und sind am Rande kraus. 1—2 mm breit sind die Würmchen auf Pepton-Glukoseagar; der Rand hat dort Farbe 291 und 366. Farbe 297 kommt auch bei den Kulturen auf Glukoseagar vor.

**Tab. 49** *Cystococcus* (Klon 35 a) aus *Cladonia fimbriata v. apolepta f. ochrochlora*. Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit v. Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	10,8	0,45	4,5	277
Pepton-Glukose .	15,5	0,39	6,5	297
Glukose . . . . .	7,5	0,62	4,5	357

Kulturform und -farbe der beiden Klone 35 a und 36 a unterscheiden sich im Temperaturversuch (Tab. 50 und Abb. 15) in keiner Weise. Gleich 31 a, 32 a und 36 a ist die Form massig. Bei 0—12° sind die Kulturen gefärbt wie 371 und 386, ebenso bei 24—27°. Im Gegensatz dazu zeigen die Klone nach Wachstum bei 15—21° die Farben 357 und 297.

**Tab. 50** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cystococcus*-algen aus *Cl. fimbriata v. apolepta f. ochrochlora* nach 135 Tagen

Temperatur	Klon 35 a (Thallusalge)			Klon 36 a (Podetienalge)		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	1,3	—	1	1,2	—	1
3	1,9	0,08	1	1,4	—	1
6	2,6	0,11	2	2,3	0,17	2
9	5,0	0,61	3,5	3,6	0,17	3
12	7,1	0,79	6	6,0	0,36	5
15	10,4	0,64	7	9,5	0,34	6,5
18	11,0	0,85	7	9,8	0,56	6,5
21	9,8	0,72	6,5	9,2	0,82	6,5
24	9,1	0,75	6,5	7,9	0,32	6
27	2,0	0,17	1,5	3,2	0,25	1,5

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 15).

Der Kurvenverlauf der beiden Klone 35 a und 36 a stimmt gut überein; 35 a ist jedoch allgemein etwas besser gewachsen (mit Ausnahme der Kulturen bei 27°). Da die beiden Klone sonst in allen Punkten übereinstimmten, kann dieses bessere Wachstum nur an der Beschaffenheit des verwendeten Impfmaterials liegen; möglicherweise befand sich 35 a während des Impfens in einer Zeit erhöhter Teilung oder Zoosporenbildung.

Auf den ersten Blick scheint das Wachstumsoptimum des Flechtenpilzes um 3° höher als das der Flechtenalge. Im ganzen Kurvenbild spielt dieser Unterschied aber keine Rolle. Denn das radiale Wachstum des Pilzes ist bei 21° nur um einen Fünfunddreissigstel grösser als bei 18°, der optimalen Wachstumstemperatur der Alge. Zudem hebt die geringere Kulturhöhe des Pilzes bei 21° (6 mm gegenüber 7mm bei 18°) den kleinen Überschuss an radialem Wachstum auf.

Das Wachstum von Flechtenpilz und Flechtenalge ist in gleicher Weise von der Temperatur abhängig. Beide wachsen am besten bei Temperaturen von 12—24°.

### *17. Cladonia fimbriata v. simplex f. minor Hag. (Flechte 88)*

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Oberhalb von Wangs (bei Sargans) sammelte ich diese Flechte auf einem Erdabriss an der Strasse auf zirka 700 m ü. M.

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Nach zwei Methoden entstanden Reinkulturen des Flechtenpilzes, nämlich durch Aussäen von Soredien auf Agar und nach der Petrischalenmethode.

b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Weil am gefundenen Material nur sehr kleine Thallusschüppchen vorhanden waren, isolierte ich nur die Soredienalge aus dem Inneren Apotheken tragender Podetienbecher. Aus 20 Zellen entstanden 8 Reinkulturen, die unter sich gleich waren und die Bezeichnung Nr. 88 erhielten.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Da diese Flechte erst gegen Abschluss unserer Arbeit analysiert wurde, fehlt die Durchführung eines Nährstoffversuches.

Im Temperaturversuch (Tab. 51 und Abb. 16) fiel die einheitlich flache Form der Kulturen bei allen Temperaturen auf; Unterschiede zeigten sich dagegen in ihrer Farbe. Von 0—12° ist der Rand der Kulturen weiss, die Mitte braun 203 und dunkler, glänzend. Der Rand der

Kulturen von 15° und 18° wird etwas dunkler bis zu Farbe 199. Die Kulturen von 18—24° sehen infolge Luftmyzelbildung wie mit braunweissem Pulver bestreut aus. Die ganze Kultur, auch der Rand, ist bei 24° dunkel gefärbt : 117.

**Tab. 51** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Komponenten von *Cladonia fimbriata v. simplex f. minor*

Temperatur	<i>Cladoniomyces fimbriatae v. simplicis f. minoris</i> (Hag.) (Stamm 88) nach 160 Tagen			<i>Cystococcus</i> (Klon 88 a) nach 150 Tagen		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	1	—	1	1,8	0,12	2
3	2,3	0,24	1	3,1	0,17	2,5
6	3,6	0,25	1,5	6,5	0,51	5
9	5,2	0,27	2	10,4	0,19	5,5
12	8,0	0,33	2	12,7	0,20	5
15	9,6	0,27	2,5	11,7	0,17	5
18	8,7	0,28	2,5	10,7	0,34	4
21	7,8	0,24	2,5	9,0	0,27	3,5
24	7,5	0,59	2,5	3,3	0,20	2
27	tot	—	—	tot	—	—

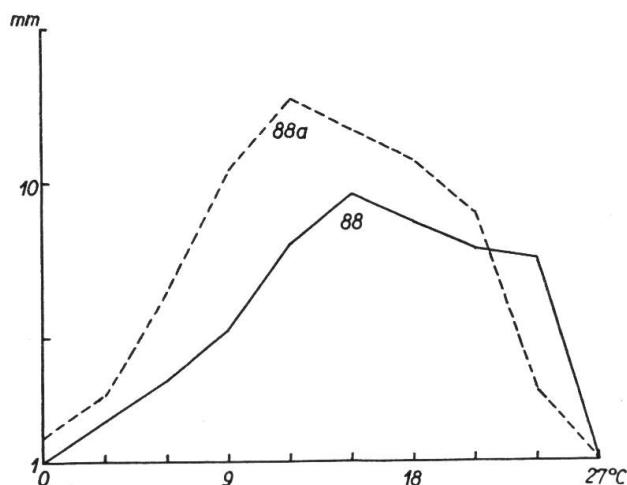


Abb. 16  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei :  
*Cladoniomyces fimbriatae v. simplicis f. minoris* (Hag.) (Stamm 88) nach 160 Tagen,  
*Cystococcus* (Klon 88 a) aus  
*Cladonia fimbriata v. simplex f. minor* nach 150 Tagen.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Aus dem gleichen Grunde wie beim Flechtenpilz fehlt hier der Nährstoffversuch.

Unter dem Einfluss verschiedener Temperaturen ändert Klon 88 a (Tab. 51 und Abb. 16) seine Farbe merklich. So zeigen die bei 0—6°

gewachsenen Kulturen Farbe 357, die bei  $6^{\circ}$  gewachsenen in der Mitte allerdings vorwiegend Farbe 346. Bei  $9^{\circ}$  finden wir die Farben 246 und 331, bei  $12^{\circ}$  331 und 332, bei  $15-18^{\circ}$  332 und 333, bei  $21^{\circ}$  332 und bei  $24^{\circ}$  352. Bezuglich Form der Kolonien ist radiale Faltung und Würmchenbildung nur angedeutet, am ehesten bei  $6-12^{\circ}$ . Bei höheren Temperaturen wächst die Alge in rundlichen, glänzenden Häufchen.

*d)* Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 16).

Die optimale Wachstumstemperatur der Alge liegt hier um  $3^{\circ}$  tiefer als die des Pilzes. Aber auch sonst ist der ganze Kurvenverlauf gegenüber dem des Flechtenpilzes um  $3^{\circ}$  nach links verschoben; der günstigste Temperaturbereich liegt für die Alge bei  $6-21^{\circ}$ , für den Pilz bei  $9-24^{\circ}$ . Für beide besteht somit eine breite Temperaturzone günstigsten Wachstums, was den kleinen Unterschied noch abschwächt.

#### 18. *Cladonia Botrytes* (Hag.) Willd. (Flechte 105)

*a)* Herkunft der untersuchten Flechte.

Herrn Prof. Dr. E. Du Rietz verdanke ich die Freundlichkeit, mich während Exkursionen in der Gegend von Uppsala auf das Vorkommen dieser Flechte aufmerksam gemacht zu haben. Die in der Schweiz ziemlich seltene *Cladonia* ist bei Uppsala leicht reichlich fruktifizierend zu finden. So sammelte ich sie am 25. Dezember 1936 in der Nähe von Gamla Uppsala auf der Rinde eines Baumstumpfes.

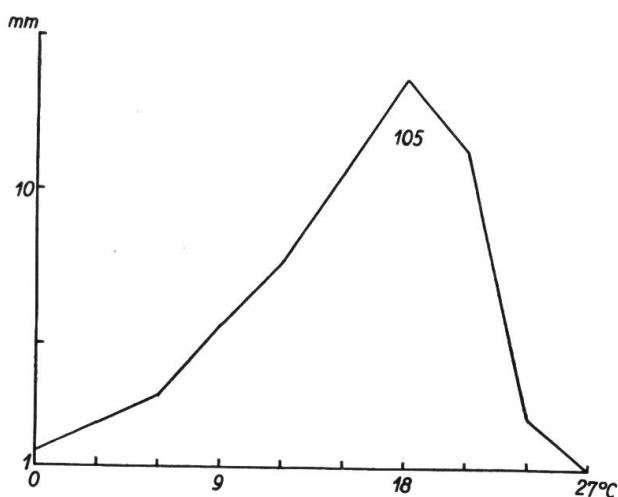


Abb. 17  
Einfluss der Temperatur auf das  
Wachstum bei :  
*Cladoniomyces botrytis* (Hag.)  
(Stamm 105) nach 160 Tagen.

*b)* Reinkultur des Flechtenpilzes.

Da die Apotheken in reicherlicher Menge bakterienfreie Sporen ausschleuderten, bereitete die Kultur des Pilzes nach der Petrischalenmethode keine Schwierigkeiten. Auf das Kultivieren der Flechtenalge musste ich noch verzichten.

c) Temperaturansprüche des Flechtenpilzes (Tab. 52, Abb. 17 und Tafel 2).

Von 0—21° überwiegt bei allen Temperaturen die Farbe 696. Bei 3—9° bildete der Pilz kaum Luftmyzel; der Rand der Kulturen bei 3° und 6° war weisslich. Mehr Luftmyzel fand sich bei 12—21° in der Mitte der Kulturen von der Farbe 133; der Kulturrand zeigte Farbe 203 und hellere Töne. Bei 24° erschien die ganze Kultur gekräuselt und von der Farbe 203.

Der Grund, weshalb wir den Pilz hier aufführen, ohne die Nahrung liefernde Flechtenalge mit Ernährungs- und Temperaturansprüchen untersucht zu haben, liegt in seiner Herkunft. Auch dieser schwedische *Cladoniomyces* hat also sein Wachstumsoptimum wie die meisten untersuchten schweizerischen *Cladoniapilze* bei Zimmertemperatur (18°). Die üppige Flechtenvegetation in der Gegend von Uppsala dürfte deshalb nicht in erster Linie auf die Temperatur zurückzuführen sein.

**Tab. 52** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cladoniomyces botrytis* (Hag.) (Stamm 105) nach 160 Tagen

Temperatur	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm
0	1,5	0,13	1
3	2,4	0,17	1
6	3,3	0,23	1
9	5,6	0,37	2
12	7,7	0,15	2
15	10,6	0,31	2,5
18	13,6	0,55	2,5
21	11,2	0,59	2,5
24	2,6	0,20	1,5
27	tot	—	—

### 19. *Stereocaulon paschale* (L.) Ach. (Flechte 26)

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Im Statzer Wald in der Nähe von Celerina sammelte ich im Juli 1935 genügend Material zur Verarbeitung.

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Mit den reichlich ausgeschleuderten Sporen wurden nach der Petrischalenmethode Reinkulturen erhalten.

b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Schon beim Isolieren mit Mikromanipulator fiel die Grösse der *Cystococcusalgen* auf; die meisten hatten eine saft-grüne Farbe, weshalb zu hoffen war, dass eine hohe Prozentzahl der

einzelnen Zellen sich nach dem Befreien aus dem körnigen Thallus weiterentwickelt. Wirklich entstanden aus 15 von 20 isolierten Zellen Reinkulturen. Obschon nicht alle untereinander gleich schienen, bearbeitete ich bisher erst einen Klon, 26 m.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Das Aussehen der Kulturen ist in hohem Masse abhängig vom Nährsubstrat (Tab. 53). Auf malzhaltigem Substrat bildet der Pilz wenig Luftmyzel und verfärbt den Agar braun 186; nicht aber auf peptonhaltigem Substrat. Glukoseagar ist braun verfärbt mit 192; auftretendes Luftmyzel hat Farbe 193. Auf Knopagar bildet sich weisses Luftmyzel.

**Tab. 53** *Stereocaulomyces paschalensis* (L.) (Stamm 26)  
Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm 11,2	± 0,45	mm 4,5	191
Pepton . . . . .	8,6	0,38	2,5	194
Glukose . . . . .	9,1	0,49	3	186
½ Knop . . . . .	10,3	0,53	2,5	190

Ein erster Temperaturversuch (Tab. 54 und Abb. 18) brachte keine befriedigende Aufklärung über die Temperaturabhängigkeit des Pilz-

**Tab. 54** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Stereocaulomyces paschalensis* (L.) (Stamm 26)

Temperatur	1. Versuch, nach 160 Tagen			2. Versuch, nach 155 Tagen		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	1	—	1	1	—	1
3	2,6	0,27	1,5	1,3	—	1
6	3,7	0,34	2	2,4	0,30	1,5
9	4,4	0,43	3	2,8	0,41	2
12	4,0	0,38	3	3,5	0,42	3
15	5,4	0,59	5	4,4	0,43	4
18	5,1	0,45	5	4,2	0,25	4
21	3,2	0,39	3,5	2,6	0,32	2
24	2,7	0,19	2	1,4	0,11	1
27	tot	—	—	tot	—	—

wachstums. Aus unbekannter Ursache trat bei  $12^{\circ}$  eine Störung auf, weshalb der Versuch wiederholt wurde. Bei beiden Versuchen beobachtete ich von  $6^{\circ}$  an aufwärts eine Verfärbung des Substrats, bei  $9^{\circ}$  weisses Luftmyzel. Bei den höheren Temperaturen waren die Kulturen braun und nur die zuletzt gewachsenen Teile weiss.

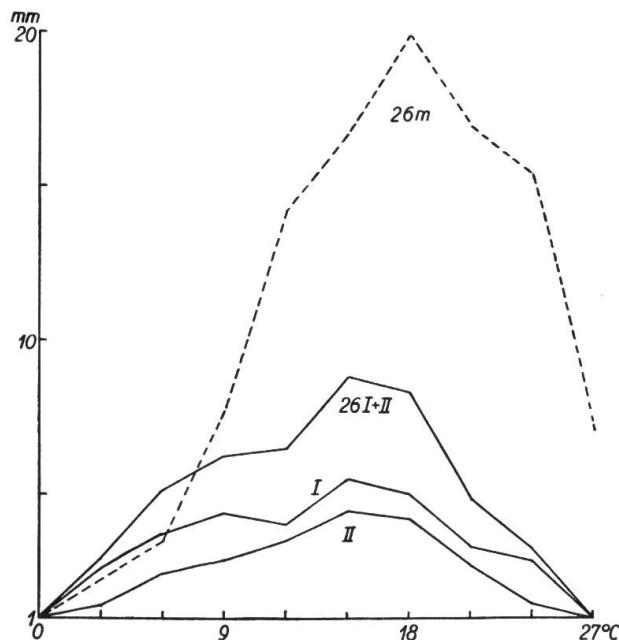


Abb. 18  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei :  
*Stereocaulomyces paschalis* (L.) (Stamm 26) nach 160 Tagen (Versuch I) und nach 155 Tagen (Versuch II) mit Additionskurve der beiden Versuche (26 I + II),  
*Cystococcus* (Klon 26 m) aus *Stereocaulon paschale* nach 110 Tagen.

Um die Temperaturabhängigkeit des Pilzwachstums zu verdeutlichen, durften wir in Abb. 18 die Kurven der beiden Versuche addieren. Die Additionskurve ist also einfach überhöht. Störend macht sich bei Temperaturversuchen bemerkbar, dass der Pilz vor allem bei Temperaturen über  $15^{\circ}$  tief in den Agar hineinwächst. Ferner tritt eine unangenehme Eigenschaft der Flechtenpilze in vermehrtem Masse auf : die Kulturen wachsen sehr unregelmässig; dies geht auch aus dem hohen mittleren Fehler hervor.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Das Nährstoffexperiment verunglückte; es wurde noch nicht wiederholt.

Tab. 55 und Abb. 18 zeigen die Temperaturabhängigkeit des Algenwachstums. Die Kolonieform wechselt vom dünnen Auswachsen bei  $0-12^{\circ}$  zu groben Falten bis  $21^{\circ}$ , worauf bei  $24^{\circ}$  eine feinere Faltung auftritt, die bei  $27^{\circ}$  fast verschwindet. Bei  $15^{\circ}$  haben die Kulturen Farbe 362; bei tieferen Temperaturen sind sie heller, bei höheren dunkler.

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 18).

Die Flechtenalge hat eine sehr grosse Wachstumskraft bei Temperaturen von  $12-24^{\circ}$ . Nicht selbstverständlich für *Cystococcus*-algen ist,

**Tab. 55** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cystococcus* (Klon 26 m) aus *Stereocaulon paschale* nach 110 Tagen

Temperatur ° C	Durch- messer mm	Mittlerer Fehler ±	Höhe mm
0	1	—	1
3	2,2	0,12	1,5
6	3,5	0,29	2
9	7,6	0,41	3
12	14,1	0,59	5
15	16,6	0,39	5
18	19,8	0,42	4
21	16,9	0,81	3,5
24	15,3	0,87	2,5
27	7,1	0,44	2,5
30	tot	—	—

dass dieser Klon auch bei 27° sich noch gut zu vermehren vermag. Dadurch und durch das um 3° höhere Optimum ist die Alge gegenüber dem Pilz bei höheren Temperaturen bevorzugt. Doch wie für das Wachstum der Alge sind für das Wachstum des Pilzes Temperaturen von 12—21° günstig. Trotz dieses Unterschiedes von 3° ist also das Wachstum von Flechtenpilz und Flechtenalge in ähnlicher Weise von der Temperatur abhängig, gleich wie bei *Cladonia*.

#### 20. *Physcia pulverulenta* (Hoffm.) Nyl. (Flechten 63 und 58)

##### a) Herkunft der untersuchten Flechten.

Flechte 63 sammelte Herr M. G r u b e r bei Macolin (900 m ü. M.) im Berner Jura und überliess sie mir zur Untersuchung. Flechte 63 a ist ein in Wollishofen (450 m ü. M.) gesammelter Thallus von *Ph. pulverulenta*, der für die Reinkultur der Flechtenalge benötigt wurde.

Aus dem sterilen Thallus einer andern *Physcia*, die ich oberhalb von Wangs (bei Sargans) auf zirka 590 m ü. M. dicht neben einem *Xanthoria*thallus (Nr. 56) gesammelt hatte, stammt Klon 58 a.

##### b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

*b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes* : Da die ausgeschleuderten Askosporen in Petrischalen nur langsam wuchsen, gelang es erst nach besonders sorgfältigem Abimpfen, Reinkulturen des Pilzes 63 zu kultivieren.

*b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge* : Der Versuch, die Alge der Flechte 63 zu kultivieren, missglückte. Aus dem Wollishofer Thallus dagegen wuchsen von 16 Zellen 6 zu Reinkulturen, die jedoch nicht mehr in den Versuch

einbezogen werden konnten. Vielmehr verwendete ich den obenerwähnten Klon 58 a.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Auf den geprüften Nährböden (Tab. 56) verhält sich der Pilz gleich, abgesehen von der verschiedenen Wachstumsintensität. Auf Knopagar scheint er kaum gewachsen zu sein.

**Tab. 56** *Physciomyces pulverulentae* (Hoffm.) (Stamm 63)

Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	7,9	0,57	4	177
Pepton . . . . .	1,7	0,21	1	177
Glukose . . . . .	4,2	0,23	4	177
½ Knop . . . . .	1,0	—	1	176

Grosse Unterschiede fanden sich unter den bei verschiedenen Temperaturen gewachsenen Kulturen (Tab. 57 und Abb. 19). Bei 3° ist die Form der Kulturen höckerig, mit wenig Luftmyzel überdeckt; die Farbe entspricht 433. Bei 6—15° haben sich breite, unregelmässige Würmchen gebildet. Bei 6° erscheint besser entwickeltes Luftmyzel; als Farbe herrscht 184 vor gegenüber 180, während bei 9° 180 überwiegt vor 184.

**Tab. 57** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Komponenten von *Physcia pulverulenta*

Temperatur	<i>Physciomyces pulverulentae</i> (Hoffm.) (Stamm 63) nach 170 Tagen			<i>Cystococcus</i> (Klon 58 a) nach 90 Tagen		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	2,2	0,09	2	0,5	—	0,5
3	5,1	0,21	3	2,8	0,15	2
6	10,3	0,54	4,5	8,3	0,37	4,5
9	12,9	0,56	5	10,8	0,42	6
12	13,5	0,26	5	11,3	0,58	5
15	13,8	0,19	5,5	15,4	0,70	3
18	13,0	0,39	6	11,6	0,32	4,5
21	12,1	0,35	5	1,2	0,09	1
24	4,5	0,21	4	tot	—	—
27	tot	—	—	—	—	—

Teilweise sind die letzteren Kulturen mit Luftmyzel überdeckt, das schon bei  $12^{\circ}$  verschwunden ist. Hier finden wir die Farben 433, 180, 199; bei  $15^{\circ}$  unregelmässig verteilt 199, aber deutlich getrennt von dunkleren Partien mit 131 und 641. Auch bei  $18^{\circ}$  lässt sich noch helles und dunkles Myzel unterscheiden, aber die Unterschiede sind nicht mehr so gross: 193 und dunkel bis 641. Bei  $21^{\circ}$  ist die Färbung ausgeglichen annähernd 176, bei  $24^{\circ}$  174. Die Kulturfarbe ändert sich also mit ändernder Temperatur sehr. Die Form der Würmchenbildungen ist von  $18-21^{\circ}$  schmal und unregelmässig. Die Kulturen von  $24^{\circ}$  sehen schwächer aus.

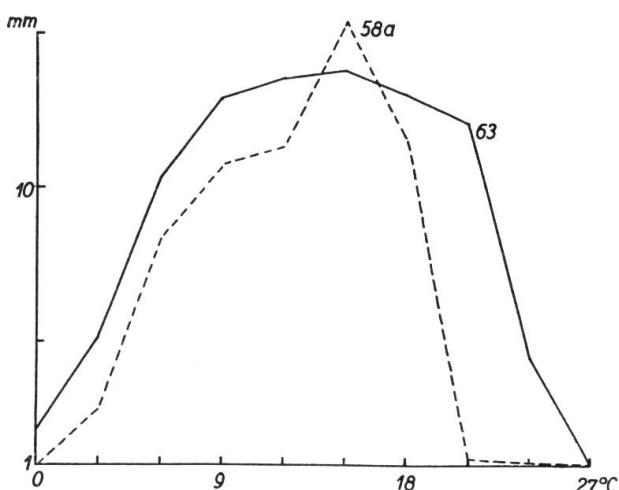


Abb. 19  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei:  
*Physciomyces pulvulentae*  
(Hoffm.) (Stamm 63) nach  
170 Tagen,  
*Cystococcus* (Klon 58 a) aus  
*Physcia pulvulenta* nach  
90 Tagen.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge: Der Nährstoffversuch mit der Alge fällt aus. Kolonieform und Farbe sind abhängig von der Temperatur, bei der die Alge wuchs (Tab. 57 und Abb. 19). Von  $0-9^{\circ}$  sehen wir hohe, massive Kolonien; bei höheren Temperaturen treten Würmchenbildungen auf. Als Farben gelten bei  $0-9^{\circ}$  357—358, bei  $12^{\circ}$  277, 276 und 358, bei  $15^{\circ}$  276 und 358, bei  $18^{\circ}$  371 und bei  $21^{\circ}$  358. Die Farbänderung mit der Temperatur könnte in Zusammenhang stehen mit der Zoosporenbildung der Alge, die ebenfalls temperaturabhängig ist. Bei  $3-12^{\circ}$  fand ich häufig Zoosporen, bei  $15^{\circ}$  selten, bei  $18^{\circ}$  keine. Tiefe Temperaturen begünstigen also bei diesem *Cystococcus* die Zoosporenbildung.

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 19).

Der auffallende Anstieg der Kurve der Alge von  $12^{\circ}$  zu  $15^{\circ}$  gibt nur ein Bild für das Steigen der Koloniedurchmesser; die Koloniehöhe ist aber bei  $15^{\circ}$  gering (Tab. 57), so dass die Kurve des mengenmässigen Wachstums von  $12^{\circ}$  zu  $15^{\circ}$  viel weniger steil ansteigen würde. Verglichen mit dem Pilz hat die Alge fast die gleichen Ansprüche, mit dem Unterschied, dass der Pilz bei extremen Temperaturen im Vorteil ist. Der Pilz hat ein um mehr als  $3^{\circ}$  höheres Wachstumsmaximum.

*21. Anaptychia ciliaris* (Linn.) Mass. (Flechte 71)

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Herr M. Gruber sammelte schönes Material bei Macolin (Berner Jura) auf einer Höhe von 900 m ü. M. und übergab es mir zur Untersuchung.

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Im Gegensatz zu Werner (1927, S. 30) gelang es, *Anaptychiomyces* aus Askosporen nach der Petrischalenmethode zu kultivieren. Der Pilz gehört zu den in Kultur schlecht wachsenden Formen.

b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Die Kultur der Alge aus dem erwähnten Material missglückte. Erst später isolierte ich sie aus einer durch Herrn dipl. sc. nat. Ch. A. Terrier von Pruntrut überbrachten Flechte, konnte jedoch diesen Stamm noch nicht verarbeiten.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche des Flechtenpilzes.

In Ergänzung zu Tab. 58 ist zu bemerken, dass *Anaptychiomyces ciliaris* nur auf Malzagar das Substrat verfärbt. Auf dem gleichen Nährboden bildet er Luftmyzel (Tafel 3, Abb. 3).

**Tab. 58** *Anaptychiomyces ciliaris* (Linn.) (Stamm 71)

Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm 9,2	± 0,39	mm 5	112
Pepton . . . . .	verunglückt	—	—	—
Glukose . . . . .	4,3	0,31	3	131
½ Knop . . . . .	1,8	0,21	1	131

Die Luftmyzelbildung war von der Temperatur abhängig (Tab. 59 und Abb. 20). Bei 0—18° ist Luftmyzel vorhanden, bei 9—12° in Form feiner Haare, bei 15—18° nur sehr spärlich. Bei den tiefen Temperaturen wird die Farbe durch das Luftmyzel verdeckt, bei 15—18° sehen wir 117, 131—134, bei 21° 117, bei 24° 131 und heller oder dunkler. Die Form der Kulturen ist bei tiefen Temperaturen sehr unregelmässig, bei 15—18° körnig mit radialen Wellen, bei höheren Temperaturen unregelmässig körnig.

Wir haben die Untersuchung dieses Pilzes hier beigefügt, weil der Vergleich mit *Physciomyces pulvulenta* interessant ist. Im Kurvenverlauf der Temperaturansprüche der beiden Flechtenpilze (Abb. 19 und

**Tab. 59** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Anaptychiomyces ciliaris* (Linn.) (Stamm 71) nach 170 Tagen

Temperatur ° C	Durch- messer mm	Mittlerer Fehler ±	Höhe mm
0	1,8	0,17	1,5
3	4,9	0,33	3
6	6,4	0,69	4,5
9	10,6	0,31	5
12	12,0	0,76	7
15	12,6	0,35	7
18	12,7	0,24	7
21	11,3	0,68	6,5
24	8,1	0,67	5
27	tot	—	—

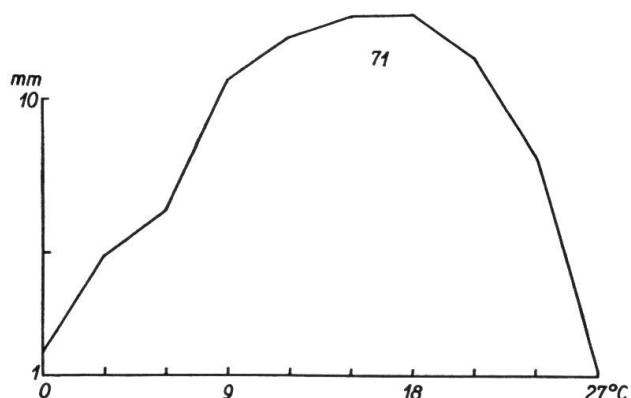


Abb. 20  
Einfluss der Temperatur auf das  
Wachstum bei :  
*Anaptychiomyces ciliaris* (Linn.)  
(Stamm 71) nach 170 Tagen.

Abb. 20) zeigt sich weitgehende Übereinstimmung. Man muss die Temperaturkurve von *Anaptychiomyces ciliaris* um weniger als 3° nach links verschieben, damit sie sich mit der von *Physciomyces* deckt. Bei beiden ist die Temperaturkurve breit gewölbt. Das ist mit einer Stütze für die Auffassung der Systematiker, wonach die beiden flechtenbildenden Pilze miteinander nahe verwandt sind.

## 22. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. (Flechte 59)

### a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Bei Gontenbach (Sihlthal, 460 m ü. M.) sammelte ich an Allee-bäumen längs der Hauptstrasse am Fusse einer Birke Exemplare von *Xanthoria parietina*, die durch die breiten Lappen des Thallus auffielen. Ist ein besonderer Pilzstamm Ursache der eigenartigen Form der Flechte, oder sind verschiedene Wirtsalgen imstande, bei gleichem Flechtenpilzstamm verschiedene Formen von Flechten zu bilden ? Die

Prüfung dieser Frage war mit ein Grund, Pilz und Alge zu kultivieren und mit anderen Stämmen derselben Flechte zu vergleichen.

*b)* Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

*b<sub>1</sub>)* Des Flechtenpilzes : Die ausgeschleuderten Askosporen von *Xanthoriomyces parietinae* reissen oft — anscheinend von der Apothienoberfläche — Bakterien mit sich, besonders wenn die Flechte in der Nähe staubiger Strassen wuchs. Deshalb sind beim Verwenden der Petrischalenmethode auf dem Agar bakterienfreie Sporenhäufchen zu suchen und besonders sorgfältig heraus zu impfen. So gelang die Reinkultur.

*b<sub>2</sub>)* Der Flechtenalge : 20 Algenzellen lieferten, in Reagensgläser übertragen, 7 untereinander gleich aussehende Reinkulturen.

*c)* Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

*c<sub>1</sub>)* Des Flechtenpilzes : Auf Malzagar (Tab. 60) ist der Kultur durchmesser etwas geringer als bei Stamm 60, dafür aber die Höhe etwas grösser; die gewachsene Pilzmenge dürfte deshalb gleich gross sein. Neben Farbe 185 findet sich auf Glukoseagar auch 190.

**Tab. 60** *Xanthoriomyces parietinae* (L.) (Stamm 59)  
Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm 5,6	± 0,51	mm 4	185
Pepton . . . . .	2,1	0,18	1	680
Glukose . . . . .	3,2	0,21	2	185
½ Knop . . . . .	1,0	—	1	190

Bei 0—9° (Tab. 61 und Abb. 21) zeigen die Kulturen die Farben 123, 124, 129; bei 9—18° ebenfalls, bilden aber zunehmend mehr Luftmyzel, weshalb ihre Oberfläche stellenweise weisslich wird. Vereinzelt sind borstenartige Auswüchse vorhanden. Bei 21° erscheinen alle Kulturen heller als bei 18° (169), in der Kulturmitte die oben erwähnten Farben; bei 24° bleiben die Kulturen am hellsten (190). Die Kulturformen sind nicht deutlich traubig, sondern locker faltig.

*c<sub>2</sub>)* Der Flechtenalge: Die Kulturen wachsen auf Malzagar (Tab. 62) fein radial gefaltet; es erscheint auch Farbe 357. Auf Pepton-Glukoseagar ist nur der Rand radial gefaltet; in der Mitte wird die Kolonie grobkörnig. Bei Kulturen auf Glukoseagar ist der Rand aufgebogen.

**Tab. 61** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Xanthoriomyces parietinae* (L.) (Stamm 59) nach 100 Tagen

Temperatur	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm
0	1,5	0,16	1
3	2,3	0,21	1
6	2,7	0,23	1,5
9	3,5	0,29	2
12	5,2	0,34	3
15	5,8	0,25	3
18	6,8	0,26	4,5
21	8,2	0,27	4,5
24	8,8	0,23	2,5
27	tot	—	—

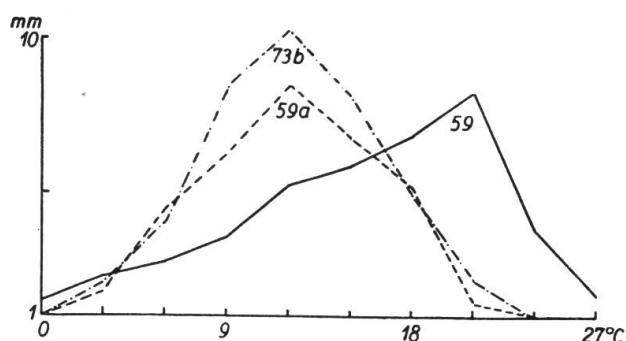


Abb. 21  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei :  
*Xanthoriomyces parietinae* (L.)  
(Stamm 59) nach 100 Tagen,  
*Cystococcus* (Klone 59 a und  
73 b) aus *Xanthoria parietina*  
nach 90 Tagen.

**Tab. 62** *Cystococcus* aus *Xanthoria parietina*  
Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Klon 59 a				Klon 73 b			
	Durch-messer	Mitt-lerer Fehler	Höhe	Farbe	Durch-messer	Mitt-lerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm	±	mm		mm	±	mm	
Malz . . . . .	14,6	0,45	3	276	13,2	0,42	3	277
Pepton . . . . .	3,4	0,43	0,5	356	—	—	—	—
Pepton-Glukose .	21,1	0,96	6	356	17,5	0,92	6	276
Glukose . . . . .	9,0	0,53	3,5	386	13,6	0,44	3	297

Die Form der Kolonien bei verschiedenen Temperaturen (Tab. 63 und Abb. 21) ist flach, mit sehr feinen Rümpfen (Falten) und gleicht 55 a. Als Farbe gilt durchwegs 371 oder 297.

d) Vergleich der Temperatursprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 21).

Das günstigste Wachstumsgebiet ( $6\text{--}18^\circ$ ) und das Wachstumsoptimum liegen bei der Alge um  $6^\circ$  tiefer als beim Flechtenpilz (12 bis  $24^\circ$ ). Das gute Algenwachstum zwischen  $9^\circ$  und  $15^\circ$  muss innerhalb der Flechte aufgehoben sein durch das gute Pilzwachstum bei  $18\text{--}24^\circ$ .

**Tab. 63** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cystococcus* aus *Xanthoria parietina* nach 90 Tagen

Temperatur	Klon 59 a			Klon 73 b		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
${}^\circ\text{C}$	mm	$\pm$	mm	mm	$\pm$	mm
0	1	—	0,5	1	—	0,5
3	1,8	0,20	1	2,1	0,14	1
6	4,4	0,13	1	4,0	0,22	1
9	6,2	0,37	1,5	8,4	0,47	2
12	8,4	0,31	2	10,2	0,71	3
15	6,5	0,33	1,5	8,1	0,32	2
18	5,1	0,22	1,5	5,0	0,24	1,5
21	1,4	0,21	1	2,1	0,13	1
24	tot	—	—	tot	—	—

### 22 a. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. (Flechte 73)

#### a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Sie stammt von einem Birnbaum in Wollishofen (450 m ü. M.). Nur die Flechtenalge wurde kultiviert.

#### b) Reinkultur der Flechtenalge.

Von 20 isolierten Algenzellen entwickelten sich nur 4 zu Reinkulturen.

#### c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der Flechtenalge.

Die Mitte der Kolonien ist auf Malzagar (Tab. 62) dunkler als 277, zum Teil 276, die Kolonieform fein kraus mit Andeutung radialer Linien. Größer kraus werden die Kulturen auf Pepton-Glukoseagar, während auf Glukoseagar die Kulturen radiale Faltungen zeigen und einen aufwärts gebogenen Rand.

Im Temperaturversuch (Tab. 63 und Abb. 21) haben alle Kolonien Farbe 371; ihre Form ist leicht gerümpft mit rauher Oberfläche.

#### d) Vergleich der Temperaturansprüche des Algenklon 73 b und des *Xanthoriomyces* 59 (Abb. 21).

Obwohl die Flechten 59 und 73 einander sehr ähnlich sehen, besteht die Möglichkeit, dass Klon 73 b in Natur mit einem von *Xan-*

*thoriomyces* 59 verschiedenen Stamm eine Flechte bildete. Die Temperaturansprüche des Klon 73 b sind gleich wie die von Klon 59 a. Beim Vergleich der Temperaturansprüche von Alge 73 b und Pilz 59 gelten somit die für 59 a gemachten Bemerkungen.

23. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. (Flechte 60).

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Am Stämmchen einer kleinen Buche, die als Alleebaum an der Strasse Langnau—Sihlwald (480 m ü. M.) gepflanzt ist, sammelte ich einen stark besonnten Thallus zur Untersuchung.

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

*b<sub>1</sub>*) Des Flechtenpilzes : Nach sorgfältigem Abimpfen wie bei *Xanthoriomyces* 59 erzielte ich nach der Petrischalenmethode Reinkulturen.

*b<sub>2</sub>*) Der Flechtenalge: Von 20 aus zerriebenen Thallusstücken in Reagensgläser übertragenen Algenzellen wuchsen 9 zu Reinkulturen heran.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

*c<sub>1</sub>*) Des Flechtenpilzes : Zu den Zahlen des Nährstoffversuches (Tab. 64) ist zu bemerken, dass der Pilz auf Peptonagar in das Substrat hineinwuchs, weshalb das Wachstum in Wirklichkeit etwas besser ist, als das in der Tabelle zum Ausdruck kommt. Dieser Pilz gleicht dem Stamm 59 sehr.

**Tab. 64** *Xanthoriomyces parietinae* (L.) (Stamm 60)  
Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm 7,1	± 0,53	mm 3,5	185
Pepton . . . . .	2,3	0,27	1	680
Glukose . . . . .	3,4	0,37	1,5	190
½ Knop . . . . .	1,0	—	1	190

Bei allen Temperaturen (Tab. 65 und Abb. 22) gehen die Farben der Kulturen ins Bräunliche : 182, 188, 199, 203. Bei 21° und 24° überwiegt die helle Farbe 199. Bei 12—18° bildet der Pilz etwas Luftmyzel oder es wachsen borstenartige Fortsätze aus. Die Kulturform ist nicht traubig und weniger gefaltet als bei Stamm 59, eher zusammengebaut, massig.

**Tab. 65** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Komponenten von *Xanthoria parietina*

Temperatur	<i>Xanthoriomyces parietinae</i> (L.) (Stamm 60) nach 100 Tagen			<i>Cystococcus</i> (Klon 60 a) nach 90 Tagen		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	1,1	—	1	0,5	—	0,5
3	1,6	0,14	1	0,8	—	0,5
6	3,2	0,19	2	1,4	0,13	1
9	4,2	0,15	2	3,7	0,15	1,5
12	4,9	0,23	3	6,4	0,34	2
15	6,2	0,39	3,5	6,6	0,23	2,5
18	6,8	0,40	4	5,3	0,30	2
21	8,2	0,40	4	2,4	0,14	1
24	3,1	0,23	2	tot	—	—
27	tot	—	—	—	—	—

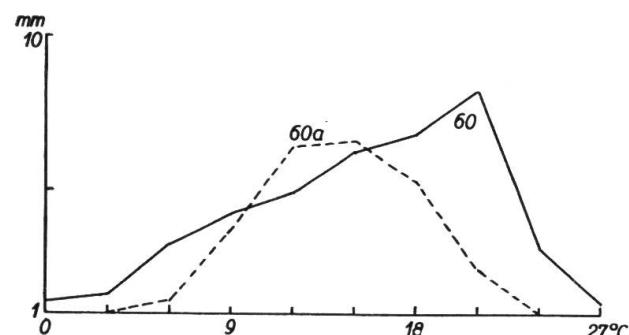


Abb. 22  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei:  
*Xanthoriomyces parietinae* (L.) (Stamm 60) nach 100 Tagen,  
*Cystococcus* (Klon 60 a) aus *Xanthoria parietina* nach 90 Tagen.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Auf Malzagar (Tab. 66) wachsen die Kulturen fein radial gerümpft, auf Pepton-Glukoseagar fein kraus, in der Mitte eher massig. Der Rand der Kulturen auf Glukoseagar ist rundlich aufgebogen.

**Tab. 66** *Cystococcus* (Klon 60 a) aus *Xanthoria parietina*  
Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm	±	mm	
Malz . . . . .	13,2	0,59	3	276
Pepton . . . . .	4,1	0,32	0,5	283
Pepton-Glukose .	23,3	0,93	5,5	283
Glukose . . . . .	10,8	0,45	3,5	386

Die Kolonieform erscheint bei allen Temperaturen (Tab. 65 und Abb. 22) massig mit rechteckigem Querschnitt, ihre Farbe gleicht 297 und 371.

*d)* Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 22).

Auch für diese Flechte ist der Pilz bei den extremen Temperaturen gegenüber der Alge in seinem Wachstum bevorrechtigt. Von 10° bis etwa 18° halten sich Pilz- und Algenwachstum die Waage. Das Optimum dieser *Xanthoriaalge* liegt um 3° höher als bei 59 a.

#### 24. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. (Flechte 43)

*a)* Herkunft der untersuchten Flechte.

Südöstlich der Ibergeregg (bei Schwyz) auf zirka 1500 m ü. M. beobachtete ich am Fusse einer Hütte, wie ein kräftiger Thallus von *Xanthoria parietina*, teilweise über Holz, teilweise über Stein wachsend im Begriffe war, eine den Stein bewachsene *Caloplaca murorum* zu überwuchern — ein Kampf um den Standort, der wohl schon Jahre gedauert hatte. Es trat die Frage auf, ob die Wirtspflanzen der beiden auf dem kleinsten Raum nebeneinander wachsenden, Parietin erzeugenden Pilze identisch seien, und ich sammelte deshalb beide Flechten. Die *Caloplaca murorum* erhielt Nr. 44.

*b)* Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

*b<sub>1</sub>)* Des Flechtenpilzes : Diese *Xanthoria* schleuderte reichlich Askosporenhäufchen auf den Agar. Nur wenige Bakterienkolonien traten auf, so dass ich den Pilz leicht kultivieren konnte.

*b<sub>2</sub>)* Der Flechtenalge : Aus 10 mit je einer Algenzelle beimpften Reagensgläsern wuchsen auf Malzagar 5 Reinkulturen, aus 10 Reagensgläsern auf Glukoseagar 6 Reinkulturen, die kleiner und dunkler waren als die gleichaltrigen Kulturen auf Malzagar.

*c)* Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

*c<sub>1</sub>)* Des Flechtenpilzes : Über die Abhängigkeit der Wachstumsverhältnisse von der Nahrung gibt Tab. 67 Aufschluss. Auffallend ist die körnig erscheinende Oberfläche des Pilzes auf Malzagar.

Bei Temperaturen von 0—15° (Tab. 68 und Abb. 23) schwankt die Farbe der Kulturen in verschiedenen Schattierungen zwischen 127 und 148. Bei 18° treten an einzelnen Kulturen rötliche Töne hervor, die bei 21° vorherrschen. Farben ähnlich 160 kommen bei allen Temperaturen vor. Die Form der Kulturen ist bei den Temperaturen 12—21° würmchenartig. Nur vereinzelte Kulturen bildeten spärliches Luftmyzel bei 15—18°. Dagegen beobachtete ich bei 15—21° bis 1 mm lange borstenartige Auswüchse.

**Tab. 67** *Xanthoriomyces parietinae* (L.) (Stamm 43)  
Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	6,2	0,29	3	177
Pepton . . . . .	1,8	0,11	1	680
Glukose . . . . .	5,6	0,41	4,5	162
½ Knop . . . . .	1,0	—	1	680

**Tab. 68** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Komponenten von *Xanthoria parietina*

Temperatur	<i>Xanthoriomyces parietinae</i> (L.) (Stamm 43) nach 100 Tagen			<i>Cystococcus</i> (Klon 43 a) nach 90 Tagen		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	1,2	0,08	1	0,8	—	0,5
3	2,0	0,24	1	2,8	0,17	1
6	2,2	0,17	1	4,9	0,31	1,5
9	3,2	0,28	2	5,4	0,26	1,5
12	4,8	0,37	2,5	6,2	0,21	2
15	5,3	0,19	3,5	6,7	0,36	1,5
18	6,5	0,39	3,5	5,3	0,38	2,5
21	8,4	0,36	4	4,0	0,30	2
24	4,8	0,42	3	tot	—	—
27	tot	—	—	—	—	—

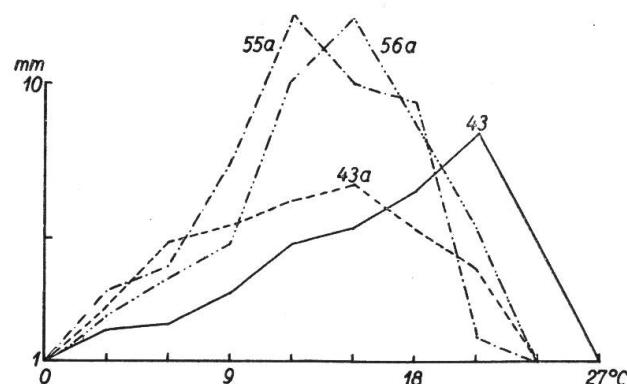


Abb. 23  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei:  
*Xanthoriomyces parietinae* (L.)  
(Stamm 43) nach 100 Tagen,  
*Cystococcus* (Klone 43 a, 55 a  
und 56 a) aus *Xanthoria pa-*  
*rietina* nach 90 Tagen.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Auf Malzagar (Tab. 69 und Tafel 4, Abb. 5) sind die Kulturen flach, in der Mitte wenig heller als am Rand. Auf Pepton-Glukoseagar werden sie rundlich, traubenartig, ebenso auf Glu-

koseagar, wo jedoch Auswüchse von der Farbe 357 auftreten. Auf Pep-tonagar wuchs die Alge zwar, bildete aber nur einen dünnen Überzug über den Agar.

**Tab. 69** *Cystococcus* (Klon 43 a) aus *Xanthoria parietina*  
Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	12,8	0,33	2	291
Pepton . . . . .	4,3	0,19	0,5	291
Pepton-Glukose .	15,2	0,41	3	357
Glukose . . . . .	11,1	0,25	3	371

Bei allen ein Wachstum der Alge ermöglichen Temperaturen ist die Form der Kolonien halbkugelig, ihre Farbe 386.

*d)* Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 23).

Die Wachstumsfähigkeit des Pilzes nimmt von 0° an langsam, aber stetig zu bis 21° und fällt dann rasch ab gegen das Wachstumsmaximum oberhalb von 24°. Um 3° tiefer liegt das Wachstumsmaximum der Flechtenalge, ihr Optimum gegenüber dem des Pilzes um 6° tiefer. Das günstigste Wachstumsgebiet der Flechtenalge (6—21°) liegt um 3—6° tiefer als das des Flechtenpilzes (12—24°). Am ausgeglichensten ist das Wachstum beider Flechtenbildner bei 10—18°.

#### 24 a. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. (Flechten 55 und 56)

*a)* Herkunft der untersuchten Flechten.

Es seien noch die Wirtspflanzen von zwei *Xanthoria*-flechten erwähnt, die ich in der Gegend von Wangs sammelte, ohne ihre Flechtenpilze zu kultivieren. *Cystococcus* Nr. 55 a wurde isoliert von *Xanthoria parietina* aus Wangs, auf einem Zaun in zirka 540 m ü. M. gewachsen, dicht neben unserer *Caloplaca cerina* Nr. 54. *Cystococcus* 56 a ist Wirtspflanze einer *Xanthoria parietina*, die ich oberhalb von Wangs auf zirka 590 m ü. M. fand, unmittelbar neben unserer *Caloplaca cerina* Nr. 57 (nicht bearbeitet).

*b)* Reinkultur der Flechtenalgen.

Beide Algen waren mühsam zu züchten. Bei ersterer gediehen von den üblichen 20 Zellen nur 3 zu Reinkulturen, bei letzterer nur 5; sie wuchsen langsam im Vergleich zu andern *Cystococcus*-algen.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenalgen.

Im Nährstoffversuch (Tab. 70) beobachtete ich an Klon 55 a auf Malzagar eine feine radiale Faltung. Auf Pepton-Glukoseagar vergrößert

**Tab. 70** *Cystococcus* aus *Xanthoria parietina*  
Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Klon 55 a				Klon 56 a			
	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm	±	mm		mm	±	mm	
Malz . . . . .	15,2	0,61	2,5	276	14,0	0,47	3,5	277
Pepton . . . . .	5,1	0,54	0,5	276	—	—	—	—
Pepton-Glukose .	23,2	0,87	5	301	20,1	0,87	5,5	276
Glukose . . . . .	11,9	0,33	3	371	13,0	0,46	4,5	356

sich diese Radialfaltung; dazu kommen in der Mitte würmchenartige Bildungen. Auf Glukoseagar ist der Rand der Kulturen schalenartig aufgebogen.

Klon 56 a bildet auf Malzagar in der Mitte der Kulturen grobe, krause Würmchen, am Rand eine radiale Faltung. Ähnliches Aussehen haben die Formen auf Pepton-Glukoseagar, während die Würmchenbildungen fehlen. An ihre Stelle treten krause Radialfalten.

Über das Verhalten beider Algen bei verschiedenen Temperaturen geben Tab. 71 und Abb. 23 Aufschluss. Auch bei optimalen Temperaturen sind die Höhen der Kulturen beider Klone gering. Die Kolonien

**Tab. 71** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Cystococcus* aus *Xanthoria parietina* nach 90 Tagen

Temperatur	Klon 55 a			Klon 56 a		
	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	1	—	1	1	—	1
3	3,3	0,19	1	2,5	0,23	1
6	4,1	0,26	1,5	3,7	0,32	1
9	7,5	0,37	2	4,8	0,25	1,5
12	12,2	0,35	2	10,1	0,48	2
15	10,0	0,46	2	12,1	0,49	2
18	9,4	0,31	2	8,7	0,33	2
21	1,8	0,16	1	5,2	0,37	1,5
24	tot	—	—	tot	—	—

von 55 a sind sehr fein gerümpft ähnlich 59 a, die Kolonien von 56 a hingegen rauh höckerig. Beide Klone haben die Farbe 371, mit dem Unterschied, dass 55 a oft am Rande etwas heller ist.

Die beiden Klone sehen sich fast in allen Beziehungen ähnlich. Dagegen ist der Unterschied dieser *Xanthoria*-algen gegenüber der *Xanthoria*-alge 43 a viel grösser als der Unterschied zwischen 43 a und der *Caloplaca*-alge 44 a. Letztere beiden Algen sind ja kaum voneinander zu unterscheiden.

*d)* Vergleich der Temperaturansprüche von 55 a und 56 a gegenüber dem *Xanthoriomyces* 43.

Beide *Xanthoria*-algen wachsen bei den günstigen Temperaturen bedeutend besser als 43 a. Ihre Wachstumsoptima und -maxima stimmen aber mit denen von 43 a grösstenteils überein. Es treffen also die bei Flechte 43 gemachten Bemerkungen zu.

*24 b. Xanthoria polycarpa (Ehrh.) Oliv. (Flechte 101) und X. candelaria (Ach.) Arn. (Flechte 102)*

*a)* Herkunft der untersuchten Flechten.

Herr Prof. Dr. E. Du Rietz machte mich freundlicherweise darauf aufmerksam, dass die beiden Flechten in der Umgebung von Uppsala häufig auftreten. Weil die beiden Flechten einander sehr ähnlich sehen, interessierte mich ein Fundort, wo die beiden Flechten auf dem gleichen Holzstück eines Zaunes vorkamen. Ihre Thalli waren völlig ineinander gewachsen, weshalb die Vermutung nahelag, die Pilze der *Xanthoria polycarpa* und der *X. candelaria* könnten miteinander identisch sein. Das Kultivieren der Pilze schaffte Klarheit.

*b)* Reinkultur der beiden Flechtenpilze.

Aus den Askosporen einiger von Herrn Prof. Du Rietz bestimmten Apothezien des *Xanthoriomyces polycarpace* und des *X. candelariae* erhielt ich nach der Petrischalenmethode Reinkulturen.

*c)* Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenpilze.

Ein Versuch, die Temperaturansprüche der beiden Flechtenpilze vergleichend zu prüfen, missglückte leider. Immerhin erkannte man, dass Temperaturen von 15—18° das Wachstum beider Pilze begünstigen. Ein Nährstoffversuch wurde nicht angelegt. Schon die Kulturen auf Malzagar zeigten aber, dass es sich um zwei deutlich voneinander verschiedene Pilze handelt. Wie man in Tafel 3, Abb. 7 und 8 erkennt, bildet *Xanthoriomyces candelariae* (Abb. 8) unter gleichen Bedingungen auf Malzagar mehr Luftmyzel als *X. polycarpace* (Abb. 7). *Xanthoriomyces parietinae* unterscheidet sich von beiden hauptsächlich durch die geringere Luftmyzelbildung.

Leichter als *Xanthoriomyces parietinae* schreiten *X. polycaruae* und *X. candelariae* in Reinkultur zur Parietinbildung. Tafel 5, Abb. 1 und 2 lassen das durch den Agar diffundierte Parietin erkennen, das sich in kristallisierten Häufchen an der Agaroberfläche abgeschieden hat.

Die teilweise bezweifelte, von Du Rietz (1921) aber erneut vertretene Auffassung, dass *Xanthoria polycarpa* und *X. candelaria* zwei deutlich zu trennende Flechten sind, haben wir durch das Kultivieren der Flechtenpilze bestärkt. Wenn die beiden Flechten nebeneinander wachsen, scheint die Wahrscheinlichkeit gross, dass ihre Flechtenalgen identisch sind. Die Einzellkultur hat dies noch zu beweisen.

### 25. *Caloplaca murorum* (Hoffm.) Th. Fr. (Flechte 44)

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Die Fundstelle der Flechte liegt südöstlich der Ibergeregg (bei Schwyz) auf zirka 1500 m ü. M., wie für *Xanthoria parietina* Nr. 43.

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

*b<sub>1</sub>*) Des Flechtenpilzes : Neben den auf Agar geschleuderten Askosporen befanden sich zahlreiche Bakterienkolonien. Nur mit grosser Sorgfalt gelang es, einzelne von Bakterien freie Sporenhäufchen herauszuimpfen und als Reinkulturen zu vermehren.

*b<sub>2</sub>*) Der Flechtenalge : 10 Algenzellen wurden in Reagensgläser mit Malzagar übertragen, 10 in Reagensgläser mit Glukoseagar. Auf dem ersten Nährboden wuchsen 6 Reinkulturen, auf dem andern 7. Beide eignen sich also zur Kultur dieser Algen; auf Malzagar sind die Kulturen grösser und heller.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

*c<sub>1</sub>*) Des Flechtenpilzes : Auf allen vier Nährböden (Tab. 72) liess sich die Bildung von Parietin nachweisen, doch gilt hier die bei *Caloplacomyces elegantis* (Kap. II, B, 29) gemachte Bemerkung betreffend Malzgehalt des Impfstückes.

**Tab. 72** *Caloplacomyces murorum* (Hoffm.) (Stamm 44)

Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm 7,2	± 0,56	mm 3	191
Pepton . . . . .	3,3	0,39	2	191
Glukose . . . . .	4,8	0,41	3	193
½ Knop . . . . .	3,9	0,24	2	176

Zwischen 3° und 12° (Tab. 73 und Abb. 24) weisen bei jeder Temperatur einzelne Kulturen weisses Luftmyzel auf, besonders bei 3° und 6°. Als Farbe der Kulturen gilt bei 3° 192, bei 6° 191—192; bei 9° und 12° kommt dazu die Farbe 176. Bei 15—24° ändert sich die Färbung gegen orange : 186 und heller. Die Form der Kulturen ist bei tiefen Temperaturen flach, von 15° an massig, hoch, teilweise zylindrisch, immer jedoch erscheinen würmchenartige Bildungen, ähnlich wie bei einigen *Cystococcus*-algen. Bei 24° haben die Kulturen ein flacheres, mehr körniges Aussehen.

**Tab. 73** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Komponenten von *Caloplaca murorum*

Temperatur	<i>Caloplacomycetes murorum</i> (Hoffm.) (Stamm 44) nach 180 Tagen			<i>Cystococcus</i> (Klon 44 a) nach 90 Tagen		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	2,2	0,15	2	0,8	—	0,5
3	7,7	0,41	3	2,0	0,15	1
6	10,0	0,35	3	2,0	0,11	1
9	10,7	0,38	3,5	3,1	0,15	2
12	10,8	0,33	4	4,9	0,19	2,5
15	11,5	0,49	4	6,9	0,29	3,5
18	11,4	0,27	5	5,2	0,23	3
21	12,2	0,32	5	2,5	0,20	1,5
24	10,5	0,34	3,5	tot	—	—
27	tot	—	—	—	—	—

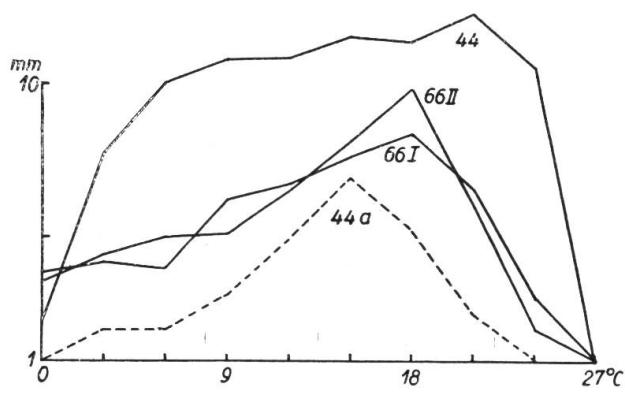


Abb. 24  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei:  
*Caloplacomycetes murorum*  
(Hoffm.) (Stamm 44) nach  
100 Tagen und (Stamm 66)  
Versuch I nach 150 Tagen,  
Versuch II nach 160 Tagen,  
*Cystococcus* (Klon 44 a) aus  
*Caloplaca murorum* nach 90  
Tagen.

Bei allen Temperaturen bildete dieser *Caloplacomycetes* Parietin, am meisten aber bei 21°.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Auf Malzagar (Tab. 74 und Tafel 4, Abb. 5) sind die Kulturen flach, in der Mitte heller als am Rand; auf Pepton-Glukoseagar rundlich, traubenartig mit Auswüchsen von der Farbe 297, ebenso auf Glukoseagar. Die traubige Form scheint also von der Glukosenahrung herzuröhren. Auf Peptonagar ist die Kolonie nur in die Breite gewachsen und überzieht in dünner Schicht den Agar.

**Tab. 74** *Cystococcus* (Klon 44 a) aus *Caloplaca murorum*  
Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	13,2	0,44	2	291
Pepton . . . . .	4,1	0,23	3	371
Pepton-Glukose .	12,2	0,49	3	371
Glukose . . . . .	10,4	0,26	2,5	371

Bei allen Temperaturen (Tab. 73 und Abb. 24) weisen die Kolonien einheitlich halbkugelige Formen auf; die Farbe gleicht 386.

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 24).

Das Wachstumsoptimum der Alge liegt um 6° tiefer als das des Pilzes, ihr Maximum um 3° tiefer. Zwischen den weiten Temperaturgrenzen von 6—24° ist das Wachstum des Pilzes sehr lebhaft. Nur in der mittleren Zone dieses Temperaturbereiches, bei 12—18°, vermag die Alge mit ihrem Wachstum Schritt zu halten. Die Flechte müsste also nach unseren Versuchen bei Temperaturen von 12—18° am besten gedeihen.

## 26. *Caloplaca murorum* (Hoffm.) Th. Fr. (Flechte 66)

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Die Flechte sammelte ich südöstlich der Ibergeregg (bei Schwyz) auf Holzbrettern. Beim Flechtenpilz handelt es sich um den in einer früheren Arbeit verwendeten Stamm, für den die Fähigkeit nachgewiesen ist, in Reinkultur Parietin zu bilden (Thomas, 1936).

b) Reinkultur des Flechtenpilzes.

Reinkulturen des Pilzes wurden aus Askosporen erhalten nach der Petrischalenmethode. Die Flechtenalge besitze ich nicht in Kultur.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche des Flechtenpilzes.

Der Nährstoffversuch bedarf der Nachprüfung (Tab. 75). Der mittlere Fehler ist zu hoch, und es scheint wenig wahrscheinlich, dass der

Pilz auf Malzagar schlechter wächst als auf Knopagar. Die Kulturen auf Malzagar sind von bräunlichem Luftmyzel überdeckt (Farbe 211); auf den anderen Nährböden tritt nur spärliches Luftmyzel auf. Malz- und Glukosesubstrate werden verfärbt gegen Farbe 191.

**Tab. 75** *Caloplacomyces murorum* (Hoffm.) (Stamm 66)  
Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	4,8	0,49	2	191
Pepton . . . . .	3,1	0,47	2	176
Glukose . . . . .	6,3	0,45	3	193
½ Knop . . . . .	5,2	0,32	2	126

Weil beim ersten Versuch die Schwankungen in den Kulturgrössen bei den einzelnen Temperaturen sehr gross waren, was in den hohen mittleren Fehlern zum Ausdruck kommt, suchte ich in einem zweiten Versuch einheitlichere Kulturen zu erhalten durch sorgfältigstes Impfen (Tab. 76 und Abb. 24). Der Erfolg trat nur teilweise ein; bei 21° z. B. ist der mittlere Fehler noch sehr hoch. Die Wachstumsoptima beider Versuche stimmen jedoch überein, wie auch der Kurvenverlauf im ganzen.

**Tab. 76** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Caloplacomyces murorum* (Hoffm.) (Stamm 66)

Temperatur	1. Versuch, nach 150 Tagen			2. Versuch, nach 160 Tagen		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	3,9	0,31	2	3,6	0,29	2
3	4,2	0,27	2	4,4	0,28	2
6	4,0	0,36	2	5,0	0,23	2
9	6,2	0,43	3	5,1	0,28	2,5
12	6,7	0,32	3,5	6,5	0,27	3,5
15	7,6	0,35	3,5	8,1	0,24	4
18	8,3	0,38	4	9,8	0,31	4
21	6,5	0,41	4	6,0	0,58	4
24	3,0	0,23	3	2,0	0,12	2,5
27	tot	—	—	tot	—	—

Die Farbe der Kulturen bleibt unter 12° hell mit orangefarbigen Tönen bis gegen 181; oberhalb von 12° treten eher bräunliche Färbungen auf, so 191, 192, 193. Luftmyzel bildet sich bei allen Temperaturen, am meisten bei tiefen bis zu 0°, wo es hell bis weiss gefärbt ist. Bei den optimalen Temperaturen wird der Agar braun verfärbt.

### 27. *Caloplaca cerina* (Ehrh.) A. Zahlbr. (Flechte 54)

#### a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Dicht neben einer *Xanthoria parietina* (Nr. 55) fand ich die vorliegende Flechte auf dem Holz eines Zaunes in Wangs (540 m ü. M.). Das Material versprach interessant zu sein hinsichtlich des Vergleichs der Wirtsalgen mit denen der benachbarten *Xanthoria*.

#### b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

*b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes* : Aus den Askosporen einzelner Apothezien nach der Petrischalenmethode.

*b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge* : Von 20 aus zerriebenen Apothezien in Reagensgläser übertragenen Zellen wuchsen 4 untereinander gleich aussehende Reinkulturen.

#### c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

*c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes* : Der Nährstoffversuch fehlt für Pilz und Alge. Bei keiner Temperatur (Tab. 77 und Abb. 25) ist Luftmyzel vorhanden, und die Kulturen zeigen überall würmchenartige Formen. Bei 0° sind sie hell und haben annähernd die Farbe 199 und 203, bei 3—9°

**Tab. 77** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Komponenten von *Caloplaca cerina*

Temperatur	<i>Caloplacomyces cerinae</i> (Ehrh.) (Stamm 54) nach 160 Tagen			<i>Cystococcus</i> (Klon 54 a) nach 100 Tagen		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	2,9	0,13	1,5	0,5	—	0,5
3	6,0	0,11	2	0,5	—	0,5
6	7,3	0,27	2,5	6,6	0,54	3
9	7,2	0,22	3	11,3	0,53	4
12	7,9	0,43	3	11,3	0,89	5,5
15	9,5	0,67	3,5	14,3	0,36	4
18	10,8	0,29	4	13,8	1,13	1,5
21	11,6	0,15	4,5	8,9	1,18	1,5
24	1,4	0,12	1	tot	—	—
27	tot	—	—	—	—	—

dagegen 132—134, bei  $12^{\circ}$  134, 176 und 199. Bei einigen Kulturen von  $3$ — $12^{\circ}$ , besonders von  $6$ — $9^{\circ}$ , fallen 0,5 mm grosse Pünktchen auf mit der Farbe 76. Unter dem Mikroskop erkennt man, dass es tote, kristallinische Teile sind, d. h. also vom Pilz ausgeschiedene Stoffe (Pilzstoffe). Wegen der geringen Materialmenge gelang mir noch keine eingehende Untersuchung; es ist nicht klar, ob der Stoff mit einem bekannten Flechtenstoff identisch ist. Sicher handelt es sich nicht um Parietin.

Bei  $15$ — $18^{\circ}$  erkennt man die Farben 199 und 203, bei  $21^{\circ}$  Farbe 200 und wie auch bei  $15^{\circ}$  an einigen Stellen 116.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Die Kolonien bei  $6^{\circ}$  (Tab. 77 und Abb. 25) erscheinen in den Farben 277 und 358, bei  $9$ — $15^{\circ}$  mit 277 und 276, bei  $18^{\circ}$  mit 297, ebenso bei  $21^{\circ}$ , nur dass der Rand dort teilweise heller ist (358).

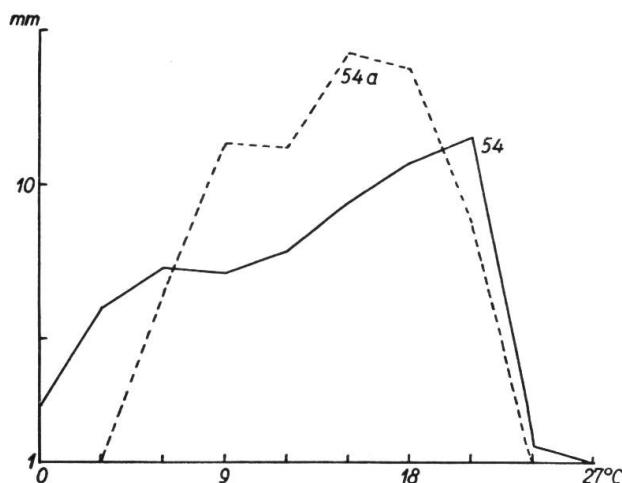


Abb. 25  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei :  
*Caloplacomyces cerinae* (Ehrh.)  
(Stamm 54) nach 160 Tagen,  
*Cystococcus* (Klon 54 a) aus  
*Caloplaca cerina* nach 100 Tagen.

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 25).

Das Wachstumsoptimum des Pilzes liegt um  $6^{\circ}$ , das Maximum um  $3^{\circ}$  höher als bei der Alge. Ferner scheint der Pilz bei Temperaturen von  $0$ — $6^{\circ}$  gegenüber der Alge bevorteilt. Wir haben also hier einen Fall, wo der Pilz bei den extremen Temperaturen besser wächst als die Alge, die Alge jedoch bei mittleren Temperaturen ( $9$ — $18^{\circ}$ ) besser als der Pilz.

## 28. *Caloplaca cerina* (Ehrh.) A. Zahlbr. (Flechte 61)

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Bei Gontenbach (460 m ü. M.) fand ich dicht neben *Xanthoria parietina* Nr. 59, ebenfalls auf Buchenrinde, die kleinen Apothezien von *Caloplaca cerina*. Um zu erfahren, ob die Wirtspflanzen beider Pilze und ob die beiden Pilze selbst verschieden seien, kultivierte ich Pilz und Alge.

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

*b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes* : Sorgfältig wurden einige Apothezien von der Rinde losgelöst und nach der Petrischalenmethode Sporen auf Agar schleudern gelassen. Zwischen Bakterienkolonien herausstechend gelang es, Pilzreinkulturen abzuimpfen.

*b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge* : Nach dem äusserlichen Abwaschen von etwa anhaftenden Epiphyten mit sterilem Wasser zerdrückte ich ein Apothezium zu einem Brei, so die Wirtspflanze befreidend. 20 in Reagensgläser übertragene Einzelzellen ergaben 8 Reinkulturen. Beim Grösserwachsen der Kolonien war schon makroskopisch leicht zu beobachten, dass 3 Kolonien unter sich gleich waren, aber verschieden von den 5 einheitlichen andern. In mikroskopischer Betrachtung erwiesen sich die ersten 3 Klone als *Cystococcus* algen, die letzteren 5 als *Chlorella*.

Innerhalb desselben Pilzfruchtkörpers zweierlei Algen eingeschlossen zu finden, war so überraschend, dass ich vorerst vermutete, die eine Alge — am ehesten die *Chlorella* — sei blosser Epiphyt. Erst eine spätere Beobachtung (vgl. Kap. IV, B) öffnet die Möglichkeit, dass der *Caloplacomyces cerinae* sich gleichzeitig zweier Wirtspflanzen als Nahrungslieferanten bedienen kann. Die gleichzeitige Untersuchung eines *Chlorellaklons* (61 d) unterblieb.

*c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.*

*c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes* : Im Nährstoffversuch (Tab. 78) wächst der Pilz auf Pepton- und Knopagar vorzugsweise in den Agar; im allgemeinen ist dies bei Flechtenpilzen nach bisherigen Erfahrungen ein Zeichen schlechter Ernährung. Dass der Pilz auf Glukose schlechter wuchs als auf Knopagar, scheint eine Störung in diesem Versuch.

**Tab. 78**      *Caloplacomyces cerinae* (Ehrh.) (Stamm 61)  
Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm 8,5	± 0,49	mm 5	193
Pepton . . . . .	7,9	0,32	2	189
Glukose . . . . .	4,2	0,36	1,5	190
½ Knop . . . . .	4,5	0,47	1,5	174

Bei 0—15° erscheinen die Kolonien hell mit frischen Farben : 189, 184, 199 (Tab. 79 und Abb. 26). Bei 18—21° fallen violette Farbtöne auf : 131 und heller. Die Kulturform ist körnig, unregelmässig, porös, deshalb mit der Impfnadel leicht zerdrückbar.

**Tab. 79** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Komponenten von *Caloplaca cerina*

Temperatur	<i>Caloplacomyces cerinae</i> (Ehrh.) (Stamm 61) nach 100 Tagen			<i>Cystococcus</i> (Klon 61 a) nach 100 Tagen		
	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	1,0	—	1	1,0	—	1
3	1,8	0,23	1,5	1,1	0,14	1
6	3,1	0,25	2	2,0	0,17	1,5
9	3,7	0,21	3	5,5	0,36	4,5
12	4,8	0,17	4	9,9	0,87	5
15	5,2	0,29	5,5	10,6	0,26	5
18	5,5	0,20	5,5	11,6	0,54	6
21	6,6	0,28	5,5	9,8	0,29	4,5
24	1,8	0,17	2	tot	—	—
27	tot	—	—	—	—	—

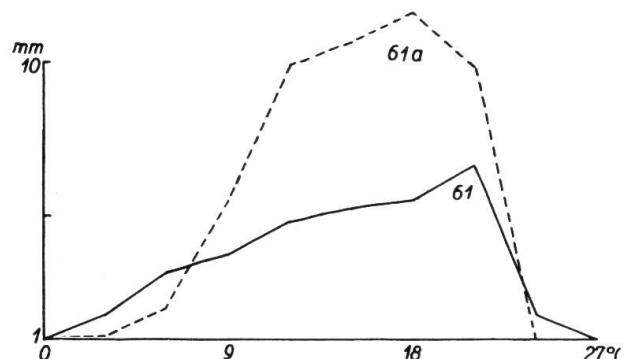


Abb. 26  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei :  
*Caloplacomyces cerinae* (Ehrh.) (Stamm 61) nach 100 Tagen,  
*Cystococcus* (Klon 61 a) aus *Caloplaca cerina* nach 100 Tagen.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Tab. 80 ergänzend, sehen wir auf Malzagar den Rand der Kolonien unmittelbar auf dem Agar heller als Farbe 276; die Oberfläche ist unregelmässig. Auf Pepton-Glukoseagar und auf Glu-

**Tab. 80** *Cystococcus* (Klon 61 a) aus *Caloplaca cerina*  
Wachstum nach 120 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm	±	mm	
Malz . . . . .	16,1	0,56	3,5	276
Pepton . . . . .	4,4	0,10	0,5	277
Pepton-Glukose .	17,6	0,44	7	301
Glukose . . . . .	10,2	0,31	5,5	301

koseagar erhebt sich die Kolonie am Rand fast gleich hoch wie in der Mitte. Die Oberfläche nimmt eine unregelmässige, krause Gestalt an, teilweise mit bis 2 mm breiten Radialfalten.

Bei 0—6° (Tab. 79 und Abb. 26) finden wir Farbe 357, von 9° an aufwärts die Farbe 386, bei allen Temperaturen ausserdem Farbe 371. Die Form der Kolonien ist unabhängig von der Temperatur massig, gekräuselt.

*d)* Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 26).

Die optimale Wachstumstemperatur des Pilzes liegt um 3° höher als die der Alge, die maximale knapp um 3° höher. Der Temperaturzwischenraum des günstigsten Wachstums deckt sich aber für Pilz und Alge und liegt bei 9—22°.

#### 29. *Caloplaca elegans* (Link.) Th. Fr. (Flechte 65)

*a)* Herkunft der untersuchten Flechte.

Oberhalb des Dorfes Blatten im Kanton Wallis (1600 m ü. M.) sammelte ich diese Flechte auf Urgestein.

*b)* Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

*b<sub>1</sub>)* Des Flechtenpilzes : Nach der Petrischalenmethode wurde auch dieser *Caloplacomyces* reinkultiviert.

*b<sub>2</sub>)* Der Flechtenalge : Die Kultur der Flechtenalge misslang; einen zweiten Versuch unternahm ich nicht.

*c)* Nahrungs- und Temperaturansprüche des Flechtenpilzes.

*Caloplacomyces elegantis* ist derjenige Flechtenpilz, für den zum erstenmal der Nachweis gelang, dass er in Reinkultur ohne Zugabe von Algen den Flechtenstoff Parietin hervorzubringen vermag (Thomä, 1936). Das Ergebnis des Nährstoffversuches versprach also besonders interessant zu werden (Tab. 81). Parietin liess sich mit Leichtigkeit nachweisen bei Kulturen auf Malzagar, Peptonagar (auffällig), Glukoseagar; nur in Spuren aber auf Knopagar, wo die Parietinreaktion nur

**Tab. 81** *Caloplacomyces elegantis* Link. (Stamm 65)  
Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Malz . . . . .	mm 4,9	± 0,45	mm 3	170
Pepton . . . . .	3,0	0,21	1,5	182
Glukose . . . . .	3,2	0,41	2	174
½ Knop . . . . .	3,2	0,28	1	185

unter dem Mikroskop zu beobachten war. Es besteht die Möglichkeit, dass diese geringen Parietinspuren von den Impfstücken aus Malzagar-nährböden stammen, oder dass bei dem geringen Pilzwachstum der Malzgehalt des Impfstückes zur neuen Parietinbildung genügte. Die endgültige Abklärung dieser Verhältnisse verlangt weitere Versuche. Lässt man Askosporen von *Caloplacomyces* auf pepton- und zuckerhaltige, peptonhaltige, zuckerhaltige und auf mineralische Agarnährböden ausschleudern und sich entwickeln, dann kann über die Abhängigkeit der Parietinbildung von Nährböden kein Zweifel mehr bestehen.

Wenn in unserem Versuch der Peptonnährboden sich als besonders günstig erwies für Parietinbildung, so stimmt dies mit den Verhältnissen in der Natur überein. Parietinbildende Flechten erzeugen diesen Flechtenstoff besonders reichlich an Standorten mit viel Stickstoffverbindungen (z. B. Felsen mit Vogelexkrementen).

Schwierigkeiten bereitete das Ermitteln der Temperaturansprüche von *Caloplacomyces elegantis* (Tab. 82 und Abb. 27). Im ersten Versuch war von 0—9° geringe Parietinbildung nachweisbar. Diese Kulturen zeigten Farbe 182 und heller oder mehr gelblich. Mit Zunahme der Temperatur wurde die Parietinbildung reichlicher, die Farbe der Kulturen dunkler orange, bei 12° 181. Bei 15° erschien etwas weissliches Luftmyzel. Sehr unregelmässig war das Wachstum bei 24°, was aus dem grossen mittleren Fehler hervorgeht. Die Extreme der Kulturdurchmesser bewegten sich hier zwischen 3 und 8 mm, was zur Wiederholung des Versuches zwang.

**Tab. 82** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Caloplacomyces elegantis* (Link.) (Stamm 65)

Tempe- ratur	1. Versuch nach 140 Tagen		2. Versuch nach 80 Tagen		3. Versuch nach 110 Tagen	
	Durch- messer	Mittlerer Fehler	Durch- messer	Mittlerer Fehler	Durch- messer	Mittlerer Fehler
° C	mm	±	mm	±	mm	±
0	2,3	0,12	1,0	—	1,0	—
3	3,1	0,16	1,0	—	1,6	0,24
6	3,8	0,13	1,5	0,18	2,2	0,23
9	4,7	0,17	2,4	0,21	3,4	0,47
12	4,4	0,19	2,5	0,37	3,5	0,34
15	5,3	0,24	3,1	0,26	4,3	0,39
18	4,6	0,39	3,9	0,38	4,8	0,39
21	4,0	0,28	3,7	—	2,6	0,40
24	4,7	0,87	2,0	—	2,4	0,32
27	tot	—	tot	—	tot	—

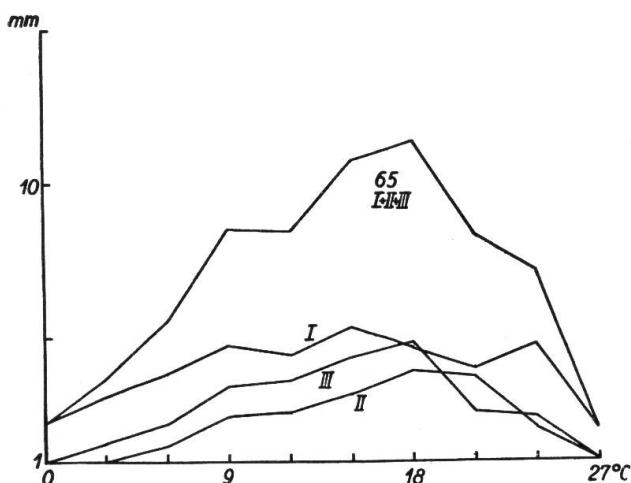


Abb. 27  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei :  
*Caloplacomyces elegantis*  
(Link.) (Stamm 65), Versuch I nach 140 Tagen, Versuch II nach 80 Tagen, Versuch III nach 110 Tagen und Additionskurve der drei Versuche.

Im zweiten Versuch bildete sich schon bei 9° etwas Luftmyzel; im übrigen bestätigten sich die Angaben. Die Kulturhöhe stieg auch jetzt nicht über 3,5 mm. Bei 21° sind jedoch nur 3 Kulturen gewachsen, bei 24° nur 4, weshalb ich auf die Berechnung des mittleren Fehlers verzichtete.

Erst der dritte Versuch beseitigte die letzten Unklarheiten über das Wuchsvermögen bei höheren Temperaturen. Es ist eine Eigenart von *Caloplacomyces*, dass die Impfstücke bei höheren Temperaturen nur schwer anwachsen.

### 30. *Icmadophila ericetorum* (L.) A. Zahlbr. (Flechten 14, 17, 22, 25, 28)

#### a) Herkunft der untersuchten Flechten.

Die Flechte 17 sammelte ich ob Steinen auf zirka 600 m ü. M. als Überzug faulenden Holzes, die Flechte 22 im gleichen Walde etwa 50 m höher gelegen. Flechte 14 brachte Fr. Dr. H. Raths von der Wengernalp (1900 m ü. M.); Flechte 25 fand ich bei Celerina (1800 m ü. M.) und Flechte 28 am Rinderweidhorn (zirka 1300 m ü. M.).

#### b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes: *Icmadophilomyces* schleuderte reichlich Askosporen, die fast frei waren von mitgerissenen Bakterien. Dagegen beobachtete ich nach einiger Zeit bei den nach der Petrischalenmethode auf Agar geschleuderten Sporen einzelne grüne Algenkolonien. Es waren sehr schlanke *Coccomyxa*-Algen; wie sich später herausstellte, sind sie identisch mit den Flechtenalgen. Die meisten Askosporen waren allerdings frei von solchen Algen, weshalb ich leicht Pilzreinkulturen erhielt. Auch für einen Flechtenpilz wuchs *Icmadophilomyces* sehr langsam.

Bei *Icmadophila* reissen also in einzelnen Fällen die ausgeschleuderten Pilzsporen Flechtenalgen mit sich. Für diese Flechte ist die Erscheinung zwar neu; sie ist jedoch bekannt von *Endocarpon pusillum*.

S t a h l (1877) hat auf Apothezienschnitten erstmals innerhalb des Hymeniums kleinere Algen gefunden als die eigentlichen Flechtenalgen und nannte sie Hymenalgonidien. Nach S t a h l reissen die ausgeschleuderten Askosporen bei den genannten Flechten regelmässig Hymenalalgen mit sich. Anfänge für einen ähnlichen Mechanismus müssen bei *Icmadophila* vorhanden sein.

*b<sub>2</sub>)* Der Flechtenalge : Von den Algen jeder Flechte wurden Einzellkulturen angelegt. Von je 20 Zellen wuchsen 5—12 Reinkulturen, die unter sich gleich aussahen. Bei diesen kleinen, schlanken Zellen handelt es sich um eine von J a a g (1933) beschriebene *Coccomyxa*-alge, die *Coccomyxa icmadophilae*. Zu prüfen, wie weitgehend unsere Klone mit den Stämmen von J a a g übereinstimmen, geht über den Rahmen dieser Arbeit hinaus. Ein Klon, wir bezeichnen ihn mit 14 L, weicht von diesen Algen in jeder Beziehung ab. Es handelt sich um einen Vertreter der Gattung *Chlorella*. Ob auch diese Alge als Flechtenalge zu bezeichnen ist, kann nur der Syntheseversuch entscheiden.

*c)* Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

*c<sub>1</sub>)* Des Flechtenpilzes : Obschon *Icmadophilomyces* der Pilz einer Krustenflechte ist, wächst er auf allen Nährböden langsam (Tab. 83). Malzagar als Substrat verfärbt er zu Farbe 202. Der Rand der Kulturen erscheint oft in Farbe 196 und dunkler. Luftmyzel tritt nirgends auf.

**Tab. 83** *Icmadophilomyces ericetorum* (L.) (Stamm 17)  
Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	9,3	0,57	4	211
Pepton . . . . .	5,2	0,35	2	200
Glukose . . . . .	4,0	0,41	2	200
½ Knop . . . . .	4,8	0,58	1,5	200

Unabhängig von der Temperatur (Tab. 84 und Abb. 28) gilt als Farbe der Kulturen orange 199 und 200. Die Kulturhöhe ist unregelmässig, ebenso die knöllchenartige Form. *Icmadophilomyces* hat das niedrige Temperaturmaximum von 21° (bzw. wenig mehr). Nur um 3° tiefer liegt das Wachstumsoptimum. Die Wachstumskurve fällt deshalb nach rechts steil ab. Die Wachstumsfähigkeit des Pilzes gehört zu den geringsten, die wir kennen. All dies sind typische Eigenschaften eines Flechtenpilzes.

**Tab. 84** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Komponenten von *Icmadophila ericetorum*

Temperatur	<i>Icmadophilomyces ericetorum</i> (L.) (Stamm 17) nach 120 Tagen			<i>Chlorella</i> (Klon 14 L) nach 90 Tagen		
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe
° C	mm	±	mm	mm	±	mm
0	1	—	1	0,5	—	0,5
3	1	—	1,5	1,2	0,10	1
6	1,5	0,11	2	2,1	0,09	1
9	1,7	0,10	3	3,0	0,29	1,5
12	2,1	0,15	4	3,4	0,25	1,5
15	2,8	0,19	4	4,2	0,29	2
18	3,6	0,23	8	5,1	0,26	2
21	4,9	0,22	5,5	5,4	0,35	2
24	tot	—	—	5,0	0,31	2
27	—	—	—	tot	—	—

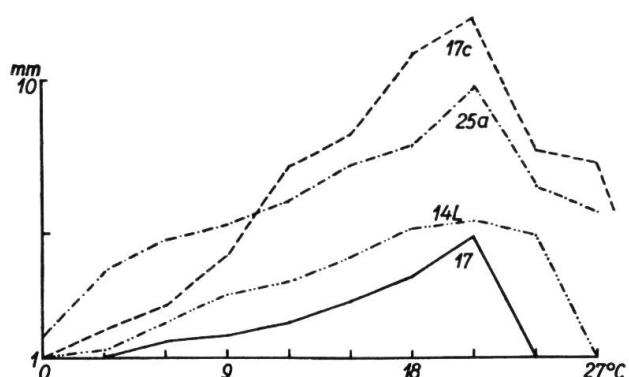


Abb. 28  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei:  
*Icmadophilomyces ericetorum* (L.) (Stamm 17) nach 120 Tagen,  
*Chlorella* (Klon 14 L) aus *Icmadophila ericetorum* nach 90 Tagen,  
*Coccomyxa icmadophilae* (Klone 17 c und 25 a) nach 130 Tagen.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge: Mit *Coccomyxa icmadophilae* hat schon Ja a g (1933) Temperaturversuche gemacht, doch sind die Zahlen für unsere Zwecke zu wenig ausführlich. Immerhin überrascht, dass Ja a g sogar bei 36° ein Algenwachstum beobachtete (1933, S. 114). Unsere beiden untersuchten Stämme (Tab. 85 und Abb. 28) starben bei 30°, ebenso Stamm 22 a in einem hier nicht aufgeführten Versuch.

Bei allen Temperaturen zerfliessen die Kolonien auf dem Agar und haben das Aussehen eines glänzenden Öltropfens. Ihre Farbe bestimmte ich mit 297, doch sind die Kolonien bei 15—24° in der Mitte stets heller, oder es treten hellere Flecken auf. Der Klon 25 a, der in der Natur in einem Gebiet mit tieferer Jahrestemperatur lebte (Fundort 1900 m ü. M.), wuchs im Versuch bei tieferen Temperaturen besser als 17 c. Ob dieser

**Tab. 85** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum von *Coccomyxa icmadophilae* nach 130 Tagen

Temperatur ° C	Klon 17 c			Klon 25 a		
	Durch-messer mm	Mittlerer Fehler	Höhe mm	Durch-messer mm	Mittlerer Fehler	Höhe mm
0	1,0	—	1	1,7	0,09	1
3	1,9	0,12	1	3,8	0,13	1
6	2,7	0,18	1	4,8	0,23	1,5
9	4,3	0,15	1,5	5,3	0,24	2
12	7,1	0,34	2	6,0	0,22	2
15	8,2	0,37	2	7,2	0,38	2
18	10,9	0,36	2	7,8	0,37	2
21	12,0	0,42	2	9,8	0,35	2
24	7,7	0,29	2	6,5	0,29	1,5
27	7,3	0,28	1,5	5,7	0,31	1,5
30	tot	—	—	tot	—	—

Unterschied von Schwankungen des Versuchs herröhrt, oder ob es sich um zwei in dieser Hinsicht streng verschiedene Algenrassen handelt, müsste man noch eingehender prüfen.

Der *Chlorellaklon* (Tab. 84 und Abb. 28) stellt andere Temperaturansprüche als die beiden *Coccomyxaklone*. Das Wachstumsoptimum befindet sich zwar auch bei 21°, das Maximum jedoch unter 27°. Die Koloniefarbe ist unter 15° 297, über 15° 357 und 368; bei diesen Temperaturen ist die Form wärmchenartig mit glänzender Oberfläche.

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 28).

Die Wachstumsfähigkeit steigt bei Flechtenpilz und Flechtenalge vom Nullpunkt an zuerst langsam, dann rascher bis zum Optimum bei 21°. Bei einer um 3° höheren Temperatur vermag der *Icmadophilomyces* nicht mehr zu wachsen, und auch die *Chlorella*-alge hat bald ihre Grenze erreicht. Bei weiterer Temperaturerhöhung um 3° wächst *Coccomyxa icmadophilae* noch so gut wie bei 12°.

Wir sehen somit, dass zwar Flechtenpilz und Flechtenalgen die gleiche optimale Wachstumstemperatur haben, dass aber bei höheren Temperaturen die Algen gegenüber dem Pilz im Vorteil sind. Wenn in der Natur so hohe Temperaturen auftreten (über 21°), ist die Flechte meistens ausgetrocknet und ein Wachstum beider Flechtenbildner ohnehin ausgeschlossen.

**Tab. 86** *Candelariellomyces vitellinae* (Ehrh.) (Stamm 46)  
Wachstum nach 180 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden

Nährboden	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
	mm	±	mm	
Malz . . . . .	7,8	0,22	2	212
Pepton . . . . .	6,9	0,28	1,5	255
Glukose . . . . .	3,7	0,47	3	694
$\frac{1}{3}$ Knop . . . . .	3,6	0,41	1,5	680

*31. Candelariella vitellina* (Ehrh.) Müll. Arg. (Flechte 46)

a) Herkunft der untersuchten Flechte.

Am gleichen Standort wie *Xanthoria* Nr. 43, also südöstlich der Ibergeregg (Schwyz) fand ich diese schwefelgelbe Flechte in einer Höhe von 1500 m ü. M. auf Sandstein. Die Frage, ob der Pilz auch in Reinkultur den gelben Farbstoff hervorbringe, war zur Analyse der Flechte verlockend; ebenso die Frage, ob diese Alge von den Flechtenalgen der denselben Stein bewachsenden Flechten verschieden sei (*Caloplaca* Nr. 44; *Xanthoria* Nr. 43; *Cyphelium* Nr. 48/49, nicht beschrieben, und *Physcia* Nr. 50, nicht beschrieben).

b) Reinkultur der beiden Flechtenbildner.

b<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Mit wenig Schwierigkeit kultivierte ich den Pilz nach der Petrischalenmethode aus Askosporen.

b<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Die Alge erwies sich als schwer kultivierbar. Von 20 in Reagensgläser übertragenen Zellen giediehen nur 4 zu Reinkulturen, die ausserdem nur langsam an Grösse zunahmen. Der Temperaturversuch gab die Erklärung für dieses bei *Cystococcus* ungewohnt schlechte Wachstum.

c) Nahrungs- und Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner.

c<sub>1</sub>) Des Flechtenpilzes : Auf den vier Nährböden verhielt sich der Pilz sehr verschieden (Tab. 86). Ausser Farbe 212 nahm er auf Malzagar die etwas dunklere Farbe 211 an und die etwas hellere 213; mit den gleichen Farben war das Substrat verfärbt, wobei an der Agarooberfläche stellenweise kristallinische Ausscheidungen eines gelben Stoffes auffielen. In Kap. IV, D, 2 beweisen wir, dass es sich dabei um den auch in der natürlichen Flechte gebildeten Stoff Stictaurin handelt. Der Pilz allein vermag also den bisher nur in Flechten gefundenen « Flechtenstoff » zu bilden.

Diese Stictaurinbildung fehlte bei den drei andern Nährböden vollständig, was an den Farben und unter dem Mikroskop zu erkennen ist (Tab. 86).

Als Impfmaterial für den Temperaturversuch (Tab. 87 und Abb. 29) kamen, wie beim Nährstoffversuch, durchwegs junge, kurz vorher aus Sporen gewonnene Myzelstücke zur Verwendung, die alle noch nicht begonnen hatten, Stictaurin zu bilden. So war es möglich, die Abhängigkeit von der Temperatur für die Fähigkeit der Stictaurinbildung zu prüfen. Bei der ersten Ablesung nach 11 Wochen weist keine Kultur unter 15° die Bildung des Flechtenstoffes von Auge sichtbar auf. Als Farbe der Kulturen gilt annähernd 184. Bei 15° sind zu dieser Zeit zwei Kulturen in der Mitte kräftig orange, zwei Kulturen erst wenig gefärbt und sechs Kulturen zeigen wie diejenigen bei den tieferen Temperaturen Farbe 184. Bei 18—24° sind alle Kulturen durch die Stictaurinbildung gelb gefärbt, besonders in der Mitte. Bei 21° hat sich um 4 Kulturen herum sogar auf dem Agar in einem Abstand bis zu 2,5 mm Stictaurin abgeschieden. Die Temperatur optimaler Stictaurinbildung ist deutlich höher als die des optimalen Wachstums.

**Tab. 87** Einfluss der Temperatur auf das Wachstum der Komponenten von *Candelariella vitellina*

Temperatur	<i>Candelariellomyces vitellinae</i> (Ehrh.) (Stamm 46)					<i>Cystococcus</i> (Klon 46 a) nach 110 Tagen		
	nach 70 Tagen		nach 110 Tagen		Durch-messer	Mittlerer Fehler	Höhe	
	Durch-messer	Mittlerer Fehler	Durch-messer	Mittlerer Fehler				
° C	mm	±	mm	±	mm	±	mm	
0	1,2	0,12	1,6	0,11	0,5	—	0,5	
3	1,6	0,10	2,5	0,14	0,7	0,10	0,5	
6	1,9	0,16	3,0	0,17	1,9	0,10	1	
9	2,3	0,21	4,2	0,27	3,3	0,32	1,5	
12	3,2	0,19	6,1	0,23	4,2	0,35	2,5	
15	3,8	0,17	6,7	0,22	6,1	0,45	3,5	
18	4,8	0,19	7,8	0,31	2,0	0,28	1,5	
21	4,5	0,27	5,9	0,29	tot	—	—	
24	2,5	0,24	4,8	0,21	—	—	—	
27	tot	—	—	—	—	—	—	

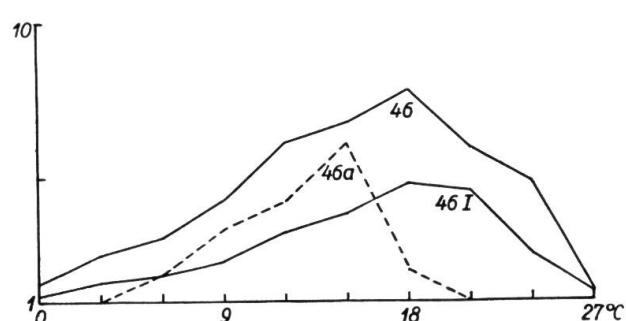


Abb. 29  
Einfluss der Temperatur auf das Wachstum bei:  
*Candelariellomyces vitellinae*  
(Ehrh.) (Stamm 46) nach 70  
Tagen (46 I) und nach 110  
Tagen (46),  
*Cystococcus* (Klon 46 a) aus  
*Candelariella vitellina* nach  
110 Tagen.

Bei der zweiten Ablesung nach weiteren 6 Wochen haben sich die Verhältnisse unwesentlich geändert. Von 0—12° sind die Kulturen weiss bis rosa (184); in der Mitte bildete sich flaumig weisses Luftmyzel. Die Kulturhöhe beträgt bei 6—9° 1,5 mm mit 0,5 mm langem Luftmyzel, bei 12° 2 mm mit 1,5 mm langem Luftmyzel. Bei 15° haben alle Kulturen Stictaurin gebildet, in 2 Kolben so reichlich, dass es sich auf der Agaroberfläche abschied. Auch das spärliche Luftmyzel ist gelb.

Um jede Kultur von 18° ist auf dem Agar stellenweise Stictaurin abgeschieden. Der Pilz bildet wenig Luftmyzel, und dieses ist, wie der ganze Pilzkörper, über und über mit gelben Kriställchen besetzt. Nur ganz wenige Stellen von frisch herausgewachsenem Myzel sind frei von Stictaurin; die Kulturhöhe erreicht 3 mm. Flacher sind die Kulturen bei 21° : 2 mm, teilweise nur 1 mm, und vollständig überdeckt mit Stictaurin, das sich auch rings um jede Kultur auf dem Agar ausgeschieden findet bis zu einer Entfernung von 1,5 mm. Bei 24° erscheinen ebenfalls alle Kulturen gelb; 4 von 10 haben auf dem Agar Stictaurin abgeschieden; frisch ausgewachsene Myzelteile sind weiss. Die Kulturhöhe überschreitet nie 1,5 mm. Bei 27° bleiben die Kulturen während den ersten Wochen am Leben, gehen dann aber zugrunde.

Zusammenfassend erkennen wir bei 18° das beste Wachstum des Pilzes. Unterhalb von 18° ist das vertikale Wachstum ausgeprägt, wodurch also bei gleichem Durchmesser die grössere Pilzmasse entsteht als oberhalb von 18°; hier wächst der Pilz mehr in die Breite.

Stictaurinbildung erfolgt bei 15—24°. Bei 18° und bei 21° bildet der *Candelariellomyces* wohl annähernd gleichviel Stictaurin, aber das Verhältnis von Stictaurin zu gewachsenem Pilz ist bei 21° grösser, weil die Pilzmasse dort wesentlich kleiner ist. Das Ergebnis der ersten Ablesung bestätigend erkennen wir : die günstigste Temperatur für die Stictaurinbildung liegt um zirka 3° höher als die günstigste Temperatur für das Wachstum.

c<sub>2</sub>) Der Flechtenalge : Dieser Temperaturversuch (Tab. 87 und Abb. 29) liess verstehen, wieso die Alge bei Zimmertemperatur so schwierig zu kultivieren war : die Temperaturen sind zu hoch. Es wäre interessant zu erfahren, ob sich in derselben Flechte bei tiefer gelegenen Fundorten Algen finden mit höherem Wachstumsoptimum und -maximum. Die Flechte kommt auch in der Gegend von Zürich häufig vor (410 m ü. M.).

Bei allen Temperaturen sehen sich Farbe und Form der Kolonien ähnlich. Die Farbe bestimmte ich mit 371; die Kolonieform ist unregelmässig.

d) Vergleich der Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner (Abb. 29).

Das Wachstumsoptimum des Pilzes liegt um 3°, das Wachstumsmaximum um 6° höher als das der Alge. Der Pilz ist bei allen Temperaturen oberhalb von 18° der Alge gegenüber im Vorteil. In der Natur dürfte er diesen Vorteil kaum ausnützen können, weil die Flechte nur auf Steinen gedeiht; Steine sind aber in unserer Gegend bei Temperaturen über 18° meist nur kurze Zeit feucht. Sie trocknen nach sommerlichen Regenfällen rasch und lassen den Flechtenbildnern keine Zeit zum Wachsen.

### 32. Einige weitere kultivierte Flechtenpilze

Ausser den beschriebenen Flechtenpilzen wurde eine weitere Anzahl kultiviert ohne eine Bearbeitung; da es wissenswert ist, dass sie auf Malzagar wachsen, zählen wir sie kurz auf :

*Cypheliomyces* (Th. Fr.) spec., Stamm 49, von der Ibergeregg.

*Allarthoniomyces patellulatae* (Nyl.), Stamm 124, aus Uppsala.

*Roccellomyces fuciformis* (DC.), Stamm 137, Griscione, Korsika, keine Reinkultur.

*Catillariomyces Ehrhartianae* (Ach.), Stamm 124, Uppsala.

*Cladoniomyces cocciferae* f. *pleurotae* (Floerk.), Stamm 89, ob Wangs.

*Cl. furcatae* f. *pinnatae* (Wain.), Stamm 90, ob Wangs.

*Cl. fimbriatae* (L.), s. str., Stamm 91, ob Wangs.

*Ramalinomyces fraxineae* (Ach.), Stamm 106, Uppsala.

*Phlyctidomyces agelaeae* (Ach.), Stamm 128, Uppsala.

*Usneomyces floridae* (L.), Stamm 70, ob Wangs.

*Caloplacomyces ferrugineae* (Huds.), Stamm 104, Uppsala.

*Caloplacomyces pyraceae* (Ach.), Stamm 107, Uppsala.

*Caloplacomyces aurantiacae* (Lghtf.), Stamm 108, Uppsala.

*X. fallacis* (Hepp), Stamm 99, Uppsala.

*Buellomyces punctiformis* (Hoffm.), Stamm 121, Uppsala.

*Cetrariomyces islandicae* (L.), Stamm 120, Uppsala.

Trotz vieler Versuche mit verschiedenen *Peltigeromyces*-Arten gelang es mir ebensowenig wie Werner (1927), einen Stamm dieser Gattung zu kultivieren. Die Sporen keimen in Nährlösung; auf Agar gehen sie zugrunde.

# Kapitel III

## Vergleichender Überblick zu den Untersuchungen kultivierter Flechtenbildner

### A. Nährstoffansprüche der Flechtenbildner

#### 1. Nährstoffansprüche der untersuchten Flechtenpilze

Es besteht die Möglichkeit, die untersuchten Flechtenpilze zu gruppieren nach den « Flechtenfamilien », aus deren Vertreter sie isoliert wurden. Weil aber solche Familien nicht natürliche, sondern künstliche Gruppen darstellen, vergleichen wir die Flechtenpilze der verschiedenen Gattungen unvoreingenommen unter sich und miteinander (Tab. 88 und 89).

a) *Baeomycomyces* : Die Nährstoffansprüche der untersuchten Pilze sind sehr ähnlich. Für beide ist die Kombination Zucker- und Stickstoffnahrung in Form von Malzagar viel günstiger als Stickstoffnahrung allein (in Form von Pepton) oder Zuckernahrung allein (in Form von Glukose). Auf Glukoseagar wachsen die Pilze nur wenig besser als auf Knopagar ohne weitere organische Zusätze, wobei die Kulturen von *B. byssoidis* auf Glukoseagar aber doppelt so hoch sind. *Baeomycomyces* vermag also dem reinen Agar gut Nährstoffe zu entziehen. Auffallend unterscheiden sich die beiden Stämme in ihrem Wachstum auf Malzagar; *B. byssoidis* wächst um einen Viertel besser als *B. roseus* (bei Beobachtung der verschiedenen Höhen). Man kann also die beiden Stämme in Kultur gut voneinander unterscheiden, obschon im ganzen ihre Nährstoffansprüche ähnlich sind.

b) *Cladoniomyces* : Mit einer Ausnahme wachsen alle 12 Stämme am besten auf Malzagar. Um einen Drittel geringer bis halb so gut ist das Wachstum auf Peptonagar, also ohne Zuckernahrung. Weiter nimmt die Wuchsfähigkeit um etwa die Hälfte ab auf Glukoseagar und Knopagar. Glukoseagar allein vermag das Wachstum von *Cladoniomyces* kaum zu fördern, und dem Agar kann er nur mühsam Nährstoffe entziehen.

Die drei *Cladoniomyces digitatae*-Stämme sind wohl miteinander identisch. Ein vor kurzem kultivierter Stamm von *C. cocciferae f. pleu-*

**Tab. 88** Wachstum der untersuchten Flechtenpilze nach 180 Tagen  
in Abhängigkeit vom Nährboden.

Untersuchter Flechtenpilzstamm	Nährboden							
	Malz		Pepton		Glukose		$\frac{1}{3}$ Knop	
	Durch- messe	Höhe	Durch- messer	Höhe	Durch- messer	Höhe	Durch- messer	Höhe
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
<i>Baeomycomyces byssoid.</i> 27 .	22,6	5	12,0	5	10,4	4	10,8	1,5
<i>B. rosei</i> 52 . . . . .	18,6	2	12,5	2,5	10,2	2	12,1	2
<i>Cladoniomyces digit.</i> 18 . .	17,0	5	6,2	2	3,7	2	3,0	1,5
<i>C. digitatae</i> 30 . . . . .	16,8	4,5	6,7	1,5	4,2	1,5	2,5	1
<i>C. digitatae</i> 67 . . . . .	17,3	5	5,9	2	3,8	2	2,7	2
<i>C. squamosae</i> 34 . . . . .	12,2	5	7,8	2	2,6	1,5	4,1	1
<i>C. pyxidatae f. chlor.</i> 15 . .	15,1	4,5	5,4	2	3,8	2	3,0	2
<i>C. pyxidatae f. chlor.</i> 20 . .	16,2	5	8,2	2,5	6,0	3	4,6	1,5
<i>C. pyxidatae f. chlor.</i> 37 . .	9,4	3	10,2	3,5	5,1	2	3,6	2
<i>C. pyxidatae f. chlor.</i> 39 . .	13,1	5	5,2	2	2,8	2	2,4	1,5
<i>C. pyxidatae f. chlor.</i> 41 . .	12,6	3,5	6,2	3	4,7	2	3,6	1,5
<i>C. fimbriatae v. apolept. f. ochrochlorae</i> 12 . . . . .	10,4	3	5,8	5	4,0	2,5	3,3	2
<i>C. fimb. v. ap. f. och.</i> 32 . .	14,8	5,5	7,5	2	4,8	1,5	5,0	1
<i>C. fimb. v. ap. f. och.</i> 35 . .	12,6	6	7,5	2	2,8	2	2,9	1,5
<i>Stereocaulomyces paschalis</i> 26	11,2	4,5	8,6	2,5	9,1	3	10,3	2,5
<i>Physciomyces pulv.</i> 63 . . .	7,9	4	1,7	1	4,2	4	1,0	1
<i>Anaptychiomyces cil.</i> 71 . .	9,2	5	— *)	— *)	4,3	3	1,8	1
<i>Xanthoriomyces par.</i> 43 . .	6,2	3	1,8	1	5,6	4,5	1,0	1
<i>X. parietinae</i> 59 . . . . .	5,6	4	2,1	1	3,2	2	1,0	1
<i>X. parietinae</i> 60 . . . . .	7,1	3,5	2,3	1	3,4	1,5	1,0	1
<i>Caloplacomycetes mur.</i> 44 . .	7,2	3	3,3	2	4,8	3	3,9	2
<i>C. murorum</i> 66 . . . . .	4,8	2	3,1	2	6,3	3	5,2	2
<i>C. cerinae</i> 61 . . . . .	8,5	5	7,9	2	4,2	1,5	4,5	1,5
<i>C. elegantis</i> 65 . . . . .	4,9	3	3,0	1,5	3,2	2	3,2	1
<i>Icmadophilomyces er.</i> 17 . .	9,3	4	5,2	2	4,0	2	4,8	1,5
<i>Candeliariellomyces vitellinae</i> 46 . . . . . . . . .	7,8	2	6,9	1,5	3,7	3	3,6	1,5

\*) Bedeutet verunglückt.

**Tab. 89** Wachstum der untersuchten Flechtenbildner in Abhängigkeit vom Nährboden. Die Basiszahl bedeutet die Anzahl Stämme bzw. Klone mit bestem (== Exponent I), zweitbestem (== Exponent II) usw. Wachstum

Flechtenbildner	Malz	Pepton	Pepton-Glukose	Glukose	$\frac{1}{3}$ Knop
<i>Baeomyces</i> . . . . .	2 <sup>I</sup>	—	—	2 <sup>IV</sup>	2 <sup>III</sup>
<i>Cladoniomyces</i> . . . . .	11 <sup>I</sup> ; 1 <sup>II</sup>	11 <sup>I</sup> ; 11 <sup>II</sup>	—	9 <sup>III</sup> ; 3 <sup>IV</sup>	3 <sup>III</sup> ; 9 <sup>IV</sup>
<i>Stereocaulomyces</i> . . . . .	1 <sup>I</sup>	IV	—	1 <sup>III</sup>	1 <sup>II</sup>
<i>Physciomyces</i> . . . . .	1 <sup>I</sup>	1 <sup>II</sup>	—	1 <sup>II</sup>	1 <sup>IV</sup>
<i>Xanthoriomyces</i> . . . . .	3 <sup>I</sup>	3 <sup>II</sup>	—	3 <sup>II</sup>	3 <sup>IV</sup>
<i>Caloplacomyces</i> . . . . .	3 <sup>I</sup> ; 1 <sup>III</sup>	1 <sup>II</sup> ; 3 <sup>IV</sup>	—	1 <sup>I</sup> ; 2 <sup>II</sup> ; 1 <sup>IV</sup>	1 <sup>II</sup> ; 3 <sup>III</sup>
<i>Icmadophilomyces</i> . . . . .	1 <sup>I</sup>	1 <sup>II</sup>	—	IV	1 <sup>III</sup>
<i>Candelariellomyces</i> . . . . .	1 <sup>I</sup>	1 <sup>II</sup>	—	1 <sup>III</sup>	1 <sup>IV</sup>
<i>Cystoccoccus</i> aus <i>Cladonia</i> . .	1 <sup>I</sup> ; 9 <sup>II</sup> ; 6 <sup>III</sup>	—	15 <sup>I</sup> ; 1 <sup>III</sup>	7 <sup>II</sup> ; 9 <sup>III</sup>	—
<i>Cystoccoccus</i> aus <i>Xanthoria</i> . .	5 <sup>II</sup> ; 1 <sup>III</sup>	4 <sup>IV</sup> ; —	6 <sup>I</sup>	1 <sup>II</sup> ; 5 <sup>III</sup>	—
<i>Cystoccoccus</i> aus <i>Caloplaca</i> . .	1 <sup>I</sup> ; 1 <sup>II</sup>	2 <sup>IV</sup>	1 <sup>I</sup> ; 1 <sup>II</sup>	2 <sup>III</sup>	—
<i>Cystoccoccus</i> , alle 24 Klone . .	2 <sup>I</sup> ; 15 <sup>II</sup> ; 7 <sup>III</sup>	6 <sup>IV</sup> ; —	22 <sup>I</sup> ; 1 <sup>II</sup> ; 1 <sup>III</sup>	8 <sup>II</sup> ; 16 <sup>III</sup>	—

*rotae* unterscheidet sich von diesen. Alle rotfrüchtigen Stämme zeigen zwar viel Ähnlichkeit mit den übrigen *Cladoniomycten*, bilden aber innerhalb der Gattung auch in Kultur eine Sondergruppe durch ihre Substratverfärbung und durch die Abscheidung schwefelgelber Farbstoffe.

c) *Xanthoriomyces*: Die drei Stämme wachsen auf Malzagar am besten und verfärbten ihn in alten Kulturen mit den Farben 141, 156, 157, 161. Glukose allein nährt jedoch den Pilz auf Agar besser als Pepton allein. Das ist auffallend, weil die Flechte *Xanthoria* in der Natur gerne an stickstoffreichen Orten wächst. Agar ohne organischen Zusatz regt den Pilz nicht zum Wachstum an.

d) *Caloplacomyces*: Aus den vier untersuchten Stämmen sind die Nährstoffansprüche von *Caloplacomyces* noch nicht klar ersichtlich; es bedarf weiterer Versuche. Wie bei *Xanthoriomyces* tritt aber auch hier die Neigung hervor zum besten Wachstum auf Malzagar und zum zweitbesten Wachstum auf Glukoseagar. Glukose allein nährt mit Ausnahme von *Caloplacomyces cerinae* diese Pilze besser als Pepton allein. Wie bei *Xanthoria* ist das auffallend, da sich auch die Flechte *Calopla* in der Natur vorzüglich an stickstoffreichen Stellen finden.

#### **Zusammenfassender Vergleich der Nährstoffansprüche der untersuchten Flechtenpilzgattungen**

Eine erste Gruppe von Flechtenpilzen zeigt auf Malzagar das beste Wachstum und bei den geprüften Nährböden das zweitbeste auf Peptonagar. Hierzu gehören *Baeomycomyces*, *Cladoniomyces*, *Icmadophiliomyces* und *Candelariellomyces*. In Vorversuchen waren diese Pilze auch schlecht gewachsen auf Agar mit Saccharose, Maltose, Laktose, Fruktose oder Mannose. Da die Flechten *Baeomyces*, *Cladonia* und *Icmadophila* in der Natur auf anscheinend stickstoffarmen Unterlagen wachsen, können wir das Verhalten ihrer Pilze noch nicht deuten.

Die Verhältnisse für *Candelariella* liegen klar. Diese Flechte findet man in der Natur an stickstoffreichen Stellen sehr häufig, z. B. auf Steinen, wo sich oft Vögel hinsetzen. So machte mich in der Gegend von Uppsala Herr Prof. Dr. E. D u R i e t z darauf aufmerksam, wie die Spitzen von Felsen und Steinen auf offenem Felde fast immer mit *Candelariella* bewachsen sind. Als Krustenflechte ist sie in enger Verbindung mit dem Substrat, und so erklären unsere Versuche das Auftreten der Flechte an diesen bestimmten Standorten. *Candelariellomyces* bedarf in der Natur wie in Kultur reichlicher Stickstoffnahrung; daher wächst der Pilz auf Peptonagar fast gleich gut wie auf Malzagar und daher die Standortsgebundenheit von *Candelariella*.

Eine zweite Gruppe von Flechtenpilzen wächst ebenfalls auf Malzagar am besten, weist jedoch das zweitbeste Wachstum auf bei Glukoseagar. Zu dieser Gruppe gehört *Physciomyces*, (*Anaptychiomyces?*), *Xanthoriomyces* und *Caloplacomyces*. Gleich *Candelariella* wachsen diese Flechten in der Natur an stickstoffreichen Standorten. Es ist deshalb eigenartig, dass nicht auch ihre Pilze in Kultur Stickstoffnahrung bevorzugen. Möglicherweise können die Pilze die vorhandene Stickstoffnahrung nur dann verwenden, wenn gleichzeitig auch genügend Zucker als Nahrung zur Verfügung steht. Innerhalb der Flechte ist das dank der Assimilation der Algen der Fall.

Bei einer dritten Gruppe von Flechtenpilzen lässt sich die Wachstumsfähigkeit der kultivierten Pilze durch Änderung des Nährbodens nicht wesentlich ändern. Obschon ich mit diesen Eigenschaften nur einen Flechtenpilz, *Stereocaulomyces*, fand, verdient die Erscheinung Interesse. *Stereocaulomyces* zeigte auf Knopagar ein ansehnliches Wachstum. Er vermag also dem reinen Agar Stoffe zu entziehen und sich zunutze zu machen. Fügen wir diesem Nährboden nur Pepton zu, so führt dies zu einer Vergiftung des Pilzes und seine Wachstumsfähigkeit nimmt ab; in geringerem Masse trifft dies auch für Glukose zu. Malzagar, eine Vereinigung von Pepton- und Zuckernahrung, steigert die Wachstumskraft des Pilzes nur wenig. Diese Gleichgültigkeit gegenüber guten oder schlechten Nährböden dürfte eine Eigenart sein, die man im Zusammenhang mit der stammesgeschichtlichen Entwicklung solcher Flechtenpilze, ausgehend von rascherwachsenden bis zu den heute vorhandenen lichenisierten Formen erklären muss. Nur dank der Lichenisierung und der damit verbundenen Vorteile konnten sich die Flechtenpilze trotz ihres langsamen Wachstums bis heute halten.

## 2. Nährstoffansprüche der untersuchten Flechtenalgen

In den untersuchten Flechten fanden sich drei Algentyphen. Weil jedoch von *Coccomyxa* und *Chlorella* zu wenige vergleichbare Klone zur Verfügung standen, verzichtete ich bei den Vertretern dieser Gattungen auf die Durchführung von Nährstoffversuchen und bearbeitete nur die *Cystococcus*-algen.

Unter *Cystococcus* Nägeli ist die gleiche Alge verstanden wie von Treboux (1912), Chodat (1913), Petersen (1915), Warén (1920), Jaag (1929) und Rath s (1938), weil Schwendener (1869, Tab. III, 25) als erster die von seinem Lehrer Nägeli beschriebene Alge, die er wohl in Originalpräparaten sah, auch in Flechten fand. Die Klone sind im folgenden nach den Flechten geordnet, aus denen sie stammen (Tab. 90 und 89).

**Tab. 90** Wachstum der untersuchten *Cystococcusalgen* nach 120 Tagen in Abhängigkeit vom Nährboden.

Cystococcus Klon	Isoliert aus Flechte	Nährboden						Glukose		
		Malz		Pepton		Pepton-Glukose		Durch- messer	Höhe	Durch- messer
		Durch- messer	Höhe	Durch- messer	Höhe	Durch- messer	Höhe			
18 e.	<i>Cladonia digit.</i> . . . . .	mm	9,2	mm	—	mm	12,8	mm	7,5	mm
30 b.	<i>C. digitata</i> . . . . .	4,5	9,6	—	—	—	17,4	6	19,0	9,7
31 a.	<i>C. digitata</i> . . . . .	5	12,3	4,5	—	—	19,0	4,5	14,1	6,5
34 a.	<i>C. squamosa</i> . . . . .	4	12,6	2	—	—	23,4	5	23,4	10,9
11 a.	<i>C. pyxidata f. chl.</i> . . . . .	14,5	14,5	—	—	—	—	7	17,5	11,7
15 g.	<i>C. pyx. f. chloroph.</i> . . . . .	10,5	5	—	—	—	17,5	8	—	13,3
16 a.	<i>C. pyx. f. chloroph.</i> . . . . .	17,3	3	—	—	—	—	—	14,6	4,5
21 a.	<i>C. pyx. f. chloroph.</i> . . . . .	14,1	3	—	—	—	—	—	20,1	7
37 a.	<i>C. pyx. f. chloroph.</i> . . . . .	12,6	5	—	—	—	—	—	12,1	19,1
39 a.	<i>C. pyx. f. chloroph.</i> . . . . .	10,4	3	—	—	—	—	—	15,6	8,5
41 a.	<i>C. pyx. f. chloroph.</i> . . . . .	12,0	3,5	—	—	—	—	—	16,3	5
42 a.	<i>C. pyx. f. chloroph.</i> . . . . .	8,0	5,5	—	—	—	—	—	12,1	6,5
12 a.	<i>C. fim. v. ap. f. och.</i> . . . . .	8,7	5	—	—	—	—	—	12,6	7
32 a.	<i>C. fim. v. ap. f. och.</i> . . . . .	7,5	4	—	—	—	—	—	10,8	6
33 a.	<i>C. fim. v. ap. f. och.</i> . . . . .	9,2	5	—	—	—	—	—	15,1	7,5
35 a.	<i>C. fim. v. ap. f. och.</i> . . . . .	10,8	4,5	—	—	—	—	—	15,5	6,5
59 a.	<i>Xanthoria pariet.</i> . . . . .	—	14,6	3	3,4	0,5	—	21,1	6	9,0
73 b.	<i>Xanthoria pariet.</i> . . . . .	—	13,2	3	—	—	17,5	6	23,3	13,6
60 a.	<i>Xanthoria pariet.</i> . . . . .	—	13,2	3	4,1	0,5	—	—	5,5	10,8
43 a.	<i>Xanthoria pariet.</i> . . . . .	—	12,8	2	4,3	0,5	—	15,2	3	11,1
55 a.	<i>Xanthoria pariet.</i> . . . . .	—	15,2	2,5	5,1	0,5	—	23,2	5	11,9
56 a.	<i>Xanthoria pariet.</i> . . . . .	—	14,0	3,5	—	—	—	20,1	5,5	13,0
44 a.	<i>Caloplaca murorum</i> . . . . .	—	13,2	2	4,1	3	—	12,2	3	10,4
61 a.	<i>Caloplaca cerina</i> . . . . .	—	16,4	3,5	4,4	0,5	—	17,6	7	10,2

a) *Cystococcus* aus *Cladonia*: Mit einer Ausnahme wachsen die 16 *Cystococcus*-klone am besten auf Pepton-Glukoseagar. Malzagar ist als Nährboden etwas günstiger als Glukoseagar; in unseren Versuchen war möglicherweise die günstigste Malzkonzentration nicht erreicht. Aus dem Vergleich des Wachstums auf Pepton-Glukoseagar und Glukoseagar erkennt man, dass diese Algen den nötigen Stickstoff leichter organischen Verbindungen entnehmen (Pepton) als anorganischen (Nitrate der Knopschen Nährlösung). Auf Peptonagar erfolgte ebenso wenig wie auf Knopagar ein messbares Wachstum. Die Alge ist ohne genügend Zuckernahrung ausserstande, organische Stickstoffnahrung zu verwerten.

b) *Cystococcus* aus *Xanthoria*: Sämtliche 6 Klone wachsen am besten auf Pepton-Glukoseagar, am zweitbesten mit einer Ausnahme auf Malzagar. Auch diese Klone würden wohl höhere Malzkonzentrationen bevorzugen. Auf Knopagar ist das Wachstum unmessbar gering, dagegen fördert Pepton die Vermehrung der Algen in allerdings geringem Masse. Es bleibt noch zu prüfen, ob die Belichtung für die Verwertung von Pepton bei Zuckermangel einen Einfluss ausübt. Es ist wahrscheinlich, denn nach den Tabellen 90 und 89 verarbeiten diese Algen die organischen Stickstoffverbindungen nur bei genügendem Vorhandensein von Zucker merklich. Im Lichte bilden sie aber selbst Zucker.

c) *Cystococcus* aus *Caloplaca*: Obschon nur die Zahlen zweier untersuchter Klone vorliegen, scheinen sich die für *Cystococcus* aus *Xanthoria* gemachten Bemerkungen zu bestätigen. Auch diese Algen lieben organische Stickstoffnahrung in Verbindung mit Zucker, wachsen aber auch auf Zuckernährböden nur mit Nitratstickstoff gut. Organische Stickstoffnahrung bietet auch ohne Zuckerzusatz einen allerdings geringen Vorteil gegenüber anorganischer.

#### **Zusammenfassender Vergleich der Nährstoffansprüche der untersuchten Gruppen von *Cystococcus*-klonen**

Wie aus den Tabellen 90 und 89 ersichtlich ist, wachsen sämtliche untersuchten *Cystococcus*-klone am besten auf Nährböden, in denen organische Stickstoffnahrung und Zucker vereinigt sind beim Vorhandensein von Mineralsalzen. Für fast alle Klone ist reichliche Pepton- und Zuckerzugabe günstig (Pepton-Glukoseagar mit 1 % Pepton und 2 % Glukose).

Von den drei genannten Gruppen lassen sich die Algen zusammenfassen, die mit Parietin bildenden Pilzen leben in den Flechten *Xanthoria* und *Caloplaca*. Die 26 *Cystococcus*-klone aus *Cladonia* wachsen auf Knopagar gleich schlecht, auch wenn man ihnen Pepton zur Verfügung stellt. Von den *Cystococcus*-klonen aus *Xanthoria* und *Caloplaca*

wachsen 6 von 8 auf Knopagar mit Pepton besser als ohne. Über die daraus sich ergebenden Schlüsse vgl. den folgenden Abschnitt (3).

Die *Cystococcus*-algen aus *Xanthoria* und aus *Caloplaca* lassen sich in keiner Weise gruppenartig voneinander trennen. Das beweisen die Untersuchungen an den Algen von *Xanthoria* 43 und von *Caloplaca* 44. Wie in Kap. II, B, 24 und 25 angegeben, wuchsen beide Flechten auf dem gleichen Stein, wobei *Xanthoria parietina* die *Caloplaca murorum* sogar teilweise überwucherte. Wie sehr es interessierte, ob die beiden Flechten dieselben Algen enthalten, so liessen die Ergebnisse der Temperatur- und Nährstoffversuche mit den beiden Algen (Kap. II, B, 24 und 25) keine sicheren Schlüsse zu. Die Versuche wurden deshalb mit denjenigen Nährböden wiederholt, auf denen die Algen sich am meisten unterschieden, bei den Temperaturen, die die grössten Abweichungen ergeben hatten. Die mittleren Zahlen der Ergebnisse der Versuchsreihen mit je 10 Kulturen beider Klone finden wir auf Tabelle 91. Ergänzend und vergleichend sind dazu einige Bemerkungen nötig.

**Tab. 91** Vergleich zwischen zwei *Cystococcus*-algen aus *Xanthoria parietina* (Flechte 43) und aus *Caloplaca murorum* (Flechte 44). Wachstum nach 180 Tagen bei den unterschiedlichsten Nährböden und Temperaturen

Temperatur	Nährboden	Klon 43 d				Klon 44 c			
		Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
° C		mm	±	mm		mm	±	mm	
6 °	Pepton-Glukose	9,9	0,41	3	372	6,2	0,21	3	401
9 °	Pepton-Glukose	12,0	0,37	3,5	356	8,4	0,18	3	371
12 °	Malz . . .	13,2	0,26	2	371	12,8	0,25	2	371
	Glukose . . .	9,1	0,22	3	421	9,0	0,17	2,5	421
21 °	Malz . . .	15,2	0,46	3	421	13,2	0,34	4	371
	Pepton-Glukose	14,5	0,24	4,5	351	10,5	0,46	3	366

Bei 6° wachsen die Kolonien von 43 d grobtraubig, undeutlich gefeldert. Klon 44 c bildet halbkugelige Kolonien mit einzelnen rundlichen Auswüchsen. Weitere Unterschiede ausser rundlicheren Formen sind geringeres Wachstum und dunklere Farbe als 43 d (Tafel 4, Abb. 1). Gegen

die Mitte hin zeigen die Kolonien von 43 d bei 9° auch Farbe 351, die Kolonien von 44 c auch Farbe 366. Bei beiden Klonen finden wir annähernd gleiche traubige Kolonieformen. Unterschiedlich sind sie in Höhe und Grösse und in der Farbe, die bei 43 d heller ist (Tafel 4, Abb. 2).

Bei 12° sind die Kolonien in Höhe, Grösse und Aussehen zum Verwechseln ähnlich. Erst nach genauem Beobachten erkennt man Formunterschiede : bei 43 d ist auf Malzagar die Oberfläche fast völlig glatt, schildförmig; bei 44 c findet sich eine Andeutung von radialer Faltung, wobei am Rand kleine Auswüchse auftreten. Auch auf Glukoseagar sind die Unterschiede gering. Beide Klone haben in der Koloniemitte kugelige Auswüchse von der Farbe 366; diese Auswüchse sind bei 44 c sichtlich kleiner (Tafel 4, Abb. 3).

Bei 21° sind die Kolonien von 43 d flach, zeigen geringere Höhe und grösseren Durchmesser als 44 c (cf. Tab. 91) und deutliche, radiale Faltung. Die Kolonien von 44 c sind rundlich mit 2—3 mm breiten Auswüchsen am Rand (Tafel 4, Abb. 4).

Wir sehen somit, dass der *Cystococcus*-klon aus *Xanthoria* und der *Cystococcus*-klon aus *Caloplaca* untereinander sehr ähnlich sind. Sorgfältige Spezifitätsversuche lassen jedoch sichere Unterschiede herauschälen.

Die Zellgrösse ist unter dem Mikroskop bei beiden Klonen ähnlich; da wir keine variationsstatistischen Messungen durchführten, verzichteten wir auf eine Benennung der beiden Algen. Nach ihrem Verhalten in Kultur müsste man sie zweifellos zur gleichen Art rechnen, wobei sie als Unterarten voneinander zu trennen wären. Die Alge von *Xanthoria parietina* 43 ist sehr nahe verwandt mit der Alge von *Caloplaca muro-rum* 44; eine Abgrenzung in *Xanthoria*-algen und *Caloplaca*-algen ist also unberechtigt, weil die *Xanthoria*-alge 43 mit der *Caloplaca*-alge 44 näher verwandt ist als mit andern *Xanthoria*-algen.

### 3. Vergleich der Nährstoffansprüche der untersuchten Flechtenbildner

Die Beziehungen der Nährstoffansprüche der beiden Flechtenbildner in der Natur wären leicht verständlich, wenn sich in Kultur nachweisen liesse, dass sie sich in dieser Hinsicht ergänzen. Unsere Versuche zeigen jedoch das Gegenteil. Die untersuchten 25 Flechtenpilzstämme wachsen mit zwei Ausnahmen auf einem Nährboden, in dem organische Stickstoffverbindungen und Zucker vereinigt sind, besser als auf einem blossen Agarboden mit Mineralsalzen, oder mit Mineralsalzen und Zucker oder mit Mineralsalzen und organischen Stickstoffverbindungen. Auf den für Flechtenpilze günstigsten Nährböden wachsen auch sämtliche 24 untersuchten *Cystococcus*-klone am besten (Tab. 89).

Anders liegen die Verhältnisse innerhalb der natürlichen Flechte. Flechtenpilz und Flechtenalge wachsen hier nicht unter optimalen Bedingungen (vgl. Kap. I, A, 4 d; Soredien auf Malzagar). Wie erwähnt, kann man bei den nicht durch Pilze und Bakterien verunreinigten Soredienklümpchen das Verhalten beider Flechtenbildner gut beobachten. Sie trennen sich, was einer Entlichensierung gleichkommt (nach Gäumann mündlich). Durch die günstigen Lebensbedingungen wächst die Soredie nicht zu einer Flechte aus; vielmehr nährt sich der Flechtenpilz nicht mehr von der Flechtenalge, sondern vom leichter zugänglichen Substrat, und die dadurch freiwerdende Flechtenalge vermehrt sich unter den für sie ebenfalls günstigen Verhältnissen rascher. Flechten kommen also nur vor, weil die Flechtenpilze dann nicht unter den günstigsten Lebensbedingungen leben. Die Flechtenpilze wachsen ja, wie die Versuche zeigen, innerhalb der Flechte viel langsamer als unter günstigen Kulturbedingungen.

Die in ihren Nährstoffansprüchen untersuchten Flechtenpilze lassen 3 Gruppen erkennen. In der ersten Gruppe wachsen *Baeomycomyces*, *Cladoniomyces* und *Icmadophilomyces* in der Natur an ganz ähnlichen Standorten; sie bilden Flechten auf faulendem Holz in Wäldern. Der Stictaurin bildende *Candelariellomyces* nimmt eine Sonderstellung ein; die Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften des Pilzes in Kultur und dem Standort in Form der Flechte wurden in Kap. III, A, 1 beachtet.

Zur zweiten Gruppe gehören nach den Nährstoffansprüchen in Kultur die untersuchten Vertreter der Gattungen *Physciomyces*, *Anaptychiomyces*, *Xanthoriomyces* und *Caloplacomyces*. Es kann kein Zufall sein, dass bei dieser Gruppierung wie oben diejenigen Pilze zusammengefasst sind, deren Flechten gleiche Standorte in der Natur haben; die Flechten *Physcia*, *Anaptychia*, *Xanthoria* und *Caloplaca* findet man leicht auf denselben Bäumen.

Der Vertreter der dritten Gruppe, *Stereocaulomyces*, kommt als Flechte auf mineralreichen, trockenen Böden vor. Nur an diesen Orten, wo sonst kaum Pflanzen gedeihen, vermochte sich dieser in Kultur auf allen Nährböden ungefähr gleichwachsende Pilz zu halten.

Somit verlaufen die Nährstoffansprüche der Flechtenpilze in Kultur parallel zum Standort der Flechtenpilze in Flechtenform: Flechtenpilze mit gleichen natürlichen Standorten haben in Kultur ähnliche Nährstoffansprüche.

Analoge Überlegungen drängen sich bei den untersuchten Flechtenalgen auf. Diese *Cystococcus*-klone liessen sich in zwei Gruppen zusammenfassen, den *Cladonia*-algen und den *Xanthoria-Caloplaca*-algen. Bezeichnenderweise wachsen die *Xanthoria-Caloplaca*-algen auf Pepton-

agar ohne Zuckerzusatz besser als die *Cladonia*-algen: die Flechten *Xanthoria* und *Caloplaca* wachsen auch in Natur an Stellen mit viel organischen Stickstoffverbindungen. Demnach ist die eine Gruppe, nämlich die *Cladonia*-algen, gebunden an Standorte auf faulendem Holz im Wald; die andere Gruppe, die *Xanthoria-Caloplaca*-algen, vermag nur auf Bäumen und Steinen usw. zu gedeihen, die reichlich organische Stickstoffverbindungen bieten. Dem Phanerogamen-Ökologen ist die Standortsabhängigkeit für das Vorkommen vieler Pflanzen und Pflanzengruppen eine Selbstverständlichkeit. Eine solche Standortsabhängigkeit ist auch innerhalb von Algengattungen anzunehmen.

Eine zweite Möglichkeit der Gruppenbildung innerhalb der Gattung *Cystococcus* besteht in der engen Spezialisierung des Flechtenpilzes auf die Flechtenalge; z. B. könnten dann dem *Cladoniomyces* nur ganz bestimmte *Cystococcus*-algen als Wirtspflanzen dienen, eben die *Cladonia*-algen. Dadurch wäre der Flechtenpilz auf bestimmte Standorte angewiesen.

J a a g (1929) fand ebenfalls innerhalb der Gattung *Cystococcus* zwei Gruppen von Algen, die *Cladonia*-algen und die *Parmelia*-algen. Der Verfasser spricht von einer « spécificité générique » und meint damit die zweitgenannte Möglichkeit der Gruppenbildung. Das Wort « générique » bezieht sich dann auf den Flechtenpilz, nicht auf die Flechte. Indessen ist diese Spezialisierung von Flechtenpilzen auf ganz bestimmte Algengruppen nicht sicher. Auch die Standortsansprüche der Algen können schuld sein daran, dass eine an gewisse Standorte gebundene Flechtenpilzgattung nur mit ganz bestimmten *Cystococcus*-algen zusammen in der Natur Flechten bildet. Wenn *Cladoniomyces* in der Synthese mit *Cladonia*-algen und z. B. mit *Parmelia*-algen, oder wenn er regelmässig nur mit *Cladonia*-algen eine Flechte bildet, erst dann ist diese Frage entschieden.

## B. Temperaturansprüche der Flechtenbildner

### 1. Temperaturansprüche der untersuchten Flechtenpilze (T a b. 92)

a) *Baeomycomyces*: Von 0—18°, d. h. bis zur günstigsten Wachstumstemperatur, ist der Kurvenverlauf für *B. byssoidis* und *B. rosei* gleich. Scharf unterscheiden sich die beiden Stämme in ihrem Verhalten bei 21°. *Baeomycomyces rosei* wächst bei dieser Temperatur etwas besser als bei 15°, während *B. byssoidis* sein Wachstum fast ganz einstellt (Tafel 3, Abb. 1).

b) *Cladoniomyces*: Von den 16 untersuchten Stämmen wachsen 12 am besten bei 18°; die übrigen 4 Stämme haben ein nur um 3° höheres, bzw. tieferes Wachstumsoptimum. Ein kultivierter *Cladoniomyces* aus

**Tab. 92** Die günstigsten Wachstumstemperaturen der untersuchten Flechtenpilze. Die Zahlen bezeichnen den Pilzstamm

Untersuchte Pilze	Temperatur C°		
	15°	18°	21°
<b>Baeomycomyces</b>			
<i>bysssoidis</i> . . . . .	—	27.	—
<i>rosei</i> . . . . .	—	52.	—
Untersuchte Stämme zusammen	—	2	—
<b>Cladoniomyces</b>			
<i>digitatae</i> . . . . .	—	18. 67. 30. 87.	—
<i>rangiferinae</i> . . . . .	—	92.	—
<i>squamosae</i> . . . . .	—	—	34.
<i>pyxidatae f. chlorophaeae</i> .	15.	20. 37. 39. 41.	—
<i>fimbriatae v. apoleptae f.</i> <i>ochrochlorae</i> . . . . .	—	12. 32.	35.
<i>fimbriatae v. simplicis f. mi-</i> <i>noris</i> . . . . .	88.	—	—
<i>botrytis</i> . . . . .	—	105.	—
Untersuchte Stämme zusammen	2	12	2
<b>Stereocaulomyces</b>			
<i>paschalis</i> . . . . .	26.	—	—
Untersuchte Stämme zusammen	1	—	—
<b>Physciomyces</b>			
<i>pulverulentae</i> . . . . .	63.	—	—
Untersuchte Stämme zusammen	1	—	—
<b>Anaptychiomyces</b>			
<i>ciliaris</i> . . . . .	—	71.	—
Untersuchte Stämme zusammen	—	1	—
<b>Xanthoriomyces</b>			
<i>parietinae</i> . . . . .	—	—	59. 60. 43.
Untersuchte Stämme zusammen	—	—	3
<b>Caloplacomyces</b>			
<i>murorum</i> . . . . .	—	66.	44.
<i>cerinae</i> . . . . .	—	—	54. 61.
<i>elegantis</i> . . . . .	—	65.	—
Untersuchte Stämme zusammen	—	2	3
<b>Icmadophilomyces</b>			
<i>ericetorum</i> . . . . .	—	—	17.
Untersuchte Stämme zusammen	—	—	1
<b>Candelariellomyces</b>			
<i>vitellinae</i> . . . . .	—	46.	—
Untersuchte Stämme zusammen	—	1	—

Korsika konnte leider für diese Zusammenstellung nicht mehr untersucht werden. Da sich jedoch ein Pilz aus Schweden (*C. botrytis*) und 15 Pilze aus verschiedenen schweizerischen Höhenlagen darunter befinden, darf man annehmen, dass das Wachstum von *Cladoniomyces* am günstigsten ist in einem Temperaturbereich von 15—21°. Wie *Cladoniomyces* mit *Cystococcusalgen* zusammen eine einheitliche, an ihren Podeien leichtkenntliche Gruppe von Flechten bildet und wie sich die Nährstoffansprüche und das Aussehen der Kulturformen gleichen, so sind die untersuchten Pilze auch in ihren Temperaturansprüchen ähnlich.

c) *Stereocaulomyces* : Diesem Pilz kam eine Sonderstellung zu unter den Flechtenpilzen infolge seiner Gleichgültigkeit gegenüber verschiedenen Agarnährböden. Diesen Platz nimmt er auch bezüglich der Temperaturansprüche ein, denn man vermag seine Wachstumsfähigkeit durch Verändern der Temperatur nur wenig zu verschieben.

d) *Physciomyces-Anaptychiomyces* : Wiewohl diese beiden Pilze eine voneinander verschiedene günstigste Wachstumstemperatur haben, darf man sie zusammenfassen. Schon seit langem wurden diese beiden Pilze auf Grund ihrer Fruchtkörper in lichenisiertem Zustand als verwandt bezeichnet. Aber auch die Nährstoffansprüche und das Aussehen der Kulturen sind ähnlich. Nun gab der Temperaturversuch für beide Pilze fast gleich verlaufende, eigentümliche Kurven, die sich von den Kurven aller andern bisher untersuchten Flechtenpilze auffallend abheben. Kennzeichnend ist der breite optimale Wachstumsbereich zwischen 9° und 21°. Innerhalb dieser Temperaturspanne wachsen die beiden Pilze fast gleich gut. Es bleibt zu prüfen, ob diese eigenartige Temperaturabhängigkeit des Wachstums für alle *Physciomycetaceen* zutrifft.

e) *Xanthoriomyces-Caloplacomyces*: Wegen ihres lichenisierten Vorkommens auf gleichen Standorten in der Natur, der ähnlichen Nährstoffansprüche und dem fast gleichen Aussehen in Kultur, und wegen der gemeinsamen Fähigkeit, Parietin zu bilden, liegt es nahe, die beiden Pilze zusammen zu besprechen. Ihre Temperaturansprüche rechtfertigen dies. Beide wachsen am besten bei 18—21°. Temperaturen bis 24° können noch günstig sein, doch haben die Pilze anfänglich Schwierigkeiten, indem das Impfstück Gefahr läuft, abzusterben, bevor es auf dem neuen Nährboden auswächst.

Es fragt sich, ob es nicht richtiger wäre, die beiden Pilzgattungen zu vereinen. Ihre Ähnlichkeit in den Kulturversuchen spricht dafür. Auch in lichenisiertem Zustand sind die Pilze nicht immer leicht zu trennen. So lässt sich *Xanthoria lobulata* (Floerk.) B. de Lesd. nur mit Mühe von *Caloplaca* unterscheiden. Es dürfte besonders aufschlussreich

sein, ihren Pilz zu züchten und mit verschiedenen *Caloplacomyceten* zu vergleichen.

f) *Icmadophilomyces-Candelariellomyces*: Z a h l b r u c k n e r (1926) stellt die Flechten dieser beiden Pilzgattungen in die Gruppe *Lecanoraceae*. Biologisch weisen die beiden Pilze mancherlei Unterschiede auf. Am auffälligsten ist für *Candelariellomyces* die Stictaurinbildung, während bei *Icmadophilomyces* kein Auftreten von Flechtenstoffen beobachtet wurde. Das Aussehen der Kulturen beider Pilze ist ebenfalls sehr verschieden. *Icmadophilomyces* sieht auf allen Nährböden ähnlich aus; *Candelariellomyces* verändert seine Form und Farbe in Abhängigkeit vom Nährboden.

Die Temperaturansprüche der beiden Pilze lassen keine Übereinstimmung erkennen. Die günstigste Wachstumstemperatur liegt für *Candelariellomyces* um 3° höher, und der Verlauf der beiden Kurven zeigt wenig Ähnlichkeit. Die Gruppe der *Lecanoromycetaceen* ist vielleicht aufzuspalten.

#### **Zusammenfassender Vergleich der Temperaturansprüche der untersuchten Flechtenpilze**

Genaue Temperaturversuche mit Flechtenpilzen fehlten, und man war sich über die günstigsten Wachstumstemperaturen der Flechtenpilze im unklaren. Unsere Versuche können diese Frage erst für einige Gruppen entscheiden.

Bei 27° oder bei einer um wenig höheren Temperatur stellen alle untersuchten 31 Stämme ihr Wachstum ein und sterben auf den feuchten Agarböden ab. Am besten wachsen sie bei Temperaturen von 21 bis 15°. Doch zeigen die meisten Pilze auch bei 12—9° noch ein ansehnliches Wachstum bis hinunter zu tieferen Temperaturen.

#### *2. Temperaturansprüche der untersuchten Flechtenalgen (Tab. 93)*

a) *Chlorella* aus *Baeomyces* und *Icmadophila*: Beide Algen gedeihen bei 24° noch auffallend gut und unterscheiden sich in ihrer günstigsten Wachstumstemperatur nur wenig; sie wachsen bei 18—21° am besten. Die Klone haben auch im Aussehen ihrer Kolonien viel Ähnlichkeit.

b) *Coccomyxa* aus *Baeomyces* und *Icmadophila*: Der Klon aus *Baeomyces* stirbt schon bei 24°; die *Icmadophila*-alge vermehrt sich noch bei 27°. Entsprechend liegt auch ihre günstigste Wachstumstemperatur um 3° höher. Wie die Temperaturansprüche der beiden Algen verschieden sind, unterscheidet man sie leicht auch an ihrer Form. Die Zellen der *Icmadophila*-alge sind länglich, schlank; die Zellen der *Baeomyces*-

**Tab. 93**

Die günstigsten Wachstumstemperaturen der untersuchten Flechtenalgen.  
Die Zahlen bezeichnen den Algenkton.

Untersuchte Algen	Temperatur C°				
	12°	15°	18°	21°	24°
<b><i>Chlorella</i> aus</b>					
<i>Baeomyces roseus</i> . . . . .	—	—	—	—	—
<i>Icmadophila ericetorum</i> . . . .	—	—	—	—	—
Untersuchte Klone zusammen .	—	—	—	—	—
<b><i>Coccomyxa</i> aus</b>					
<i>Baeomyces byssoides</i> . . . . .	—	—	—	—	—
<i>Icmadophila ericetorum</i> . . . .	—	—	—	—	—
Untersuchte Klone zusammen .	—	—	—	—	—
<b><i>Cystococcus</i> aus</b>					
<i>Cladonia digitata</i> . . . . .	—	—	—	—	—
<i>Cl. rangiferina</i> . . . . .	—	—	—	—	—
<i>Cl. squamosa</i> . . . . .	—	—	—	—	—
<i>Cl. pyridata f. chlorophaea</i> . .	—	—	—	—	—
<i>Cl. fimbriata v. apolepta f.</i> <i>ochrochlora</i> . . . . .	—	—	—	—	—
<i>Cl. fimbriata v. simplex f. minor</i>	88 a.	—	—	—	—
<i>Stereocaulon paschale</i> . . . . .	—	—	—	—	—
<i>Physcia pulvrlenata</i> . . . . .	—	—	—	—	—
<i>Xanthoria parietina</i> . . . . .	59 a. 73 b. 55 a.	—	—	—	—
<i>Caloplaca murorum</i> . . . . .	—	—	—	—	—
<i>C. cerina</i> . . . . .	—	—	—	—	—
<i>Candelariella vitellina</i> . . . . .	—	—	—	—	—
Untersuchte Klone zusammen .	4	—	—	—	—

alge rundlich, oval. Jedenfalls gehören die beiden Algen zu verschiedenen Gruppen innerhalb der Gattung *Coccomyxa*.

c) *Cystococcus* aus *Cladonia*: Von den untersuchten 21 Klonen wachsen 19 am besten bei 18—21°. Klon 88 a scheint durch sein tieferes Wachstumsoptimum eine Ausnahme zu bilden; weil er aber bei 21° noch sehr gut wächst, dürfte hier irgendein Versuchsfehler mitspielen. Die günstigste Wachstumstemperatur liegt also für alle untersuchten *Cladonia*-algen nahe bei 20°, d. h. etwas höher als Zimmertemperatur.

Die einzigen Temperaturversuche, die bisher für die Flechtenalgen von *Cladonia* vorliegen, stammen von Jaag (1929 und 1929 a). Der Verfasser fand (1929 a, S. 151): « Die hohen Temperaturen von 29° und 23° verhinderten jegliche Entwicklung sämtlicher Gonidienarten : bei 5° dagegen vermehrten sich alle Arten ohne Ausnahme und ergaben die vollkommensten Kulturen, die ich je erhielt. » ... « So zeigt sich unzweideutig, dass die Gonidien der untersuchten Flechten sich in relativ tiefen Temperaturen am ausgiebigsten vermehren. » 1929 (S. 122) lesen wir : « Les gonidies que nous avons étudiées sont aussi susceptibles d'un très beau développement à des températures relativement basses; faut-il dès lors penser que ce résultat pourrait s'appliquer à toutes les catégories de lichens ? » Tab. 93 verneint diese Frage.

Nachdem die Ergebnisse von Jaag von den meinen stark abweichen, ist dies weniger auf den Umstand zurückzuführen, dass der Verfasser für seine Versuche nur 4 Klonen von *Cladonia*-algen verwendete, als auf die Tatsache, dass er in seinen Versuchsserien nur die extremen Temperaturen von 1°, 5°, 23° und 29° berücksichtigen konnte (1929, S. 80 f.). Die Temperaturen mit dem günstigsten Wachstum fielen weg. Bei 24° zeigten die meisten meiner Klonen ein erhebliches Wachstum, einer sogar optimales.

d) *Cystococcus* aus *Stereocaulon*: Dieser Klon weicht von den andern *Cystococcus*-algen ab durch sein ungewohnt rasches Wachstum bei den optimalen Temperaturen, besonders bei 12—24°.

e) *Cystococcus* aus *Physcia*, *Xanthoria*, *Caloplaca* und *Candelariella*: Für diese Gruppe von Flechtenalgen liegt das günstigste Wachstum bei rund 6° tieferen Temperaturen als für die *Cladonia*-algen, also bei 12—15°. Im übrigen zeigen sich bei diesen Algen in ihrem Verhalten bei den verschiedenen Temperaturen Unterschiede. *Caloplaca*-algen und *Xanthoria*-algen können gleich wie in ihren Nährstoffansprüchen auch in ihren Temperaturansprüchen fast vollständig übereinstimmen. So ist der Klon 43 a (aus *Xanthoria parietina*) in seinen Temperaturansprüchen dem Klon 44 a (aus *Caloplaca murorum*) ähnlicher als allen geprüften *Xanthoria*-algen.

Der *Cystococcus* aus *Candelariella* fiel auf wegen seines niedrigen Temperaturmaximums. Schon bei 21° stirbt die Alge ab und wächst bei 18° nur mühsam. Der *Cystococcus* aus *Physcia* zeigte neben den *Xanthoria*-algen keine Besonderheiten.

#### **Zusammenfassender Vergleich der Temperaturansprüche der untersuchten Flechtenalgen**

Als günstigster Temperaturbereich für das Wachstum der 39 untersuchten Klone von Flechtenalgen gelten Temperaturen von 12—21°. Die obere Wachstumsgrenze lag bei 24—30°.

#### *3. Vergleich der Temperaturansprüche der untersuchten Flechtenbildner (Tab. 94)*

Um zu wissen, in welcher Weise das Wachstum einer Flechte von der Temperatur abhängig ist, genügt es nicht, die Temperaturabhängigkeit für das Wachstum des einen Flechtenbildners zu kennen. Wie bei *Xanthoria* und *Caloplaca* deutlich wird, kann man so leicht auf falsche Schlüsse verfallen. Deshalb wurden bei allen analysierten Flechten möglich der Flechtenpilz und die Flechtenalge auf die Abhängigkeit des Wachstums von der Temperatur untersucht.

a) *Baeomyces*: In beiden untersuchten Flechten haben Flechtenpilz und Flechtenalge genau die gleiche optimale Temperatur. Auch der Kurvenverlauf deckt sich bei beiden Flechten für die Flechtenbildner. Diese Übereinstimmung geht soweit, dass der Pilz mit dem höheren Wachstumsmaximum in der Natur zusammen mit der Alge mit dem höheren Wachstumsmaximum eine Flechte bildete. *Baeomycomyces byssoides* mit der niedrigeren maximalen Wachstumstemperatur lebte mit einer *Coccomyxa* mit übereinstimmender maximaler Wachstumstemperatur in einer Flechte.

*Baeomycomyces* hat somit den Vorteil, dass auch die Wirtsalge sich rascher vermehrt, wenn die Temperatur für sein Wachstum günstig ist. So ist keine Gefahr vorhanden, dass *Baeomycomyces* seine Wirtspflanze erdrückt und sich die Nahrungsquelle abschneidet.

Wenn Flechtenpilz und Flechtenalge gleiche Temperaturansprüche haben, ist ihr Zusammenleben am leichtesten verständlich. Dann kann ein einmal erreichtes Gleichgewicht zwischen Flechtenpilz und Wirtspflanze bei allen Temperaturen erhalten bleiben. Falls jedoch bei irgend einer Temperatur der eine Flechtenbildner erheblich besser wächst, dann muss die Flechte auseinanderfallen; entweder erwürgt der Flechtenpilz die Wirtsalge, oder die Wirtsalge befreit sich durch rascheres Wachstum aus dem Flechtenverband und wird freilebend.

**Tab. 94** Vergleich der günstigsten Wachstumstemperaturen der untersuchten Flechtempilze mit den günstigsten Wachstumstemperaturen ihrer Algen. Die Zahlen mit Buchstaben bezeichnen die Algenklone; die eingeklammerten Zahlen sind die Temperaturopima der Pilze

Untersuchter Flechtenpilzstamm	Das Temperaturopimum der Algen ist gegenüber dem Temperaturopimum der Pilze							
	9°	um C° tiefer	6°	3°	gleich	um C° höher	6°	9°
<i>Baeomyces byssoid.</i> 27	—	—	—	—	80 a (18°)	—	—	—
<i>B. rosei</i> 52 . . . . .	—	—	—	—	52 a (18°)	—	—	—
<i>Cladoniomyces digit.</i> 18 . . . . .	—	—	—	—	30 a (18°); 31 a	—	—	—
<i>C. digitatae</i> 30 . . . . .	—	—	—	—	87 a (18°)	—	—	—
<i>C. digitatae</i> 87 . . . . .	—	—	—	—	92 d (18°)	—	—	—
<i>C. rangiferinae</i> 92 . . . . .	—	—	—	—	34 a (21°)	—	—	—
<i>C. squamosae</i> 34 . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>C. pyxidatae f. chlor.</i> 15 . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>C. pyxidatae f. chlor.</i> 20 . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>C. pyxidatae f. chlor.</i> 37 . . . . .	—	—	—	—	21 a (18°)	—	—	—
<i>C. pyxidatae f. chlor.</i> 39 . . . . .	—	—	—	—	15 g	—	—	—
<i>C. pyxidatae f. chlor.</i> 41 . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>C. fimbriatae v. apoleptae f.</i> . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>C. fimbriatae v. ochrochlorae</i> 12 . . . . .	—	—	—	—	37 a (18°)	—	—	—
<i>C. fim. v. ap. f. och.</i> 32 . . . . .	—	—	—	—	39 a (18°); 40 a	—	—	—
<i>C. fim. v. ap. f. och.</i> 35 . . . . .	—	—	—	—	41 a (18°)	—	—	—
<i>C. fimbriatae v. simplicis f.</i> . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>C. minoris</i> 88 . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Stereocaulomyces pasc.</i> 26 . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Physciomyces pulver.</i> 63 . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Xanthoriomyces par.</i> 43 . . . . .	55 a (21°); 73 b	43 a (21°); 56 a	—	—	58 a (15°)	—	—	—
<i>X. parietinae</i> 59 . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>X. parietinae</i> 60 . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Caloplacomyces muror.</i> 44 . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>C. cerinae</i> 54 . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>C. cerinae</i> 61 . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Icmadophilomyces ericetorum</i> 17 . . . . .	—	—	—	—	61 a (21°)	—	—	—
<i>Candariellomyces vitellinae</i> 46 . . . . .	—	—	—	—	—	17 e (21°); 22 a; 25 a; 14 L	—	—
					46 a (18°)	—	—	—

Die Tatsache, dass viele Flechtenpilze weder zu nicht lichenisierten noch zu anderen lichenisierten Pilzen nahe Verwandtschaft zeigen, führt zur Auffassung, dass die Natur unter den Flechtenpilzen eine strenge Auswahl getroffen hat und nur diejenigen sich bis heute fortpflanzen liess, die dank besonderer Eigenschaften gegen Feinde und Konkurrenten trotzen konnten. So vermochten sich die wenigen heute noch lebenden *Baeomycomyces*-arten nebst anderem wegen ihren mit den Wirtsalgen übereinstimmenden Temperaturansprüchen zu halten, während ihre nächsten, noch nicht lichenisierten Verwandten aus irgendwelchen Gründen ausstarben, vielleicht weil sie keine als Wirtspflanzen geeigneten Algen mit passenden Temperaturansprüchen fanden.

*b) Cladonia*: Da für diese Gruppe die Ergebnisse der Temperaturoversuche mit den Flechtenbildnern von 14 analysierten Flechten vorliegen, ergibt sich ein guter Überblick, obschon einzelne Flechten in den Temperaturansprüchen ihrer Flechtenbildner vom « Normalfall » abweichen. Dieser gewöhnliche, für 9 Flechten (inklusive Flechte 41) zutreffende Fall zeigt das Übereinstimmen der günstigsten Wachstumstemperatur des Flechtenpilzes mit derjenigen der Flechtenalge (Tab. 94). Auch in den 5 übrigen Fällen sind die günstigsten Wachstumstemperaturen der Flechtenalgen gegenüber denen der Flechtenpilze nur um 3° höher oder tiefer, und die Kurven verlaufen bei beiden Flechtenbildnern ähnlich.

Für alle untersuchten *Cladoniomyces*-arten und *Cladonia*-algen liegt das günstigste Wachstum im Temperaturbereich von 12—23°. Falls genügend Feuchtigkeit vorhanden ist, wachsen somit die analysierten *Cladonia*-flechten bei diesen Temperaturen am besten. Wenn man vermutet hat, dass ein Grund für die ausgiebige Verbreitung der Flechten in den nordischen Ländern in den Temperaturansprüchen der Flechtenbildner liege, so sprechen unsere Versuche dagegen. Auch unser *Cladoniomyces botrytis* aus der Gegend von Uppsala wächst ja am besten bei 18°. Gute Beobachtungen in der Natur auswertend, erkennt E. Fries (1831, S. LXXXII) die Bedeutung der Feuchtigkeitsverhältnisse: «Humiditati aëris, nec frigori, et aliarum stirpium defectui debetur insignior Lichenum vegetatio alpina, rore saepe contigue laetificata.» Zu viel Feuchtigkeit bevorteilt rascherwachsende Pilze und Algen vor den Flechtenpilzen und Flechtenalgen, und zu wenig Feuchtigkeit verunmöglicht selbst die Flechtenbildung.

*c) Stereocaulon*: Bei Temperaturen von 12—24° ist die Alge in ihrem Wachstum dem Flechtenpilz weit überlegen. Wahrscheinlich kann aber die Alge diesen Vorteil in der Flechte nie lange ausnützen, weil die Flechte in der Regel nur bei tieferen Temperaturen längere Zeit be-

feuchtet ist. Es ist im Versuch zu prüfen, ob das Gleichgewicht zwischen Flechtenpilz und Flechtenalge gestört wird, wenn man die Flechte längere Zeit befeuchtet bei  $18^{\circ}$  aufbewahrt; die Alge müsste dann durch ihr rascheres Wachstum den Pilz überwuchern und aus der Flechte heraustreten.

*d) Physcia* : Bei der analysierten Flechte haben Flechtenpilz und Flechtenalge die gleiche günstigste Wachstumstemperatur.

*e) Xanthoria* und *Caloplaca* : Die Algen dieser Flechten haben für ihr Wachstum ein um  $3-9^{\circ}$  (hauptsächlich  $6^{\circ}$ ) tieferes Temperaturoptimum als die Pilze. Nachdem 6 Flechten dieser Gruppe von verschiedenen Standorten untersucht sind, scheint die gemachte Beobachtung eine Eigentümlichkeit der beiden Flechten zu sein. Wie mit aller Deutlichkeit aus den einzelnen Temperaturkurven der Flechenbildner hervorgeht, können diese Flechten (mit Ausnahme vielleicht der Flechte 61) bei  $21^{\circ}$  nicht normal wachsen. Alle ihre Pilze wachsen bei dieser Temperatur am günstigsten, die Flechtenalgen sehr schlecht. Bewahren wir also eine *Xanthoria*-flechte während längerer Zeit unter natürlichen Bedingungen befeuchtet bei  $21^{\circ}$  auf, dann muss nach den Versuchen im Flechtengebilde eine Störung eintreten. Das Algenwachstum ist gegenüber dem Pilzwachstum zu gering, so dass der Pilz den Algenbestand gefährdet. Dieser Versuch dürfte nicht nur hinsichtlich der Biologie der Flechten, sondern auch für Synthesen aufschlussreich sein.

*f) Icmadophila* : Bei *Icmadophila* stimmen die Temperaturansprüche sämtlicher Flechtenalgen mit den Temperaturansprüchen des Flechtenpilzes überein, in ihrem Temperaturoptimum wie im ganzen Kurvenverlauf. Wir fanden bisher keine andere Flechte, bei der die günstigste Wachstumstemperatur beider Flechenbildner so hoch, nämlich bei  $21^{\circ}$ , lag. Da *Icmadophilomyces* sehr langsam wächst, scheint es besonders wichtig, dass seine Temperaturansprüche mit denen der Wirtsalge gut übereinstimmen; sonst ist eine Flechtenbildung unwahrscheinlich.

*g) Candelariella* : Hinsichtlich der Temperaturansprüche der beiden Flechenbildner gehört *Candelariella* in die Gruppe der Flechten *Xanthoria-Caloplaca*. Auch hier liegt nicht nur das Wachstumsoptimum des Pilzes höher als bei der Alge, sondern der Pilz vermag bei um  $6^{\circ}$  höheren Temperaturen noch zu wachsen. Wenn man die untersuchte *Candelariella* unter natürlichen Bedingungen für längere Zeit zu einer Temperatur von  $21^{\circ}$  brächte, müsste ebenfalls eine Zerstörung des Flechtengebildes auftreten, weil die Alge sich nicht mehr vermehren kann, wogegen der Pilz noch kräftig wächst und die Algen abtöten würde.

Man kann sich fragen, warum Flechten, deren Flechtenbildner bei gewissen Temperaturen erheblich verschieden schnell wachsen, in der Natur nicht auseinanderfallen. Es ist anzunehmen, dass solche Flechten bei diesen Temperaturen nie längere Zeit befeuchtet sind. Nur wenn genügend Feuchtigkeit vorhanden ist, vermögen die Flechtenbildner zu wachsen. Bei Temperaturen über 18° sind aber die Flechten *Xanthoria*, *Caloplaca* und *Candelariella* in unsrern Gegenden nie längere Zeit befeuchtet. Die Regenfälle haben meistens tiefere Temperaturen, und bis die Sonne die Temperatur auf 21° erhöht hat, sind diese Flechten infolge ihrer extremen Standorte auf Steinen, Mauern und Baumstämmen bereits ausgetrocknet, wodurch ein Wachstum ausgeschlossen ist. Bis aber durch rascheres Wachstum des einen Flechtenbildners das Gleichgewicht in der Flechte gestört wird, muss die Flechte nicht nur einige Stunden, sondern einige Tage befeuchtet sein, weil ja das Wachstum des betreffenden Flechtenbildners immer noch langsam ist. Die Flechten *Xanthoria*, *Caloplaca* und *Candelariella* sind somit an einen Standort gebunden, der ihnen nicht nur günstige Nahrungsbedingungen, sondern auch ein für sie günstiges Zusammenspiel von Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen bietet.

#### **Zusammenfassender Vergleich der Temperaturansprüche der untersuchten Flechtenbildner**

Bezüglich der Temperaturansprüche der Flechtenbildner sehen wir bei den untersuchten Flechten zwei Gruppen. Für die erste Gruppe, umfassend die Flechten *Xanthoria*, *Caloplaca* und *Candelariella*, wurde auf den Zusammenhang zwischen Temperaturansprüchen und Standort hingewiesen. Auch bei der zweiten Gruppe, zu der die Flechten *Baeomyces*, *Cladonia* und *Icmadophila* gehören, scheinen solche Zusammenhänge zu bestehen. Bei ihnen stimmen die Temperaturansprüche von Flechtenpilz und Flechtenalge gut, zum Teil sogar sehr genau überein. Die drei Flechten haben in der Natur ähnliche Standorte; sie kommen im Wald vor, auf einem Boden, der längere Zeit nass bleibt, wenn er einmal richtig befeuchtet wurde. Wenn also im Sommer ein 15° warmer Regen fällt und die Lufttemperatur im Walde sich auf 21° erhöht, dann sind diese Flechten bald auf die gleiche Temperatur erwärmt und bleiben feucht. Ihr Gleichgewicht erleidet jedoch keine Störung, weil die Temperaturansprüche für Flechtenpilz und Flechtenalge gleich sind.

## Kapitel IV

# Klärung einiger flechtenbiologischer Einzelfragen auf Grund von Versuchen

### A. Untersuchungen über die Spezifität der Thallus- und Podetien-Algen bei *Cladonien*.

Über die Entstehung der Podetien, die bei *Cladonia* am bekanntesten und häufigsten sind, herrschen verschiedene Ansichten. Nach K r a b b e (1882) wachsen diese strauchartigen Auswüchse aus den Thallusschichten « durch Auszweigungen der obersten Rindenfasern » und sind homolog den gestielten Apothezien (1893). B a u r (1904) untersuchte ihre Entstehung an *Cladonia pyxidata* (L.) Fr. und sah ungefähr in der Mitte einer Thallussechuppe eine Gruppe von Hyphen von der Algenschicht aus gegen die Rinde vorwachsen. Dieses Hyphenbündel enthielt gewöhnlich keine Algen. Durch Auseinanderweichen der Hyphen im Zentrum des Podetiums entstand die Bildung eines Hohlraumes, durch rascheres Wachstum der peripheren Teile gegenüber der oberhalb des zentralen Hohlraumes gelegenen Partie eine Becherbildung. Während dieser Entwicklung verschaffte sich das ursprünglich algenlose Podetium nach B a u r eine « Gonidienschicht » durch anliegende Algen und Soredien.

Auch B a c h m a n n (1924) ist der Ansicht, dass die Algen der Podetien von aussen angeflogen kommen und nennt als Beweis dafür eine « Adventivsprossung im Innern eines *Cladonia*-fruchtstiels », die nur darum keine Algen enthalte, weil sie von der Aussenwelt abgeschlossen war. Ob nicht die Algen infolge Lichtmangels vom Pilz unterdrückt waren ?

J a a g (1929) hat sich bei der experimentellen Untersuchung einiger *Cladonia*-algen nur mit den Wirtspflanzen des Horizontalthallus befasst. Die Frage, ob bei *Cladonia* die Algen des laubartigen Thallus identisch seien mit den in den Podetien lebenden und den in Podetien-Soredien vorhandenen Algen, ist also noch nicht geklärt. Rein anatomisch ist sie nicht mit Sicherheit zu entscheiden, weil bekanntlich die in den Flechten gleich aussehenden Algen sich in Kultur oft als verschiedene Arten

erweisen. Hier muss die Einzellkultur zu Hilfe kommen. Nicht nur um bei der Flechtenanalyse mit grösserer Sicherheit Reinkulturen zu erhalten, sondern besonders um diese Verhältnisse zu prüfen, legte ich bei den meisten untersuchten *Cladonien* Einzellkulturen an von Thallusalgen und gleichzeitig von Soredienalgen derjenigen Podetien, die die Sporen für Pilzkulturen geliefert hatten.

Vor den Untersuchungen in Kapitel II prüfte ich in einem Reihenversuch die Thallus- und Podetienalgen von drei *Cladonien* auf ihre Ähnlichkeit. Nr. 12 sind Algenklone aus Podetien von *Cladonia fimbriata v. apolepta f. ochrochlora*; Nr. 13 sind Algenklone aus den Thallusläppchen der gleichen Flechte. Für den Vergleich der beiden Nummern wurden von den ersten 5 Klonen, also von 12 a bis 12 e und von 13 a bis 13 e, je 2 Kulturen angelegt, so dass 10 Stämme in 20 Kulturen zur Prüfung gelangten. Gleich verfuhr ich mit den Klonen 15 a bis 15 e (Soredienalgen aus dem Innern der Apothezienbecher von *Cladonia pyxidata f. chlorophaea*) und 16 a bis 16 e (Thallusschuppen derselben Flechte), ferner mit 20 a bis 20 e (Podetienbecher von *C. pyxidata f. chlorophaea*) und 21 a bis 21 e (Thallus derselben Flechte). Als Nährboden diente Knopsche Nährlösung mit 2 % Glukose und 1,5 % Agar. Die Kulturen wuchsen während 6 Monaten in 400 ccm Erlenmeyerkolben bei einer konstanten Temperatur von 15° im Dunkeln (Thermostat). Das Ergebnis ist in Tab. 95 zusammengestellt. Der Durchmesser stammt von je 10 Kulturen einer Nummer.

**Tab. 95** Vergleich von Podetien- und Thallusalgen bei drei *Cladonien*. Wachstum nach 6 Monaten auf Glukoseagar bei 15°. Dm. = Durchmesser; m. F. = mittlerer Fehler

<i>C. fimbriata v. apolepta f. ochrochlora</i> (Flechte 12/13)				<i>C. pyxidata f. chlorophaea</i> (Flechte 15/16)				<i>C. pyxidata f. chlorophaea</i> (Flechte 20/21)			
Podetien- algen 12 a—e		Thallus- algen 13 a—e		Podetien- algen 15 a—e		Thallus- algen 16 a—e		Podetien- algen 20 a—e		Thallus- algen 21 a—e	
Dm.	m. F.	Dm.	m. F.	Dm.	m. F.	Dm.	m. F.	Dm.	m. F.	Dm.	m. F.
mm 9,4	± 0,56	mm 8,8	± 0,74	mm 12,6	± 0,85	mm 12,9	± 0,91	mm 13,2	± 0,98	mm 13,5	± 1,13

In allen drei Fällen ist die Abweichung der Kulturgrösse der Podetienalgen von derjenigen der Thallusalgen klein und liegt im Bereich des mittleren Fehlers. Aus der Kulturgrösse lassen sich unter den gegebenen Umständen keine Unterschiede herauslesen. Auch Vergleiche

von Höhe, Farbe, Glanz, Oberfläche und Form der Kolonien zeigen bei Podetien und Thallusalgen derselben Flechte keinerlei Ungleichheiten. Bei den untersuchten drei *Cladonien* sind also die verglichenen Podetien- und Thallusalgen identisch. Dass aber Podetien- und Thallusalgen bei der gleichen Flechte auch verschieden sein können, beweisen folgende Beispiele.

Unter den Einzellkulturen von Flechte 15/16 (siehe oben) fiel von Anfang an bei den Podetienalgen ein Klon auf, der weder mit einem andern Klon von Nr. 15, noch mit einem von Nr. 16 übereinstimmt infolge seiner besonderen Form, Farbe und Oberfläche. Der Klon wurde mit 15 g bezeichnet und in allen Versuchen gesondert behandelt. Bei den Nährstoff- und Temperaturversuchen in Kapitel II B, 9. treten die auffälligen Unterschiede an den Tag.

Zu entscheiden war nun, welches die «eigentliche» Flechtenalge sei. Antwort darauf gibt die Zahl der isolierten und gewachsenen Algenzellen der Einzellkulturen. Von 60 aus Podetium und Thallus isolierten Zellen weisen 39 gewachsene Klone unter sich keine Unterschiede auf; der Klon 15 g dagegen fällt aus dem Rahmen. Mit andern Worten ist 15 g in dieser Flechte nur in einer geringen Prozentzahl vorhanden, denn es ist unwahrscheinlich, dass alle nicht gewachsenen Zellen mit 15 g identisch seien.

Es wäre denkbar, dass 15 g für den *Cladoniomyces* ein Nebenwirt ist, oder aber zufälliger Epiphyt auf der *Cladonia*, ohne für die Flechtenbildung eine Bedeutung zu haben. Gegen letztere Möglichkeit spricht der Syntheseversuch. Wie in Kapitel VI dargelegt, vermag nämlich der Pilz 15 mit der Alge 15 g zusammen *Cladoniapodetien* zu bilden. Das Podetium der analysierten *Cladonia pyxidata f. chlorophaea* enthält folglich zweierlei Flechtenalgen, von denen allerdings die eine überwiegt.

Einen zweiten Fall stellt eine *Cladonia coccifera f. pleurota* (L.) Flk. dar, die ich ob Wangs auf zirka 1400 m zwischen Moosen sammelte. Da die Flechte erst vor kurzem analysiert wurde, sind die beiden Flechtenbildner noch nicht bearbeitet und nicht in Kapitel II aufgenommen. Von 20 aus einem Podetium isolierten Algen wuchsen auf den gleichen Nährböden in Reagensgläsern 14 zu Reinkulturen heran, die sich leicht in zwei Gruppen teilen liessen. 5 Klone waren dunkelgrün mit Farbe 371, die übrigen 9 Klone hellgrün mit Farbe 351; die zwei Algen sind unschwer zu unterscheiden. Weil beide Formen häufig auftraten, dürfte keine als Epiphyt zu bezeichnen sein. Syntheseversuche mit beiden Algen könnten den Beweis sichern.

Nach unseren Versuchen sind die Podetien- und Thallusalgen in *Cladonien* in der Regel einheitlich (vgl. auch Kap. II); es kommen aber Ausnahmen vor.

## B. Zur Spezialisierung von Flechtenpilzen auf bestimmte Wirtsalgen

Für die Biologie der Flechten und für die Systematik der Flechtenpilze ist es wichtig zu wissen, ob ein Flechtenpilz in der Natur mit verschiedenen Algenarten Flechten bilden kann. Wenn derselbe Flechtenpilz mit verschiedenen Algenarten verschieden geformte Flechtenthalli bildet, dann darf man die Thallusmerkmale für die Beschreibung des Flechtenpilzes nur untergeordnet verwenden.

Lange war nicht bekannt, ob Flechtenpilze nur mit einer Alge zusammen Flechten bilden können. Schon bevor man aber von « Flechtenalgen » sprach, beachtete man die C e p h a l o d i e n . Diese bis 1 mm grossen Gebilde, bestehend aus vom Pilz umschlungenen Blaualgen, kommen auf den Thalli verschiedener, meist Grünalgen enthaltender Flechten vor. Ihre Entstehung, regelmässige Verteilung über den Thallus und Bedeutung innerhalb der ganzen Flechte ist noch nicht klar. Während gewöhnlich alle Fundstücke von Cephalodien bildenden Flechten diese Erscheinung zeigen, fand F o r s s e l l (1884), dem wir eingehende Untersuchungen über Cephalodien verdanken, auch cephalodienfreie Formen. Er bemerkt, dass « strauchähnliche Cephalodien » bei *Lobaria amplissima* am Thallus von europäischen Fundstücken « fast ohne Ausnahme vorkommen, während sie ebenso regelmässig an nordamerikanischen Exemplaren derselben Art fehlen ». Man muss vermuten — darüber fehlt eine Angabe — dass am Standort der nordamerikanischen Form die cephalodienbildenden Blaualgen fehlten; das scheint für die normale Thallusbildung ohne Belang zu sein. Nach F o r s s e l l sollen die Cephalodienalgen einer Flechte bisweilen verschiedenen Typen angehören. So ist anzunehmen, besonders nach den Untersuchungen von D a r b i s h i r e (1927 und 1932), dass der Flechtenpilz sich der Cephalodienalgen in gleicher Weise als Nahrungslieferanten bedient wie der Thallusalgen.

Es gibt auch Flechten, die im selben Pilzgeflecht Blaualgen - a r t e n u n d Grünalgen a r t e n aufweisen. Das bekannteste Beispiel ist *Solorina crocea*. Deutlich beobachtete diese Tatsache erst F o r s s e l l (1884), der bei der genannten Flechte die unter der Grünalgenschicht liegenden Blaualgen als « *cephalodia interna* » bezeichnet. H u e (1910) nennt die ausgedehnte Blaualgenschicht eine « zweite Gonidienschicht », während M o r e a u (1921) der Ansicht F o r s s e l l s be stimmt, wie auch K a u l e (1931). D a r b i s h i r e (1933) hat diese Erscheinung neu untersucht und gezeigt, dass die Blaualgen unter den Grünalgen eine ausgedehnte, mehr oder weniger zusammenhängende Schicht bilden, die er mit H u e für eine « zweite Gonidienschicht » hält.

Der Pilz dürfte sich auch hier beide Algenarten als Nahrungslieferanten zunutze ziehen.

In diesen Zusammenhang gehört auch die von K a u l e (1931) dargelegte Tatsache, dass einige Flechten mit Grünalgen im Thallus und Blaualgen in den Cephalodien (Kolonne links) nahe verwandte Formen haben ohne Cephalodien, aber mit Blaualgen im Thallus (Kolonne rechts):

<i>Peltidea</i> (Ach.) Nyl. . . . .	<i>Peltigera</i> (Willd.) Nyl.
<i>Solorina</i> Ach. . . . .	<i>Solorinia</i> Nyl.
<i>Nephroma</i> (Ach.) Nyl. . . . .	<i>Nephromium</i> Nyl.
<i>Lobaria</i> Hoffm. . . . .	<i>Sticta</i> Schreb. und <i>Stictina</i> Nyl.
<i>Psoroma</i> (Ach.) Nyl. . . . .	<i>Pannaria</i> DC.

Flechtenpilze aus der nächsten Verwandtschaft ernähren sich von Grünalgen oder von Blaualgen. Dies sind Beispiele, die gegen eine hohe Spezialisierung auf bestimmte Algen sprechen.

Im Laufe der Flechtenanalysen fand sich ein Fall, wo es nicht ausgeschlossen ist, dass eine Flechte innerhalb desselben Apotheziums zweierlei Arten von Grünalgen enthalten kann, nämlich *Caloplaca cerina*. Wie in Kapitel II, B, 28 erwähnt, wuchsen beim Kultivieren der Algen von Flechte 61 zweierlei Klone, nämlich *Cystococcusalgen* und *Chlorellen*. Dass die eine Algenart nur Epiphyt auf der Flechte sei, ist zu bezweifeln, weil das Apothezium oberflächlich gründlich gereinigt war und weil von beiden Arten mehrere Einzellkulturen wuchsen. Seither schliesst die Untersuchung von Mikrotomschnitten das Vorhandensein zweier Algenarten in Apothezien der gleichen Flechte nicht aus.

Flechten lassen sich mit dem Mikrotom nur schwierig schneiden; sie sind nach dem Einbetten meist spröde und brüchig. Da Herr Prof. Dr. E. Melin mir in sehr zuvorkommender Weise ein Gefriermikrotom zur Verfügung stellte, gelang es, nach handlicher Methode Schnitte zu erhalten unter Verzicht auf Serien. Die Apothezien quollen während 3 Stunden in Ammoniak-Wasser und wurden vor dem Schneiden mit destilliertem Wasser gespült. Die Schnittdicke betrug 10—25  $\mu$ ; für Übersichtsschnitte genügten 25  $\mu$ . Auf einem zirka 1 mm dicken Holundermarkstück lässt man das zu schneidende Objekt in der richtigen Lage eingefrieren unter Zugabe von etwas Wasser und beginnt mit Schneiden. Mit feinem Pinsel überträgt man die Schnitte in einen Tropfen destillierten Wassers auf sauberem Objektglas und lässt das Wasser abtrocknen, bis die noch feuchten Schnitte auf dem Objekträger liegen. Dann gelangt ein warmer Tropfen Glyzeringelatine mit Baumwollblau darauf und das Deckglas. Die Baumwollblau-Glyzeringelatine wird durch warmes Lösen von Baumwollblau in Milchsäure hergestellt; die Lösung soll etwa doppelt so konzentriert sein wie für Pilzfärbungen. Man giesst

mit warmer Glyzeringelatine zusammen, so dass sie beim Abkühlen wieder erstarrt; andernfalls gibt man konzentrierte Gelatinelösung zu, bis wieder Erstarrung eintritt. Verunreinigungen werden mit Filtern durch fettfreie Watte entfernt. Wenn die Deckgläser nach dem Trocknen mit einem Lackring versehen sind, bleiben die Präparate auch in der Färbung jahrelang gut.

Auf den so erhaltenen Schnitten waren die meisten Algen, besonders im Rand des Apotheciums und unter der askogenen Hyphenschicht tief dunkelblau gefärbt; dies sind nach Vergleich mit andern Schnitten die eigentlichen Flechtenalgen aus der Gattung *Cystococcus*. Im untern Teil des Apotheciums fielen aber reingrüne oder bläulichgrüne Algen auf (Abb. 30), die zur Gattung *Chlorella* gehören könnten, weil ja in



Abb. 30

Querschnitt durch einen Fruchtkörper von *Caloplacomyces cerinae* (Ehrh.), dessen Hyphen möglicherweise *Cystococcus*-algen (weiss) und *Chlorella*-algen (schwarz) einschliessen (Flechte 54).  
(Vgl. Kap. IV, B.) Vergr. ca. 130.

Einzellkulturen diese beiden Algen gewachsen waren. Die keimende Spore hätte dann bei der Entstehung dieser Flechte *Cystococcus*- und *Chlorella*-algen umspommen unter Bevorteilung der ersteren.

Da nicht alle geschnittenen Apothecien zweierlei Algen aufwiesen, handelt es sich nicht um eine regelmässige Erscheinung. Doch könnte der Pilz beide Algen als Wirtspflanzen benützen.

Warén (1920) war als erster bestrebt zu untersuchen, ob die gleiche Flechte von verschiedenen Standorten verschiedene Algenarten enthalten kann. Er fand in holländischer *Xanthoria parietina* Flechtenalgen, die von finnländischen verschieden waren. Es besteht nun die Möglichkeit, dass *Xanthoriomyces parietinae* mit verschiedenen *Cystococcus*-algen Flechten bildet, oder aber, dass in Holland und in Finnland verschiedene Stämme von *Xanthoriomyces parietinae* vorkommen, von denen jeder seiner speziellen Wirtspflanze bedarf. Die Versuche in Kap. II, B, 22.—24. beweisen, dass mindestens der erste Fall in der Natur verwirklicht ist.

Nach den Nährstoff- und Temperaturversuchen (vgl. Tab. 60—68 und Abb. 21—23) zu schliessen, sind die aus Flechten verschiedener Standorte gezüchteten Stämme von *Xanthoriomyces parietinae* (Stamm 59, 60 und 43) untereinander gleich. Stamm 43 bildete in der Natur

eine Flechte mit einer *Cystococcus*-alge, die mit der Wirtspflanze von Stamm 60 unverkennbar verschieden ist. Somit kann in diesem Falle ein Flechtenpilz mit verschiedenen Algen eine Flechte bilden. Wieweit dabei die Form zweier Flechten, die aus dem gleichen Pilz und verschiedenen Algen bestehen, sich verändern kann, ist noch nicht zu sagen, weil etwa auftretende Unterschiede durch den Standort bedingt sein können.

Nach Warén fand auch Jaag an verschiedenen Standorten gleiche Flechtenarten mit verschiedenen Flechtenalgen (1929, S. 116; 1933, S. 100).

Dass Podetien- und Thallusalgen bei *Cladonia* mitunter verschieden sind, zeigt der vorhergehende Abschnitt (A). Dann muss *Cladoniomyces* wie *Xanthoriomyces parietinae*, mit zwei verschiedenen Wirtspflanzen je eine Flechte bilden können. Der Beweis dafür gelang in einem Falle. *Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* Stamm 15 schritt in Synthese mit dem *Cystococcus*-klon 15 g zur Podetienbildung (Kap. VI, B, 2, c). In der Natur hatte aber derselbe Pilz mit dem von 15 g verschiedenen Klon 16 a einen Thallus gebildet und auch im Podetium aus der Natur herrschte die Alge 16 a vor.

Alle diese Beispiele zeigen, dass die Flechtenpilze nicht in so ausschliessender Weise auf ganz bestimmte Algen spezialisiert sind, wie viele Forscher annahmen. Damit tritt eine Fülle von Fragen hervor, an die man vor Schwinden nicht denken konnte und die vielfach nur durch Synthesen zu lösen sind.

### C. Zur Übereinstimmung der Flechtenalgen in lokalen Flechtengesellschaften

Die Meinungen über die Bedeutung der Askosporen der Flechtenpilze für die Verbreitung der Flechten gehen noch auseinander. Wenn die Askosporen für die Verbreitung gewisser Flechten eine wichtige Rolle spielen, dann finden von diesen Flechten in der Natur oft Synthesen statt. Den Verlauf der Flechtenbildung kann man sich so denken, dass die ausgeschleuderten Askosporen bei längerer Befeuchtung die Keimschlüche aussenden und dass das junge Myzel sich zunächst nach allen Richtungen ausbreitet. Als erste Nahrung dürften die organischen Verbindungen des Substrates dienen, dann auch irgendwelche freilebenden Algen. Andere freilebende Algen sind vielleicht gegen die Angriffe des Pilzes widerstandsfähig; sie kommen als Flechtenalgen so wenig in Frage wie diejenigen Algen, die vom Pilz rasch getötet und ausgenutzt werden. Auf der Suche nach Nahrung müsste der Flechtenpilz gelegentlich auf Algen stossen, die sich zwar Nahrung entziehen lassen, aber

doch genügend rasch vermehren, um nicht zu unterliegen. Solche Algen können zu Flechtenalgen geeignet sein; mit ihnen zusammen bildet der Pilz die ersten soredienartigen Klümpchen, dann Thallusschüppchen und nach genügender Erstarkung des Flechtengebildes Apothezien.

Dieser Entwicklungsgang ist eine Vermutung auf Grund von Beobachtungen an keimenden Sporen. Man bemerkt auf schlechten Nährböden immer ein weitausgreifendes radiales Wachstum der Hyphen und nur bei guter Ernährung das dichte Ineinanderwachsen zu geflechtartigen Knäueln. In der Natur wird es schwierig sein, solche im Entstehen begriffene Flechtensynthesen zu beobachten, weil die jüngsten Stadien mit blossem Auge nicht wahrnehmbar sind und die älteren Bildungen ebensogut von angeflogenen Soredien oder Isidien herühren können.

Gelänge es, bei einigen in der Natur nebeneinander wachsenden Flechten die in jeder Beziehung gleichen Flechtenalgen festzustellen, dann wäre durch diesen indirekten Beweis wahrscheinlich gemacht, dass die nebeneinanderwachsenden Flechten durch Synthese entstanden sind, indem die verschiedenen Pilzmyzelien die gleiche freilebende Alge zur Flechtenalge gemacht hätten. Die gleiche Wirtspflanze wäre also von verschiedenen Pilzen befallen. Weil der Wind Soredien ständig, rasch und überallhin verbreitet, ist allerdings die Hoffnung klein, einen solchen Fall zu finden.

Im Laufe dieser Arbeit wurde eine lokale Flechtengesellschaft, deren einzelne Flechten *Cystococcus*-Algen enthielten, auf die Gleichheit ihrer Flechtenalgen untersucht. Sie wuchs südöstlich der Ibergeregg (bei Schwyz) auf zirka 1500 m ü. M. bei einem Heuschober. Teilweise auf Holz, teilweise auf Stein fand ich in einem Umkreis von wenigen Zentimetern *Xanthoria parietina* (Flechte 43, Kap. II, B, 24) *Caloplaca murorum* (Flechte 44, Kap. II, B, 25), *Candelariella vitellina* (Flechte 46, Kap. II, B, 31), *Cyphelium* spec. (Flechte 48/49, nicht beschrieben) und eine nicht fruktifizierende *Physcia* spec. (Flechte 50, nicht beschrieben). Von den Algen dieser Flechten wurden Einzellkulturen angelegt. Innerhalb der einzelnen Flechten waren die Algen einheitlich. Untereinander verglichen schienen auch die Algen von *Xanthoria* und *Caloplaca* gleich. Von den andern drei Flechten hatte jede Flechtenalge andere Eigenschaften; sie waren also leicht als verschieden zu erkennen.

Mehr Mühe bereitete der Nachweis, dass die beiden Algenklone 43 a und 44 a nicht ganz gleich sind, sondern dass es sich um zwei nur unter besonderen Nährstoff- und Temperaturverhältnissen zu unterscheidende Rassen der gleichen Art handelt (Kap. III, A, 2, und Tafel 4, Abb. 1—5). Damit ist für die vorliegende Frage wenig gewonnen, denn es wäre

möglich, dass *Xanthoriomyces parietinae* nur die eine Rasse als Flechtenalge benutzt, *Caloplacomycetes* nur die andere; oder es könnten die beiden Flechtenpilze einen ursprünglich gleichen *Cystococcus* als Flechtenalge aufgenommen haben, der sich in der einen Flechte durch irgendeinen Einfluss (Mutation ?) sehr wenig verändert hat. Jedenfalls besitzen hier zwei verschiedene Flechten nahezu die gleichen Flechtenalgen. Wie oben gesagt, kann *Xanthoriomyces parietinae* mit verschiedenen *Cystococcus*-algen eine *Xanthoria* bilden. Deshalb ist es möglich, dass *Xanthoriomyces* Stamm 43 mit Klon 43 a und mit Klon 44 a eine *Xanthoria parietina* bilden würde und dass die untersuchten Flechten 43 und 44 in der Natur synthetisch entstanden sind.

Warén bezeichnet z. B. als *Cystococcus Xanthoriae* Warén eine Gruppe von physiologischen Rassen aus verschiedenen Flechten; ob aber gelegentlich in verschiedenen Flechten die gleiche physiologische Rasse vorkommt, ist noch unklar. Solche Funde müssen selten sein : 1. wegen der erwähnten Verbreitung der Flechten durch Soredien, 2. wegen der sehr grossen Zahl von verschiedenen *Cystococcus*-rassen in der Natur. Warén (1920, S. 42) und Jaag (1929, S. 101) beobachteten die Vereinigung von Schwärmsporen. Falls auch die Bastardierung von *Cystococcus*-rassen möglich ist, kann die Zahl von Klonen ins Unermessliche steigen.

## D. Über die Flechtenstoffbildung

### 1. Der Begriff « Flechtenstoff »

In einer grossen Zahl von Flechten fand man Stoffe angereichert, die sonst nirgends in der Natur auftraten. Man nannte deshalb solche Körper Flechtenstoffe oder Flechtensäuren. Sie sind in Wasser und auch in organischen Lösungsmitteln schwer löslich, kristallisieren gut, haben einen hohen Schmelzpunkt und sind oft gefärbt.

Tobler (1934, S. 26) glaubte « auch experimentell den Nachweis erbracht zu haben, dass eine Flechtensäure ein spezifisches Erzeugnis des gemeinsamen Haushalts von Pilz und Alge ist ». Seither ist für den Flechtenstoff Parietin bekannt, dass *Caloplacomycetes murorum* und *C. elegantis* ihn ohne das Vorhandensein von Algen bilden können (Thomas, 1936).

Durch diese Entdeckung änderte sich die Bedeutung des Begriffes « Flechtenstoff ». Es sind Stoffe, die man zuerst in Flechten fand, die aber von gewissen Pilzen unter bestimmten Bedingungen gebildet werden. Ohne die genannte Arbeit zu kennen, kam Raistrick (1937) auf Grund chemischer Untersuchungen zum Schluss, dass Pilze die

Flechtenstoffe erzeugen. Der Verfasser bewies nämlich die Übereinstimmung eines von *Aspergillus ruber* (Spieckermann and Bremer) Thom and Church abgeschiedenen Stoffes mit Parietin (= Physeion) aus *Xanthoria parietina* L.: « This is, so far as the author is aware, the first recorded instance of any characteristic mould metabolic product having been shown to be identical with a lichen acid, and is of some interest since it seems to indicate quite conclusively that the so-called lichen acids owe their origin to the fungal half and not to the algal half of the lichen symbiont » (vgl. auch Siegfried, 1938).

## 2. Flechtenstoffbildungen durch reinkultivierte Flechtenpilze

a) Parietin : Die Bildung von Parietin war ausser an *Caloplacomyces murorum* und *C. elegantis* seither nachweisbar an *Caloplacomyces cerinae* (Stämme 54 und 61), *C. ferruginea* (Stamm 104, vgl. Kap. II, B, 32), *C. pyraceae* (Stamm 107, ebenso), *C. aurantiacae* (Stamm 108, ebenso), *C. murorum* (Stamm 109; ebenso), ferner an *Xanthoriomyces parietinae* (Stämme 43, 59, 60), *X. polycarpe* (Stamm 101, Tafel 5, Abb. 1; vgl. auch Kap. II, B, 24 b), *X. candelariae* (Stamm 102, Tafel 5, Abb. 2; ebenda), *X. fallax* (Stamm 99; vgl. Kap. II, B, 32). Zum Nachweis wurden die 1936 angegebenen Methoden benutzt. Diese Flechtenpilze bilden jedoch nicht unter allen Umständen Parietin; man findet häufig Kulturen, in denen sich der Flechtenstoff nicht nachweisen lässt. Wie unter 4. und 5. dargelegt, kann die Flechtenstoffbildung von Ernährung und Temperatur abhängig sein. In der Regel tritt sie erst an mehrere Monate alten Kulturen auf.

b) Stictaurin : Lässt man den aus Askosporen gezüchteten *Candelariellomyces vitellinae* bei Zimmertemperatur auf 2—4% igem Malzagar wachsen, dann färben sich die Kulturen nach wenigen Monaten kräftig gelb. Sogar auf dem Agar beobachtet man in einem Umkreis von mehreren Millimetern um die Kulturen gelbe Abscheidungen in Form von Kristallen (Tafel 5, Abb. 3). Die Farbengleichheit und die Erfahrung mit *Caloplacomyces* liessen vermuten, dass hier wieder ein Flechtenpilz ohne Algenzusatz in Reinkultur einen Flechtenstoff bilde und dass der gelbe, von *Candelariellomyces vitellinae* abgeschiedene Farbstoff identisch sei mit dem in *Candelariella vitellina* vorhandenen. Es gelang, den Beweis dafür zu erbringen.

Die zur Verfügung stehenden Kulturen von *Candelariellomyces vitellinae* (Stamm 46; Kap. II, B, 31) wurden mit den gelb überzogenen Agarstückchen im Thermostat bei 60° getrocknet. Nach Zopf (1907, S. 87) kochte ich den Pilz mit Äther aus, wobei das Lösungsmittel sich gelb färbte. In einem Uhrglas destillierte der Äther ab, und es wuchsen

schöne gelbe, nadelförmige Kristalle, zum Teil auch rhombische Plättchen (Tafel 5, Abb. 4 u. 5). Bei einem Teil der Kristalle bestimmte ich den Schmelzpunkt durch Erhitzen der Substanz in einem Röhrchen im Schwefelsäurebad. Die Kristalle schmolzen bei der scharfen Grenze von 211—212°. Gleich wurde mit der Flechte *Candelariella vitellina* verfahren; das von ihr gebildete Stictaurin lieferte nach Ausziehen mit Äther und Eindampfen des Lösungsmittels die gleichen gelben Kristallformen mit einem Schmelzpunkt von 210—212°. Der gelbe Stoff von *Candelariellomyces* löste sich in konzentrierten Mineralsäuren ebenso wenig wie Stictaurin aus *Candelariella*, auch nicht in kalten Alkalien, gut dagegen in Chloroform und Benzol.

Damit ist der Nachweis erbracht, dass *Candelariellomyces vitellinae* in Reinkultur ohne Beigabe von Algen den Flechtenstoff Stictaurin zu bilden vermag.

c) Kalziumoxalat : Im Hyphengewebe von *Baeomycomyces*, der auf einem Erdlösung-Agarnährboden gewachsen war, zeigten sich reichliche Kristallabscheidungen von Kalziumoxalat. Dies ist nicht die erste Beobachtung von Kalziumoxalat in Flechtenpilzkulturen (vgl. Tobler, 1925, S. 75). In Flechten kommt Kalziumoxalat bis zu 65% der Trockensubstanz vor (vgl. Tobler, 1925, S. 55).

d) Andere Stoffe : In Kap. II, B, 3—5 wurde in den Temperaturversuchen mit *Cladoniomyces digitatae* bei den tiefen Temperaturen das Entstehen eines gelben Farbstoffes erwähnt. Die abgeschiedenen Mengen waren aber für eine genaue Untersuchung zu gering. An alten Kulturen des gleichen Pilzes, aber auch bei *C. cocciferae v. pleurotae* beobachtete ich ebenfalls die Bildung eines gelben Stoffes, der noch nicht mit einem Flechtenstoff identifiziert werden konnte. In einem mit *Penicillium* infizierten Kolben waren diese winzigen Kriställchen reichlicher abgeschieden.

### 3. Abhängigkeit der Flechtenstoffbildung vom Licht

In der Natur beobachtet man, dass Flechten von stark besonnten Standorten in der Regel deutlich mehr Flechtenstoffe enthalten, als gleiche Formen von schattigen Standorten (Tobler, 1925 a). Es war somit die Möglichkeit gegeben, dass das Sonnenlicht die Bildung von Flechtenstoffen fördere.

Diese Frage wurde in zwei Versuchen geprüft. Von jedem Pilz impfte ich 1 mm grosse Impfstücke in Reagensgläser auf Malzagar (3 % Malz, 1,5 % Agar) und brachte sie in den gleichen Raum auf der Südseite unseres Versuchshauses.

a) Kulturen bei wechselnden Temperaturen : Von den im folgenden erwähnten Stämmen 26, 60, 44 und 65 gelangten nebeneinander je 10 Kulturen in die Dunkelheit, in das zerstreute Tageslicht und in das pralle Sonnenlicht. Dabei befanden sich jedoch die besonnten Kulturen tagsüber bei höheren Temperaturen als die unbesonnten und verdunkelten. Somit war das Pilzwachstum in diesem Versuch nicht nur vom Licht, sondern auch von der Temperatur abhängig; beiden Veränderlichen unterlag auch die Fähigkeit, Flechtenstoffe zu bilden. Das ist bei der Beurteilung der Zahlen von Tab. 96 in Betracht zu ziehen. Ergänzend zu dieser Tabelle geben wir die Beschreibung der Kulturen.

**Tab. 96** Wachstum einiger Flechtenpilze in Abhängigkeit von der Belichtung auf Malzagar nach 120 Tagen (Stämme 26, 60, 44, 65; Kulturen nicht abgekühlt, also in der Sonne wärmer), bzw. nach 60 Tagen (Stämme 18, 66, 46; mit Wasserkühlung)

Flechtenpilzstamm	Sonnenlicht		Tageslicht		Dunkelheit	
	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Durchmesser	Mittlerer Fehler
<i>Stereocaulomyces paschalis</i>	mm	±	mm	±	mm	±
26 . . . . .	2,9	0,27	4,9	0,23	5,2	0,22
<i>Xanthoriomyces parietinae</i>						
60 . . . . .	1,8	0,09	4,4	0,34	5,8	0,15
<i>Caloplacomyces murorum</i> 44	3,3	0,17	4,5	0,18	6,3	0,24
<i>C. elegantis</i> 65 . . . . .	2,6	0,21	5,9	0,31	6,8	0,36
<i>Cladoniomyces digitatae</i> 18	4,0	0,22	4,3	0,23	3,9	0,18
<i>Caloplacomyces murorum</i> 66	2,3	0,09	2,4	0,14	2,3	0,17
<i>Candelariellomyces vitellinae</i> 46 . . . . .	1,9	0,13	2,5	0,11	2,7	0,08

*Stereocaulomyces paschalis* (Stamm 26) wächst im Sonnenlicht farblos, ohne Luftmyzel. Im Tageslicht verdeckt weisses Luftmyzel die Kulturfarben 186 und 191 (Code universel des couleurs, E. Séguy, 1936), etwas weniger in der Dunkelheit.

*Xanthoriomyces parietinae* (Stamm 60) wächst ebenfalls im Sonnenlicht farblos, ohne Luftmyzel. Im Tageslicht überwiegt Farbe 199, in der Dunkelheit 191 und 202.

*Caloplacomyces murorum* (Stamm 44) bildet im Sonnenlicht Luftmyzel und in der Kulturmitte die Farbe 112; am Rand ist die Kultur weiss. Im Tageslicht gibt Luftmyzel den Kulturen am Rand Farbe 190,

in der Mitte 112. Im Dunkeln hat der Kulturrand Farbe 196, in der Mitte 203. Der Agar wird in Kulturnähe verfärbt mit 126; seine Oberfläche trägt reichlich Parietinkristalle.

*Caloplacomyces elegantis* (Stamm 65) wächst im Sonnenlicht mit Farbe 182 bis weiss, ohne Luftmyzel. Die Kulturen des Tageslichtes sind ebenfalls hell bis Farbe 186 mit Luftmyzel; an der Agaroberfläche haben sich Parietinkristalle abgeschieden. In der Dunkelheit sind die Kulturen gleich gefärbt, ebenfalls mit weissem Luftmyzel überzogen; die Parietinbildung scheint fast doppelt so reichlich, auf der Agaroberfläche bis zu 10 mm Entfernung von den Kulturen.

Wenn in diesem Versuch die Kulturen im Sonnenlicht schlechter wuchsen als im Tageslicht und viel schlechter als in der Dunkelheit, dann dürfte das nicht der Lichteinwirkung, sondern der tagsüber zu hohen Temperatur zuzuschreiben sein. Das Sonnenlicht hemmte die Bildung von Flechtenstoffen, wobei zu beachten ist, dass ein Teil der Strahlung durch die Glasschicht verlorengeht.

b) Kulturen bei gleichen Temperaturen : Um beim vorigen Versuch die wechselnde Temperatur auszuschalten, brachten wir die besonnten, die beschatteten und die verdunkelten Kulturen in den gleichen Trog mit fliessendem Wasser. So erwärmt die Sonne die Kulturen nur wenig. In diesem Versuch kamen die Stämme 18, 66 und 46 (Tab. 96) zur Prüfung.

*Cladoniomyces digitatae* (Stamm 18) färbte sich in der Sonne in der Kulturmitte matt dunkelbraun mit Farbe 702, am Rande weiss; ebenso im Tageslicht. In der Dunkelheit erscheint an allen Kulturen ein gelber Ton; besonders am Rand werden junge Teile nach 214 gefärbt. Im übrigen sind die Kulturen braun 146.

*Caloplacomyces murorum* (Stamm 66) erscheint im Sonnenlicht weiss durch Luftmyzelbildung. Im Tageslicht tritt am Rande noch Luftmyzel auf; in der Mitte sind die Kulturen hellbraun. Luftmyzel fehlt in der Dunkelheit, wo die Kulturen orangebraun gefärbt werden; hier lässt sich Parietin nachweisen.

*Candelariellomyces vitellinae* (Stamm 46) bildet schon auf den im Wachstum benachteiligten, besonnten Kulturen Stictaurin; aber auch die Kulturen im Dunkeln erhalten durch die Flechtenstoffbildung eine gelbe Färbung.

In diesem zweiten Versuch ist durch die Wasserkühlung der Wachstumsunterschied zwischen besonnten und verdunkelten Kulturen klein. Auch diese besonnten Kulturen sind in der Flechtenstoffbildung nicht bevorteilt. In unsren Versuchen hatte somit das Sonnenlicht auf die Flechtenstoffbildung keinen Einfluss.

#### 4. Abhängigkeit der Flechtenstoffbildung von der Ernährung

Die Parietin erzeugenden Pilze *Xanthoriomyces* und *Caloplacomyces* wuchsen auf allen Nährböden langsamer als *Candelariellomyces*. Langsam wachsende Pilze pflegen aber ihre Eigenschaften beim Verändern des Nährbodens nur langsam zu wechseln. Aus diesem Grunde war es in Kap. II nicht möglich zu entscheiden, ob die Parietinbildung bei *Xanthoriomyces* und bei *Caloplacomyces* auf allen geprüften Nährböden erfolge, oder ob die z. B. auf Knopagar gefundenen geringen Mengen des Stoffes nur dank des Malzgehaltes des Impfstückes vorhanden waren. Man muss also diese Pilze von Sporen ausgehend auf verschiedenen Nährböden wachsen lassen.

Für den Stictaurin bildenden *Candelariellomyces vitellinae* gelang es, Abhängigkeiten der Flechtenstoffbildung von der Ernährung aufzudecken. Bei dem in Kap. II, B, 31. durchgeföhrten Nährstoffversuch standen Impfstücke von ganz jungen Kulturen zur Verfügung, die noch kein Stictaurin gebildet hatten. Nun zeigte sich, dass der Pilz auf Peptonagar, Glukoseagar und Knopagar zwar wächst, aber kein Stictaurin zu bilden vermag. Bei einer Vereinigung von Zucker- und organischer Stickstoffnahrung bildet er reichlich Stictaurin (Malzagar). Nun prüfte ich, ob diese Fähigkeit dem Pilz z. B. wegen « Degeneration » verloren gegangen sei, indem ich einen Teil der Peptonagar-, Glukoseagar- und Knopagarkulturen auf Malzagar überimpfte, den andern Teil als Kontrollen weiterwachsen liess. Nach wenigen Wochen färbten sich sämtliche übergeimpften Kulturen gelb, und wenig später schied sich an der Agaroberfläche reichlich Stictaurin ab; die Kontrollkulturen blieben frei von Stictaurin.

Bei *Candelariellomyces vitellinae* ist somit die Flechtenstoffbildung unmittelbar von der Ernährung abhängig; er braucht dazu genügend Stickstoff- und Zuckernahrung. In der Natur beobachtet man an besonnten Stellen reichlichere Flechtenstoffbildung (vgl. Z o p f , 1907, S. 362). Man könnte sich diese Eigenart für *Candelariellomyces*, der lichenisiert auf stickstoffreien Unterlagen wächst, so erklären, dass er in der Sonne durch die regere Assimilationstätigkeit der Flechtenalgen mehr Zucker erhält und deshalb bei der genügend vorhandenen Stickstoffnahrung mehr Flechtenstoff bildet.

#### 5. Abhängigkeit der Flechtenstoffbildung von der Temperatur

Bei *Xanthoriomyces* und *Caloplacomyces* wurde in den Temperaturversuchen von Kap. II keine deutliche Abhängigkeit der Parietinbildung von der Temperatur beobachtet. Die Pilze bildeten bei allen

Temperaturen Parietin, am meisten allerdings bei Zimmertemperatur, wo die Pilze am besten wachsen.

In *Candelariellomyces* fanden wir in Kap. II, B, 31. einen Pilz, bei dem die Fähigkeit, Flechtenstoff zu bilden, durch die Temperatur bedingt ist. *Candelariellomyces vitellinae* vermag bei 9° und den darunter liegenden Temperaturen auf Malzagar kein Stictaurin zu bilden. Im allgemeinen beobachtet man, dass junge, kleine Kulturen noch keinen Flechtenstoff bilden und dass zur Flechtenstoffbildung eine gewisse Zeit notwendig ist. Das trifft für *Candelariellomyces* bei tiefen Temperaturen auch dann nicht zu; zehn Kulturen wuchsen während zwei Jahren bei 9° ohne die geringste Stictaurinbildung. Diese Kulturen messen jetzt über 15 mm im Durchmesser. Schon bei 12° bildet der Pilz zwar Stictaurin, aber erst nach einigen Monaten und nur wenig. Bei allen höheren Temperaturen verleiht das Stictaurin den Kulturen die auffällig schwefelgelbe Farbe.

Die Fähigkeit, Stictaurin zu bilden, geht dem *Candelariellomyces* nach einem Aufenthalt bei 9° und tieferen Temperaturen nicht verloren. Ich brachte nämlich solche Kulturen zu Zimmertemperaturen und beobachtete nun nach wenigen Wochen die schöne Gelbfärbung durch reichliche Stictaurinabscheidung.

#### *6. Praktische Bedeutung der Flechtenstoffbildung kultivierter Pilze*

Die für die Flechtenbiologie wichtige Tatsache, dass es Flechtenpilze gibt, die ohne sich von Algen zu ernähren, Flechtenstoffe bilden können, hat auch praktische Seiten. Es gibt Flechten, in denen man eigentümliche Flechtenstoffe feststellte, sie aber wegen ungenügenden Mengen natürlichen Materials noch nicht genau untersuchte. Gerade die von Krustenflechten gebildeten Stoffe sind oft zu wenig bekannt, weil diese Flechten sich nur schwierig von der Unterlage ablösen lassen und die Beschaffung genügender Flechtenstoffmengen deshalb beschwerlich ist. Die Kultur der Pilze dürfte hier in vielen Fällen Abhilfe schaffen; jedenfalls kann man aus Kulturen von *Candelariellomyces vitellinae* sehr leicht Stictaurin ausziehen und kristallisieren lassen. (Tafel 5, Abb. 4 und 5). Damit sind chemische Untersuchungen erleichtert, was um so wertvoller ist, als Flechtenstoffe pharmazeutisch eine erhöhte Bedeutung erlangen können (vgl. Z o p f , 1907, S. 374 f.).

Das Studium der Flechtenstoffbildung in Kultur ist auch interessant im Hinblick auf die Pilzstoffbildung bei nichtlichenisierten Pilzen, die pharmazeutisch wichtig ist. Vielleicht kommt man zu Anregungen, durch die sich zum Beispiel die *Claviceps purpurea* in Kultur zur Ergotaminbildung bringen lässt.

## E. Zur Bedeutung der Flechtenstoffe für die Flechten

### 1. Bisherige Ansichten über die Bedeutung von Flechtenstoffen innerhalb der Flechte.

Bis vor kurzem hat man die in Flechten gefundenen, schwerlöslichen organischen Verbindungen « als spezifische Erzeugnisse des Flechtenstoffwechsels » (T o b l e r , 1934, S. 35) angesehen. Auch Z o p f war zwar dieser Ansicht, wagt aber bereits einen Zweifel darüber auszusprechen (1907, S. 338) : « Im übrigen darf man nicht vergessen, dass die Frage, ob wirklich ein Zusammenwirken von Alge und Pilz zur Erzeugung der Flechtensäuren nötig ist, nur auf dem bis jetzt noch nicht betretenen Wege des Experiments zu lösen sein dürfte. » Z o p f hat damit den erbrachten Beweis vorausgeahnt.

Die vermuteten Bedeutungen der Flechtenstoffe für die Flechten seien in kurzen Worten zusammengefasst, wobei sich die Seitenzahlen im folgenden auf Z o p f (1907) beziehen. Als Schutz gegen Tierfrass wirken sie nicht (S. 366); Schnecken zum Beispiel fressen Flechtsäuren, ohne dadurch Schaden zu erleiden. Dass Flechtenstoffe Aufschlussmittel für die Unterlage sind, ist noch nicht bewiesen (S. 341). Ob Flechtenstoffe die Verdunstungsgrösse der Flechtenbildner herabsetzen können (S. 373), ist nicht bekannt.

### 2. Bedeutung von Flechtenstoffen für das Wachstum von Flechtenalgen.

a) Bedeutung für den Wassergehalt von Flechten : Waren die Flechtenstoffe hygroskopisch, so könnten sie den beiden Flechtenbildnern Feuchtigkeit zuführen und ihnen so das Wachstum erleichtern. Deshalb prüfte ich die Flechtenstoffe Parietin, Stictaurin und Vulpinsäure auf ihre Fähigkeit, Wasser anzuziehen, indem ich einige mg während 8 Stunden bei 60° trocknete, dann einen Tag der offenen Luft aussetzte. Das Gewicht der Kristalle nahm in keiner Weise zu. Diese Flechtensäuren sind also nicht hygroskopisch.

b) Einfluss auf das Wachstum von Flechtenalgen : Nach dem Nachweis, dass *Xanthoriomyces* und *Caloplacomyces* ohne das Vorhandensein von Algen Parietin bilden können, bestand die Möglichkeit, dass dieser Flechtenstoff den Flechtenalgen als Nahrung dienen könne, oder ihr Wachstum fördere oder hemme. Diese Verhältnisse wurden im Versuch geprüft.

Um genügend Parietin zu erhalten, sammelte ich reichlich Thalli von *Xanthoria parietina*, trocknete sie vier Stunden bei 100° und zerrieb sie im Mörser zu einem Pulver. Das Trockengewicht war 83,5 g. Mit der vierfachen Menge destillierten Wassers brachte ich das Flechtenpulver

für eine Stunde in den Dampftopf, um Verunreinigungen herauszuwaschen, liess absetzen und dekantierte am folgenden Tag. Das gleiche wiederholte ich mit der dreifachen Wassermenge dreimal, trocknete dann vier Stunden bei 100° und wog. Es blieben 67 g; rund 18 % Trockensubstanz waren also durch das Auswaschen verloren gegangen. Aus dem trockenen Rückstand wurde mit Benzol das Parietin ausgezogen und durch Umkristallisieren und Sublimieren gereinigt. Auf diese Weise blieben 0,5 g reines Parietin, das heisst 0,6 % der trockenen Flechte.

Vor der Verwendung im Wachstumsversuch gelangten die feinen Parietinkristalle in einem Schälchen für 24 Stunden in den Formoldampf des Impfkastens, worauf sie keimfrei waren. Als Nährböden für die Algen diente Glukoseagar, ein günstiger, und Knopagar, ein ungünstiger Nährboden. Mittels Platinspachtel brachte ich eine stecknadelkopfgrosse Parietinmenge auf dem Agarnährboden an die Stelle, wohin ich darauf ein 1 mm grosses Algenklümpchen brachte. Als Versuchsalgen wurden Grünalgen aus einer Parietin enthaltenden Flechte verwendet, nämlich aus *Caloplaca cerina* den *Cystococcus* klon 61 a und den *Chlorellaklon* 61 d, also Vertreter zweier Algengattungen aus der gleichen Flechte. Von jeder Alge legte ich auf jedem Nährboden 10 Kulturen mit Parietin und zum Vergleich 10 Kulturen ohne Parietin an und liess sie im Tageslicht mit wenig Sonne bei Zimmertemperatur wachsen.

Das Ergebnis nach 60, bzw. nach 120 Tagen ist in Tab. 97 zusammengestellt. Auf Glukoseagar haben alle Kolonien von *Cystococcus* 61 a die gleiche Würmchenform und am Rand die Farbe 348. Ohne Glu-

**Tab. 97** Einfluss des Parietins auf das Wachstum des *Cystococcus* klon 61 a und des *Chlorellaklon* 61 d (beide aus *Caloplaca cerina*) bei Zimmertemperatur im Tageslicht. Kulturen mit Glukose nach 60, ohne Glukose nach 120 Tagen

Flechtenalge	<i>Cystococcus</i> klon 61 a				<i>Chlorella</i> klon 61 d				
	Nährboden	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe	Durchmesser	Mittlerer Fehler	Höhe	Farbe
Glukoseagar . . .		mm 14,5	± 0,79	mm 5	372	mm 7,4	± 0,19	mm 3	371
Glukoseagar + Parietin . . .									
Parietin . . .		14,9	0,53	5	372	7,2	0,17	3	371
Knopagar . . .		3,8	0,23	1	357	4,2	0,21	1	371
Knopagar + Parietin . . .									
		3,8	0,26	1	357	3,9	0,22	1	371

kose überzieht nur eine dünne Algenschicht den Agar, auch hier gleichgültig, ob Parietin vorhanden ist oder nicht. Auch der *Chlorellaklon 61* d. wächst mit oder ohne Parietin auf beiden Nährböden gleich. Der von Pilzen abgeschiedene Flechtenstoff Parietin vermochte in unseren Versuchen das Wachstum von Flechtenalgen in keiner Weise zu beeinflussen. Daraus schliessend dürfte ein solcher Einfluss auch in den Flechten fehlen.

## F. Widerstandsfähigkeit von Flechtenbildnern gegen Trockenheit

Bekanntlich sind Flechten gegen Trockenheit sehr widerstandsfähig. Nicht nur Krustenflechten, sondern auch Strauch- und Laubflechten trocknen im Sommer oft vollständig ein und sind dann brüchig und spröde. Nächtliche Luftfeuchtigkeit, die sich in Form von Tau niederschlägt, ist ohne Zweifel für die Flechten wichtig. Ob der Flechtenpilz oder die Flechtenalge mehr von diesem fein verteilten Wasser aufnimmt, ist nicht bekannt. Ausgehend von Pilz- und Algenreinkulturen dürfte diese Frage der Wasseraufnahme zu lösen sein. Unsere Versuche beschränken sich darauf zu prüfen, ob die Widerstandsfähigkeit der Flechten gegen Trockenheit durch den Flechtenpilz oder die Flechtenalge bedingt sei, oder durch beide.

### 1. Widerstandsfähigkeit von Flechtenpilzen

Aus Reinkulturen von Flechtenpilzen schnitt ich mittels Impfspachtel Stücke von 2 mm Durchmesser heraus und übertrug sie in sterile, leere Reagensgläser, darauf achtend, dass die Pilzstücke frei waren von Agarsubstrat. Das war leicht zu erreichen, weil die Pilze ausgiebig in die Höhe wachsen. In der Luft des Arbeitsraumes trockneten die Pilzstücke bei Zimmertemperatur rasch aus. Darauf nahm ich nach jeder Woche von jedem Pilzstamm aus zwei Reagensgläsern die trockenen Kulturen heraus und übertrug sie auf frische Nährböden, um ihre Lebensfähigkeit zu prüfen. Tab. 98 zeigt die verwendeten Pilze und ihre Eigenschaften.

Das Ergebnis dieses Versuches wäre nicht so überraschend, wenn die Flechtenpilze irgendwelche widerstandsfähigen Sporen gebildet hätten oder wenn sie vor dem Austrocknen unter ungünstigen Umständen gewachsen wären. Beides trifft nicht zu; die Flechtenpilze waren auf Malzagar gewachsen. Dass Sporenbildung fehlte, erkannte man mikroskopisch am Ausgangsmaterial, dann auch nach dem Überimpfen der vertrockneten Stücke auf frische Nährböden. Die Pilzstücke quollen rasch auf und setzten ihr Wachstum in der gewohnt langsam Weise

**Tab. 98** Widerstandsfähigkeit von Flechtenbildnern gegen Trockenheit bei Zimmertemperatur. Es bedeutet : + = noch lebend; — = tot.

Flechtenbildner	Wochen Trockenheitsdauer					
	1	2	3	4	5	6
52. <i>Baeomycomyces rosei</i> . . . . .	+	+	+	+	+	+
30. <i>Cladoniomyces digitatae</i> . . . .	+	+	+	+	+	+
34. <i>Cladoniomyces squamosae</i> . . . .	+	+	+	+	+	+
32. <i>Cl. fimbriatae v. ap. f. ochrochlorae</i> . . . . . . . . . .	+	+	+	+	+	—
26. <i>Stereocaulomyces paschalis</i> . . . .	+	+	+	+	+	—
60. <i>Xanthoriomyces parietinae</i> . . . .	+	+	+	+	+	+
66. <i>Caloplacomyces murorum</i> . . . . .	+	+	+	+	+	+
54. <i>Caloplacomyces cerinae</i> . . . . .	+	+	+	+	+	+
65. <i>Caloplacomyces elegantis</i> . . . . .	+	+	+	+	+	—
17. <i>Icmadophilomyces ericetorum</i> . . . .	+	+	+	+	+	+
27 d. <i>Coccomyxa</i> aus <i>Baeomyces byssoides</i> . . . . . . . . . .	+	+	+	—	—	—
14 d. <i>Coccomyxa</i> aus <i>Icmadophila ericetorum</i> . . . . . . . . . .	+	+	+	+	+	—
30 a. <i>Cystoccus</i> aus <i>Cladonia digitata</i>	+	+	+	+	+	+
31 a. <i>C.</i> aus <i>Cladonia digitata</i> . . . .	+	+	+	+	+	+
34 a. <i>C.</i> aus <i>Cladonia squamosa</i> . . . .	+	+	+	+	+	+
32 b. <i>C.</i> aus <i>Cl. fimbriata v. ap. f. och.</i>	+	+	+	+	+	+
26 m. <i>C.</i> aus <i>Stereocaulon paschale</i> . .	+	+	+	+	+	+
60 a. <i>C.</i> aus <i>Xanthoria parietina</i> . . . .	+	+	+	+	+	+
44 c. <i>C.</i> aus <i>Caloplaca murorum</i> . . . . .	+	+	+	+	+	+
54 b. <i>C.</i> aus <i>Caloplaca cerina</i> . . . . .	+	+	+	+	+	+

fort. Wären Sporen vorhanden gewesen, dann hätten sie sich über die Agaroberfläche verbreitet und es wären viele junge Kulturen entstanden. Während die untersuchten Flechtenpilze in Nährstoff- und Temperaturansprüchen deutliche Verschiedenheit zeigten, sind alle vorliegenden Stämme gegen Trockenheit wenig empfindlich. Ihre Myzelien können mindestens 5 Wochen im Trockenen liegen, ohne Schaden zu nehmen. Ausser dem langsamen Wachstum der verschiedenen Flechtenpilzgattungen scheint eine gemeinsame Eigenschaft in der Widerstandsfähigkeit ihres Myzels gegen Trockenheit zu bestehen. Die in Tab. 98 untersuchten Flechtenpilze bilden nicht eine besondere, gegen Trockenheit widerstandsfähige Hyphenform, sondern wachsen auch unter optimalen Bedingungen so wie die Dauermyzelien anderer Pilze. Daraus erklärt sich teilweise ihr stets langsames Wachstum. Die Widerstandsfähigkeit gegen Trockenheit ist mit ein Grund, dank dessen die Flechtenpilze an be-

sonderen Standorten den Konkurrenzkampf gegen die übrigen Pilze bestanden.

### *2. Widerstandsfähigkeit von Flechtenalgen*

In gleicher Weise wie bei den Flechtenpilzen wurden 2 mm grosse Klümpchen von agarfreien Flechtenalgen in trockene, sterile Reagensgläser übertragen und in trockener Luft bei Zimmertemperatur aufbewahrt. Nach jeder Woche impfte ich aus zwei Reagensgläsern jedes Algenklons die vertrockneten Klümpchen auf frische Nährböden zum Prüfen der Lebensfähigkeit.

Aus Tab. 98 ersehen wir, dass die untersuchten Flechtenalgen *Coccomyxa* und *Cystococcus* gegen Trockenheit sehr unempfindlich sind. *Cystococcus*-algen, die aus einer sich im besten Wachstum befindenden Kolonie stammen, kann man während 6 Wochen trocken aufbewahren, ohne dass sie sterben. *Coccomyxa*-algen scheinen etwas empfindlicher. Die grosse Widerstandsfähigkeit erklärt das Vorkommen einzelliger Algen an trockenen Standorten.

### *3. Widerstandsfähigkeit von Flechten*

Die eingangs erwähnte Widerstandsfähigkeit der Flechten gegen Trockenheit hat nach unsern Versuchen zwei Ursachen. Beide Flechtenbildner, der Pilz und die Alge, sind gegen Trockenheit wenig empfindlich. Aus diesem Grunde können auf Unterlagen, die nur gelegentlich befeuchtet sind, im Laufe langer Zeiten Flechten entstehen. Bei Trockenheit stellen beide Flechtenbildner ihr Wachstum ein, bei Befeuchtung wachsen sie ohne Schädigung weiter.

## **G. Widerstandsfähigkeit von Flechtenbildnern gegen Wärme**

Ein grosser Teil der Flechten ist in der Natur nicht nur während längerer Zeit der Trockenheit ausgesetzt, sondern auch stundenlang der Sonnenbestrahlung. Anderseits ist durch die Temperaturversuche bekannt, dass Flechtenpilze und Flechtenalgen auf Agarnährböden bei höheren Temperaturen ( $\pm 27^\circ$ ) rasch absterben. Es fragte sich nun, ob die Flechtenbildner in befeuchtetem Zustand erheblich weniger widerstandsfähig seien als in trockenem oder ob nur die kultivierten Flechtenbildner benachteiligt seien gegenüber den in der Natur in Flechtenform wachsenden.

Von den in Tab. 98 aufgeführten Flechtenbildnern wurden 2—3 mm grosse Stücke einerseits in trockene, sterile Reagensgläser, anderseits

auf Malzagar geimpft. Beide Reihen standen zuerst eine Woche bei Zimmertemperatur, damit die Impfstücke in den trockenen Reagensgläsern austrocknen und die Impfstücke auf Malzagar anwachsen konnten. Dann gelangten alle Kulturen in einen Thermostaten zu 45°. Nach 60 Stunden impfte ich sie auf frische Nährböden über und liess sie bei Zimmertemperatur stehen, um ihre Lebensfähigkeit zu prüfen. Nach 8 Wochen waren fast alle bei trockener Wärme aufbewahrten Kulturen gewachsen, von den Kulturen mit feuchter Wärme keine.

Dieser Versuch gibt eine erste Übersicht über die Widerstandsfähigkeit gegen Wärme. Wie hohe Temperaturen trockene Flechtenbildner aushalten und während wie langer Zeit, und wie bald befeuchtete Flechtenbildner absterben, ist unbekannt. Unser Versuch zeigt, dass Flechtenbildner auch in Reinkultur gegen trockene Wärme widerstandsfähig sind, nicht aber gegen feuchte Wärme.

## H. Bau des Flechtenpilzthallus in Kultur

Über den Bau des reinen Thallus eines Flechtenpilzes gab Möller (1887, S. 21—25) die ersten Aufschlüsse (vgl. auch Töbler, 1909 und 1934, S. 32). Möller hat durch seine erstmals rein kultivierten Flechtenpilzthalli Schnitte gelegt und mit dem Bau der betreffenden Flechtenthalli verglichen. Wie bei den Flechten sieht der Verfasser Rhizinen, Markschicht und Rindenschicht an den reinkultivierten Flechtenpilzen, besonders « wenn man den Thallus einige Zeit auf festem Substrat, z. B. einem Stückchen sterilisierten Korkes wachsen lässt » (S. 22). Werner (1927) führt denselben Vergleich bei seinen Kulturen eingehend durch, gibt an, nach wievielen Wochen oder Monaten eine solche Gliederung auftritt und führt Zeichnungen dazu auf. Auch Barthusch (1931) und Lange (1933) sehen bei ihren Kulturen eine Einteilung in Schichten wie im Flechtenthallus.

Durch mehrere Monate alte, auf Agar gewachsene Kulturen verschiedener Flechtenpilze habe ich zahlreiche Schnitte gemacht. Die Beobachtungen waren in allen Fällen ähnlich wie bei den genannten Verfassern : aussen eine Schicht von Luftmyzel, mehr oder weniger entwickelt, dann eine dichte Masse von reichlich ölhaltigen Hyphen und gegen innen eine Lockerung des Myzels mit in das Substrat eindringenden Hyphen. Eine paraplektenchymatische Struktur wie in der Rindenschicht der Flechten war jedoch nirgends zu finden; auch die Zeichnungen von Werner (1927) lassen keine feststellen.

Nun ist aber an kultivierten Myzelen eine Gliederung in äussere, dichte Schicht (« Rindenschicht ») und darunterliegende lockere Schicht

(« Markschicht ») nicht nur bei Flechtenpilzen, sondern auch bei nicht-lichenisierten Pilzen zu beobachten, so bei *Claviceps* und vielen anderen. Aus diesem Grunde lege ich dem Bau kultivierter Flechtenpilzmyzelien im Vergleich mit dem Bau von Flechtenthalli noch keine grosse Bedeutung bei. Wichtig ist dieser Vergleich dann, wenn es gelungen ist, reinkultivierte Flechtenpilze zur Bildung von Paraplektenchymen (Pseudoparenchymen) und zur Fruchtkörperbildung zu bringen. Die Lebensbedingungen *in vitro* zwingen den Flechtenpilz nicht leicht zum Hervorbringen gewebeartiger Bildungen, weshalb m. E. die Synthesierung von Flechten so oft misslingt.

## Kapitel V

# Die Stellung der Flechtenbildner im natürlichen System der Pflanzen

## A. Möglichkeiten der systematischen Flechtengruppierung vor Schwendener

Nach der Erkenntnis, dass zwischen Flechten und Moosen keine nahen verwandtschaftlichen Beziehungen bestehen, und bei dem ständigen Steigen der Artenzahl der Flechten, ergab sich die Notwendigkeit ihrer Einteilung in verwandte Gruppen. Vor der Erkenntnis der Doppel-natur der Flechten konnte es sich nur um eine Einteilung nach Gesichtspunkten des scheinbar einheitlichen Flechten *thallus* handeln. Diese Lichenologen kannten die Flechten als einheitliche Gebilde, die durch den Chlorophyllgehalt einzelner Zellen von den Pilzen verschieden und durch die Askosporenbildung von den Algen verschieden waren. Deshalb zog man damals grüne (Algen-) und farblose (Pilz-) Bestandteile dieser « Pflanzen » für ihre Einteilung heran.

Weil sich das Interesse für die Flechten bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts vorzüglich auf ihre Verwandtschaftsbeziehungen bezogen hat, sind zu dieser Zeit eine grosse Zahl von Flechtensystemen entstanden. K r e m p e l h u b e r (1865) kennt schon 66 systematische Werke (vgl. auch A. L. S m i t h , 1923). Im folgenden erwähnen wir die Klassifizierungsgründe von einigen wichtigen Arbeiten.

Mit der « *Lichenographia Universalis* » von A c h a r i u s entstand 1810 ein Werk, das heute noch mehr als nur historische Bedeutung hat. Darin ist als Haupteinteilungsgrund die Thallusform der Flechten verwendet, woraus die drei Hauptgruppen entstehen : 1. *Idiothalami*, 2. *Coenothalami*, 3. *Homothalami* und als Appendix die *Athalami*.

In seiner « *Lichenographia Europaea Reformata* » legt E. F r i e s (1831) der pilzlichen Flechtenhälfte bei der Einteilung bereits eine massgebende Bedeutung bei und schafft damit eine bleibende Grundlage für

spätere Systeme : *Gymnocarpi* (apothecia aperta, discifera) und *Angiocarpi* (apothecia clausa nucleifera).

Im Jahre 1853 veröffentlicht der Mediziner P h i l i p p H e p p eine « Sammlung der Flechten Europas » mit Abbildungen und Beschreibungen der Sporen. Selbst nennt er sein System « auf die Sporen neu ge-gründet » und bevorzugt wie E. F r i e s den chlorophyllosen Flechtenteil.

K o e r b e r (1855) stellt sein System « nach dem Habitus auf, so weit derselbe durch den inneren (mikroskopischen) und äusseren (makroskopischen) Bau näher begründet auftritt ». Sporengrössen sind nicht genau angegeben. Von den aufgeführten 135 Gattungen stehen bei 105 die Sporenmerkmale als letzte Kennzeichen im Bestimmungsschlüssel. Im grossen richtet sich aber die Einteilung nach der Thallusform :

I. *Heteromerici* : 1. *Thamnoblasti*, 2. *Phylloblasti*, 3. *Kryoblasti*.

II. *Homoeomerici* : 4. *Gelatinosi*, 5. *Byssacei*.

Dass N y l a n d e r (1860) den Sporen grosse Bedeutung beimisst, kommt in den Tafeln zum Ausdruck. Über die Familienzugehörigkeit entscheidet jedoch nur die Thallusform : 1. Fam. *Collemaceen* mit glasig-dunkler Farbe, 2. Fam. *Myrangiaceen*, den *Collemaceen* ähnlich bezüglich Farbe und äussere Form, doch in ihrer Textur des Thallus der 3. Fam. *Lichenaceen* (heteromer) näherstehend.

Den Pilzteil in erster Linie beachtend, nennt S t i t z e n b e r g e r (1862) wie E. F r i e s die Gruppen *Angiocarpi* und *Gymnocarpi*, nach der Form der Fruchtkörper unterteilt in *Lirelliformi* und *Disciferi*. Jede dieser Reihen ist unter Beachtung der Thallusform eingeteilt in *Heterothalami* und *Homothalami* und weiter in *Byssothalli*, *Placothalli*, *Phyllothalli* und *Dendrothalli*.

Wieder die Thallusmerkmale in den Vordergrund stellend, umgrenzt J. M ü l l e r (1862) mit Berücksichtigung der Apothezien drei Familien : *Epiconiaceae*. Thallus heteromer, pulverig. Apothezien ohne Epithezium mit pulveriger Sporenmasse und von kugeliger Form. *Eulichenes*. Thallus heteromer, nicht gelatinös, mit Rinden- und Algenschicht. Apothezien nicht pulverig, mit Epithezium. *Collemaceae*. Thallus homoeomer, gelatinös. Apothezien mit Epithezium.

Diese Flechtensysteme, die die Flechte als Einheit auffassen, hatten zu ihrer Zeit Berechtigung, weil sie die Flechten als vermeintliche Pflanzen nach bestimmten Grundsätzen ordneten. Durch die Erkenntnis, dass eine Flechte aus Pilz und Algen besteht, öffneten sich für die systematische Einteilung zwei neue Möglichkeiten. Die Flechten liessen sich jetzt nach den Flechtenalgen allein oder nach den Flechtenpilzen allein ordnen.

## B. Möglichkeiten der systematischen Flechtengruppierung nach Schwendener

### 1. Gruppierung der Flechten auf Grund des ganzen Flechtenkörpers (Pilz + Alge).

a) Der gegenwärtige Stand der « Flechtensystematik ».

Die Schwendener sche These lenkte die Aufmerksamkeit der Lichenologen auf das Studium der Biologie und somit auf die experimentelle Flechtenkunde; daraus erklärt sich, dass in neuerer Zeit die verwandtschaftlichen Beziehungen der Flechten weniger beachtet blieben. Bemerkenswert ist das System von Rabenhorst (1870), der ähnlich Acharius (1810) wieder die Thallusform der Flechten in den Vordergrund stellt durch die Einteilung in : I. *Lichenes anomali*, II. *Lichenes homoeomerici*, III. *Lichenes heteromerici*. Die folgenden Einteilungsprinzipien richten sich dann nach dem Fruchtkörper des Pilzes : pyrenocarpe, angiocarpe und gymnocarpe Flechten.

Heute ist für die Flechten die Systematik von Zahlbrückner (1907; 2. Aufl. 1926) in Engler und Prantls « Natürlichen Pflanzenfamilien » massgebend. Auch Migula hat in seiner « Kryptogamenflora » den Flechten (1931) die Zahlbrückner sche Systematik zugrunde gelegt.

Zahlbrückner baut sein System in den grossen Zügen unter Berücksichtigung der Form der Aszi, der Beschaffenheit der Perithezien und Apothezien, das heisst des rein pilzlichen Bestandteiles auf. Von den zwei Unterklassen : I. *Ascolichenes*, II. *Hymenolichenes* ist erstere unterteilt in : 1. Reihe *Pyrenocarpeae* (Hymenium von ± kugeliger Gestalt und von einem Gehäuse umgeben). 2. Reihe *Gymnocarpeae* (Hymenium bildet eine oberflächliche, nicht vom Gehäuse bedeckte Scheibe) mit den drei Unterreihen : 1. *Coniocarpineae* (Scheibe der Apothezien ± geöffnet. Paraphysen über die Schläuche hinaus wachsend, daselbst ein Netzwerk [capillitium] bildend, welches in Gemeinschaft mit den aus den bald zerfallenden Schläuchen austretenden Sporen eine der Scheibe lang anhaftende Masse [macaedium] bildet). 2. *Graphidinaeae* (Apothezien lineal, länglich, ellipsoidisch, fast eckig, selten rundlich. Paraphysen mit den Sporen kein Mazädium bildend). 3. *Cyclocarpineae* (Scheibe der Apothezien kreisrund. Paraphysen mit den Sporen kein Mazädium bildend).

Doch für die weitere Gliederung in Familien benutzt Zahlbrückner neben Form der Sporen und Bestandteilen der Apothezien wie Rand, Schlauchschicht, Epithezien, Hypothezien und Paraphysen in wesentlicher Weise den Typus der Flechtenalgen und die Gestalt des Flechtenthallus.

b) Einwände gegen die Verwendung des Flechtenthallus als Einteilungsmerkmal.

Schwendener bewies 1867 und in den folgenden Jahren, dass eine Flechte nicht eine Pflanze ist, sondern eine Bildung zweier Pflanzengruppen, nämlich eines Pilzes und vieler Algenzellen. Der Flechtenthallus als Ergebnis der Vergesellschaftung von Vertretern zweier verschiedener Pflanzengruppen ist deshalb nicht als Merkmal für ein natürliches System zu werten.

Tatsächlich gibt der Flechtenthallus nicht immer Anhaltspunkte über die Verwandtschaft der Flechtenbildner vergleichener Flechten. Als Beispiel sei das pyrenocarpe *Dermatocarpon miniatum* L. neben die gymnocarpe *Peltigera canina* (L.) Hoffm. gestellt. Beides sind Laubflechten. Aber *Dermatocarpon* hat grüne Flechtenalgen; diejenigen von *Peltigera canina* dagegen gehören zu den *Cyanophyceen*. Zwei miteinander nicht nahe verwandte Pilze bilden also mit zwei nicht nahe verwandten Algen Flechten, deren Thalli sehr ähnlich sind — konvergente Bildungen.

Wenn auch die meisten Flechten in der Natur eine beständige Gestalt aufweisen, sich als Ganzes vermehren können durch Soredien, Isidien oder Thallusteilung, so gibt es anderseits Flechten, die nur durch die Vergesellschaftung mit Algen von Askomyzeten verschieden sind.

Die dargelegten Gründe zeigen : 1. dass man eine Flechte nicht als eine systematische Einheit auffassen kann, weil sie durch zwei systematische Einheiten gebildet ist; 2. dass der Flechtenthallus bezüglich der Verwandtschaft der Flechtenbildner zu falschen Schlüssen führen kann, weil er nicht einheitlich ist. Das heutige Flechtenystem, das mutatis mutandis ein Beibehalten der Systematik vor Schwendener bedeutet, ist somit nicht als eine natürliche Systematik aufzufassen.

## 2. Gruppierung der Flechten auf Grund der Flechtenalgen.

a) Bedingungen für eine Gruppierung auf Grund der Flechtenalgen.

In der Zeit nach Schwendener zog man von den Möglichkeiten einer Einteilung der Flechtenerscheinungen auf Grund der Flechtenalgen oder auf Grund der Flechtenpilze erstere zunächst stärker in Erwägung. Damit aber eine Einteilung auf Grund der Flechtenalgen zweckmäßig wäre, müsste sie gleichzeitig Angaben über die Verwandtschaft der Flechtenpilze aussagen. Es würden sich mit anderen Worten verwandte Pilzgruppen verwandter Algengruppen als Nahrungslieferanten bedienen. Im nächsten Abschnitt erinnern wir daran, dass dies nicht der Fall ist.

*b) Einwände gegen eine Gruppierung auf Grund der Flechtenalgen.*

Seit langem sind nahe verwandte Flechtenpilze bekannt, die als Wirtspflanzen weit auseinander liegende Algengruppen wählen. Am gebräufigsten ist das Beispiel von *Peltigera canina* mit blaugrünen Flechtenalgen und *P. aphthosa* mit grünen. Bei einer Flechtesystematik auf Grund der Flechtenalgen würden die beiden Flechten weit auseinandergerissen.

Ein zweiter Einwand gegen die Verwendung der Flechtenalgen als Einteilungsgrund liegt in der von Schwenner (1869) aufgedeckten Übereinstimmung der in Flechten eingeschlossenen, chlorophyllhaltigen Zellen mit freilebenden Algenzellen, einem wichtigen Beweis für seine Theorie. Die Flechtenalgen bekamen damals ihren Platz im Algensystem, gleichgestellt den freilebenden Algen, von denen sie sich auch in physiologischen Eigenschaften nicht grundsätzlich unterscheiden.

*c) Die Stellung der Flechtenalgen im natürlichen System der Pflanzen.*

Seit Schwenner hat sich die Algensystematik verfeinert; besonders innerhalb von Gattungen einzelliger Algen fand man so verschiedene Formen, dass man sie neuen Gattungen zuweisen musste (vgl. Gattung *Palmella*). Eine weitere Schwierigkeit kam bei den Flechtenalgen dazu.

Im Flechtenthallus können die Algen Deformationen unterliegen, die durch die Einwirkung des Pilzes zustande kommen; welche chemischen Verbindungen des Pilzes wirksam sind, ist unabgeklärt. Die Art der Alge muss dabei konstant bleiben, wie heute selbstverständlich ist. Doch lesen wir bei Zahlbrucker (1926, S. 94; vgl. auch S. 23) von den *Coniocarpineae*: « Durch den mechanischen Einfluss der parallel sich streckenden Lagerhyphen werden die *Pleurococcaceen* direkt in *Stichococcus* übergeführt », welche Bemerkung wohl auf den Beobachtungen Neubers (1883) beruht. Anlässlich der Diplomarbeit (Winter 1934/35) widerlegte ich diese Ansicht, indem es gelang, mittelst Mikromanipulatur einzelne Flechtenalgen von *Conioctye furfuracea* zu isolieren und zu züchten. Wie die Untersuchung der reinkultivierten Alge ergab, gehört sie in die Gattung *Stichococcus*. Diese Alge behält also auch ohne den « mechanischen Einfluss der Lagerhyphen » ihre Gestalt bei.

Solche Fälle zeigen, wie wichtig oft die Kultivierung der Flechtenalgen für ihre Bestimmung ist. Wenn heute noch die Gattungszugehörigkeit mancher Flechtenalgen unbekannt ist, dann nur deshalb, weil niemand diese Algen züchtete. Bei den kultivierten Flechtenalgen ist bisher keine neue Gattung aufgetreten; die Flechtenalgen liessen sich in bestehende Gattungen freilebender Algen einreihen. Der Gattungsname

der Flechtenalgen war also gegeben. Schwierigkeiten bereitete die Artbezeichnung, weil dieselbe Flechte von verschiedenen Standorten verschiedene Algen beherbergen kann, die oft in der Flechte gleich aussehen, in Kultur aber Unterschiede zeigen. Die einzelnen Autoren nennen solche Algenklone Arten, Varietäten und Rassen oder nur numerierte Stämme.

*d) Die Bezeichnung « Gonidien » für Flechtenalgen.*

Als erster Lichenologe scheint Wallroth (1825—27) das Wort « Gonidien » oder Brutzellen für die grünen Teile der Flechten verwendet zu haben. Wallroth war nämlich der Ansicht, dass ein Gonidium (= eine Flechtenalge) imstande sei, zu einer ganzen Flechte auszuwachsen. Spätere Forscher nahmen sogar an, die den Flechtenalgen gleichenden freilebenden Algen seien nichts anderes als « frei vegetierende Flechtenzellen » und deshalb von der Liste der selbständigen Pflanzen zu streichen (Famintzin und Baranetzky, 1867).

Noch 1868 spricht Füisting von « gonidienbildendem Myzel ». Allmählich setzte sich aber Schwencklers Ansicht von der selbständigen Natur der Flechtenalgen durch, unterstützt vor allem durch Reinkulturen, wo aus Flechtenalgen nie eine Spur des Flechtenpilzes entstand und wo der Flechtenpilz nie Algen abschnürte. Die bekanntesten neueren Arbeiten über Reinkulturen von Flechtenalgen stammen von Artari, Treboux, R. Chodat, Warén, Jaag und H. Rath s.

Heute kann der Botaniker unter « Gonidien » mindestens drei verschiedene Dinge verstehen, nämlich die ungeschlechtlichen, nicht in den regelmässigen Generationswechsel eingehenden Fortpflanzungskörper der Algen oder die für die vegetative Vermehrung der Lebermoose wichtigen Brutzellen der Lebermoose oder die Flechtenalgen (Linsbauer, 1917). Rabenhorst (1870) nennt nur die grünen Flechtenalgen « Gonidien », die phycochromhaltigen (Blaualgen) dagegen « Chromidien »; für letztere ist auch der Name « Gonimien » bekannt (Smith, 1926).

Zur Vermeidung von Verwechslungen und weil der Ausdruck « Gonidien » als Bezeichnung für Flechtenalgen historisch falsch ist, schlagen wir vor, ihn fallen zu lassen.

*3. Gruppierung der Flechten auf Grund des Flechtenpilzes*

*a) Die Flechtenpilze als eigene systematische Gruppe.*

Unter der Voraussetzung, dass sich von einer gewissen pilzlichen Urform nur die Gesamtheit der Flechtenpilze weiterentwickelt hätte, wären wohl die meisten Mykologen mit einer Absonderung der Flechten-

pilze von allen übrigen Pilzen einverstanden. Weil aber die Flechtenpilze polyphyletischen Ursprung haben, sind viele Gruppen von Flechtenpilzen näher verwandt mit nichtlichenisierten Pilzen als mit anderen Flechtenpilzgruppen. Sie können vielleicht helfen, systematische Fragen zu klären, anderseits wird die Pilzsystematik die aus verschiedenen Wurzeln hervorgehende parallele Entwicklung von Pilzen zu Flechtenpilzen verstehen lehren.

*b) Die Stellung der Flechtenpilze im natürlichen System der Pilze.*

Es sind vor allem Mykologen, die darauf hinweisen, dass die Flechtenpilze den übrigen Pilzen gleichwertig sind. Von Tavel (1892) findet, die flechtenbildenden Pilze seien im Pilzsystem einzuordnen, sagt aber (S. 94) : « Da sie bisher nur in die unhaltbaren Flechtensysteme gebracht sind, während die Aufgabe, sie in das Pilzsystem einzureihen, ihrer Lösung noch harrt, müssen sie hier getrennt aufgeführt werden. » Doch gibt der Autor einige Angaben über verwandtschaftliche Beziehungen zwischen flechtenbildenden und anderen Pilzen, indem er bemerkt, dass « zu deren Verwandtschaft die Hauptmasse der auf Algen parasitisch lebenden und daher flechtenbildenden Discomyeten gehört » (S. 101). Die *Verrucariaceen* und *Pyrenulaceen* seien nahe verwandt mit den *Amphisphaerieen* und den *Sphaerelloideen*; mit den *Sphaerelloideen* ferner *Endocarpon*.

Ebenso deutet Reink e (1896) auf Beziehungen zwischen einzelnen Flechtenpilzen und Pilzen hin, so auf die Verwandtschaft der *Conio-carpineae* mit den *Protocaliciaceae-Patellariaceae*, *Mycocalicium* mit *Sclerotinia*, *Mycocolium* mit *Karschia-Buellia*.

Auch Lindau (1897) betont die Verwandtschaft der *Discolichenes* zu den *Pezizineae*, besonders den *Patellariaceae*, *Celidiaceae*, *Cenangiaceae* : « Die Apothezien dieser Flechten gleichen typischen Fruchtkörpern dieser Familien ganz und gar, und wenn man von der symbiotischen Lebensweise der Flechten absieht, so könnte man die *Discolichenes* ohne weiteres in die *Pezizineae* einreihen » (S. 175). Im selben Werk hält Lindau besonders die Abgrenzung gegen die *Patellariaceae* hin für schwankend. Als Beispiel nennt er *Karschia* und *Melaspilea*, die er als algenlose Typen der entsprechenden Flechtengattungen auffasst, erstere von *Buellia*, letztere von der Flechtengattung *Melaspilea*, die sich wohl nur durch den algenhaltigen Thallus unterscheide. Allgemein drückt sich der Autor aus (S. 219) : « Phylogenetisch gehören die Flechten (sc. Flechtenpilze, Thomas) als Ausläufer zu den Pilzen und die einzelnen Abteilungen sind daher, sobald ihr Verhältnis zu einer Pilzgruppe festgelegt ist, an der betreffenden Stelle dem Pilzreich anzugehören. Nur auf diese Weise ist es möglich, ein phylogenetisches und damit natürliches System der Ascomyceten anzubahnen. »

Aber auch Lichenologen deuten auf die nahen verwandtschaftlichen Beziehungen von Flechtenpilzen mit nichtlichenisierten Pilzen hin. Z a h l b r u c k n e r (1907) nennt die den Flechten nahestehenden Pilzgattungen oder -familien. Da auch N a n n f e l d t (1932, S. 45 f.) diese Vergleiche durchführt, ist eine Wiedergabe hier entbehrlich.

*c) Die Flechten als gesonderte, nach den Pilzen geordnete Gruppe.*

Es besteht die Möglichkeit, die Flechten als eigene Gruppe zu belassen und sie systematisch nach ihren Pilzen zu ordnen. Auf Nachteile einer solchen Gruppierung wurde schon vor Jahrzehnten hingewiesen. L i n d a u (1895 und 1897) findet es inkonsequent, Gattungen so zu zerreißen, dass ein Teil der Arten zu den Pilzen, der andere zu den Flechten gestellt wird. Wie die Flechten auch biologisch nicht ganz einheitlich sind, sei im folgenden Abschnitt angedeutet.

Die von L i n d a u (siehe oben) befürwortete Einreihung der Flechtenpilze zu den nichtlichenisierten Pilzen dürfte deshalb nur noch eine Frage der Zeit sein.

*d) Die Flechtenpilze als biologische Gruppe.*

Die flechtenbildenden Pilze erscheinen auf den ersten Blick als biologisch einheitliche Gruppe von Pilzen, die in hochstehendem Parasitismus sich von Algen ernähren. Wie aber z. B. die pilzlichen Erreger der Graskrankheiten biologische Verschiedenheiten aufweisen, so auch die Flechtenpilze z. B. in der Art und Weise des Ergreifens ihrer nahrungsliefernden Algen. B o r n e t (1874) zählt vier verschiedene Typen auf (vgl. auch N i e n b u r g 1917, W a l l e r t 1931, G e i t l e r 1933, 1934, 1937) : 1. Umspinnen der Algen durch Hyphenäste mit enger Verbindung ohne Haustorien, 2. Haustorienbildung, 3. Appressorienbildung, 4. nicht besonders differenzierte Hyphenenden wachsen auf oder in Algenmembranen, die vergallerten können. Einen fünften Typ, gleichzeitiges Auftreten von Appressorie und Haustorie beschreiben J a a g und T h o m a s (1934).

Halbflechten und Flechtenparasiten zeigen, dass es keine scharfe Grenze gibt zwischen flechtenbildenden und nicht flechtenbildenden Pilzen. In Natur scheinen halbflechtenartige Bildungen, bei denen ein sonst saprophytischer Pilz Algenzellen angreift und mehr oder weniger schnell tötet, häufig vorzukommen; sie sind wenig beachtet, weil der Pilz oft keine Fruchtkörper bildet.

So ist man in vielen Fällen im Zweifel, ob ein Pilz «flechtenbildend» vorkommt oder nicht. Z u k a l (1891) beschreibt *Gloeopeziza Rehmii* Zuk. als Epiphyt auf *Jungermannia*. Die Primitivknäuel als erste Stadien der Askusbildung scheiden Gallerte ab. Sie stehen durch über das Substrat hin kriechende Hyphen in Verbindung mit *Gloeocystiskolonien* oder

*Palmellaalgen*. In den « Pflanzenfamilien » von E n g l e r und P r a n t l reiht L i n d a u (1897) den Pilz unter den *Ascobolaceae (Pezizineae)* ein.

Ebenfalls Z u k a l beschreibt 1889 und 1890 die Flechte *Epigloea bactrospora* Zuk., deren Pilz auf einer grünen Gallertalge lebt. Z a h l - b r u c k n e r (1926) bezweifelt die Zugehörigkeit dieser Erscheinungsform zu den Flechten, in deren System er sie immerhin aufnimmt. Nun haben neuerdings J a a g und T h o m a s (1934) gezeigt, dass die Fruchtkörper des Pilzes stets durch reichliches Myzel mit einer bestimmten Algenart (*Coccomyxa epigloeae* Jaag et Thomas) auf charakteristische Weise in Verbindung stehen. In diesem Falle dürfen wir also von einer Flechte sprechen.

Halbflechten scheinen an Baumstämmen besonders in den Städten die grünen Überzüge zu sein. Sie bestehen aus zahlreichen einzelligen Algen, die immer von Myzel durchwuchert sind. S c h m i d (1933) hat darüber experimentelle Untersuchungen mit Deckglaskulturen gemacht, vermag jedoch nicht zu entscheiden, ob in diesen Überzügen vorwiegend eine Pilzart vorkommt, oder deren viele. Anlässlich der Diplomarbeit an der E. T. H. (Winter 1934/1935) habe ich diese Frage geprüft.

Mittels Mikromanipulator isolierte ich einzelne Teile der oidienartig stark gegliederten Hyphen und zwar womöglich solche, die mit Algenzellen in Verbindung standen. In 25 geimpften Reagensgläsern mit Malzagar entstanden 16 absolute Reinkulturen. Nach zwei Monaten erreichten die Kulturen Durchmesser von 1—20 mm; sämtliche waren dunkelbraun gefärbt. Nach Abimpfen auf verschiedene Nährböden zeigte sich makroskopisch wie auch mikroskopisch, dass es sich um mindestens 8 verschiedene Pilze handeln muss. Die Pilze bildeten keine Sporen und liessen sich deshalb noch nicht bestimmen. Das Wachstum in Kultur ist rascher als bei den mir bekannten Flechtenpilzen. Bei grösserer Zahl von Isolierungen dürften noch mehr verschiedene Pilze nachzuweisen sein.

Mikroskopisch kann man sich leicht davon überzeugen, dass diese grünen Überzüge neben verschiedenartigen Pilzen auch verschiedenartige Algen enthalten. Ob die einzelnen Pilze sich von beliebigen Algen ernähren können, oder ob schon eine gewisse Spezialisierung vorhanden ist, ob sie halb saprophytisch, halb parasitisch leben, zu welchen systematischen Gruppen sie gehören, sind ungelöste Fragen.

In K e i s s l e r s Werk über Flechtenparasiten (1930) finden wir Beispiele, wie man Flechtenparasiten lange als Flechten betrachtete und umgekehrt. N a n n f e l d t (1932, S. 65) hält es für wahrscheinlich, dass die Flechtenparasiten sich aus echten Flechtenpilzen entwickelt hätten. Die Flechtenparasiten zeigen aber immer ein rascheres Wachstum als Flechtenpilze in Flechten oder in Kultur. Beträgt doch der jährliche Zu-

wachs bei Flechten in den günstigsten Fällen zirka 1 cm in einer Richtung. In Kultur lässt sich die Wachstumsfähigkeit der Flechtenpilze bisher nur wenig steigern. Ein Flechtenpilz, der zum Flechtenparasiten wird, müsste also seine stammesgeschichtlich frühere, rasche Wachstumsfähigkeit wieder erlangen. Der bezüglich Parasitismus hochentwickelte Flechtenpilz, der sich in seiner Nahrungsaufnahme auf ganz bestimmte Algengruppen beschränkt hat, müsste wieder zu einer primitiven Art von Parasitismus zurückkehren. Beides scheint wenig wahrscheinlich und deutet auf die Entstehung der Flechtenparasiten als parallele Entwicklung zu den Flechtenpilzen, zeitlich etwas verspätet.

Weitere biologische Unterschiede zeigen die Flechtenpilze beim Zusammenleben mit Algen in der Bildung des Thallus, der Soredien, Isidien, Cephalodien, Podetien und der Flechtenstoffe.

Die in dieser Arbeit untersuchten Flechtenpilze stimmen anderseits in wichtigen biologischen Eigenschaften überein. Wenn auch der Pilz einer Flechte einen Teil seiner Nahrung aus dem Substrat bezieht, so sieht man doch als Hauptnahrungslieferanten die Flechtenalgen an. Die Flechtenalge vermehrt sich in Kultur verhältnismässig schnell, weil wir ihr günstigste Wachstumsbedingungen bieten können bezüglich Nährstoffe, Feuchtigkeit und Licht; in der Natur vermehrt sie sich langsam. Schnell wachsende, auf Algen parasitierende Pilze vermögen also keine Flechten zu bilden, weil ihre Nahrungsquelle sich zu wenig vergrössert, bei tödlichem Parasitismus sogar versiegt. Auf Grund dieser Überlegung erkennt man, dass nur langsam wachsende Pilzgruppen echte Flechten bilden können. Tatsächlich wachsen die Flechtenpilze sowohl flechtenbildend in der Natur als auch auf günstigsten Nährböden in Kultur sehr langsam im Vergleich zu andern Pilzen. Weil die Flechtenpilze zwischen ihrem Hyphengewirr in der Natur ständig lebende Algenwirte enthalten, die sie nicht oder nur langsam töten, sind sie hochstehende Parasiten.

Wie andere hochstehende Parasiten sind die Flechtenpilze von ihren Wirtspflanzen abhängig. Sterben diese Wirtsalgen aus, dann muss auch der Flechtenpilz aussterben oder zu den Imperfekten hinabsinken, denn er fruktifiziert in der Natur nur nach Bildung einer Flechte (abgesehen von Übergangsformen). Solche spezialisierten Formen dürften nicht mehr imstande sein, sich zu etwas Neuem (z. B. zu Flechtenparasiten) weiterzuentwickeln; sie können sich nur in Form von Flechten halten. Man denke an ein Relikt wie *Icmadophila ericetorum*, von deren Pilz die sämtlichen nächsten Verwandten ausgestorben sind.

Die Flechtenpilze sind also eine Zusammenstellung von Endformen des Pilzstammes, die gewisse gemeinsame Eigenschaften haben: langsames Wachstum, hochstehender Parasitismus auf Algen und teilweise

die Bildung von Soredien und kristallinen, schwerlöslichen Stoffen mit hohem Schmelzpunkt (« Flechtenstoffe »), sowie die Widerstandsfähigkeit gegen Trockenheit und hohe Temperaturen. Solchen Eigenschaften verdanken die Flechtenpilze ihr heutiges Bestehen. Sie ermöglichten ihnen, sich im Konkurrenzkampf — allerdings fast nur an den ungünstigsten Standorten — zu halten, während die meisten ihrer Verwandten unterlagen und ausstarben.

e) Die Nomenklatur der Flechtenpilze.

Nach der Erkenntnis, dass die Flechten aus zwei Pflanzen zusammengesetzt sind, benötigte man zur Bezeichnung dieser Pflanzen Namen. Schwenckner hat seit der Gleichsetzung der Flechtenalgen mit freilebenden Algen den alglichen Flechtenteil systematisch benannt, sich aber für die Benennung der Flechtenpilze und deren Vergleich mit nichtlichenisierten Pilzen nicht interessiert. Wie spätere Forscher brauchte er den bisherigen Flechtennamen für Flechten oder für Flechtenpilze, indem er z. B. 1873 spricht von « Flechten als Schmarotzern auf Algen » und damit die Flechtenpilze meint. Ebenso legt Reess (1871) keinen Wert auf eine Unterscheidung (S. 525): « Es gelang denn auch, durch Kultur der Sporenkeimschlüche von *Collema glaucescens* in *Nostoc lichenoides* vollständigen *Collema*-flechtenthallus zu erziehen. Dieses Ergebnis antizipierend, bezeichne ich in der folgenden Darstellung meiner Untersuchung den Hypnenteil der Flechte *Collema glaucescens* Hoffm. kurzweg als Pilz *Collema glaucescens* (emend.), den Gonidienteil als Alge *Nostoc lichenoides* Vauch. ».

Aus der Arbeit von Möller (1887) geht hervor, dass er wie Bréfeld (1908, S. 231) unter dem Flechtennamen bald den Flechtenpilz, bald die Flechte selbst verstanden hat: « Als eines der ersten geeigneten Versuchsobjekte wählte ich die allgemein verbreitete *Lecanora subfusca* L. » Hier (S. 18) meint er die Flechte; auf S. 20 aber den Pilz: « Die Myzelien der *Lecanora*, welche wir während der ersten vierzehn Tage ihrer Entwicklung verfolgt hatten, konnten mit blossem Auge noch unmöglich wahrgenommen werden. » Sernander (1907) will wie Reess (1871), dass man unter den bisherigen Flechtennamen die Flechtenpilze verstehe, ebenso Fink (1911, 1913) und E. Frey (1936). Diese Auffassung setzte sich aber nicht durch. Vielmehr benutzt heute die Mehrzahl der Lichenologen den Flechtennamen wieder für die Bezeichnung der ganzen Flechte, andere meinen damit immer noch bald die Flechte, bald den Flechtenpilz (Clement & Shear, 1931).

Es gelang also nicht, den für einen bestimmten Gegenstand eingebürgerten Namen für einen anderen Gegenstand zu verwenden. Wir wollen nicht den Flechtennamen als Bezeichnung für den Flechtenpilz gebrauchen, denn auch die Flechten, wie sie in der Natur vorkommen,

benötigen Namen. Schon S ch w e n d e n e r war der Ansicht, dass man die Flechtennamen für die Bezeichnung der einzelnen Flechten beibehalte (1869, S. 40) : « Soll ich zum Schluss noch ein Wort über die herkömmliche Bezeichnung „Flechten“ oder „Lichenen“ sagen, so denke ich nicht, dass wir einen triftigen Grund haben, dieselbe in Zukunft zu verschmähen. Die Lichenologie hat ihre besondere Geschichte und Literatur, warum sollte das Objekt, mit dem sie sich beschäftigt, nicht auch fernerhin seinen gewohnten Namen führen ? » Die Flechte behält ihren Namen bei, mit dem sie dem Botaniker bekannt ist, unter der Voraussetzung, dass diese Namen nicht systematische, sondern nur biologische Bezeichnungen sind, ähnlich wie man heute unter *Secale cornutum* (vgl. B a r g e r , 1931, S. 1 f.) die Einheit Pilz + Roggenkorn versteht; der Roggen besitzt einen systematischen Namen (*Secale cereale* L.) und der Pilz ebenfalls (*Claviceps purpurea* [Fr.] Tul.).

Gleich jedem anderen Pilz beansprucht der Flechtenpilz einen Namen, unter dem er in das natürliche Pilzsystem einzureihen ist und mit dem ihn der experimentelle Lichenologe praktisch benennt.

Für die Flechtenpilze Bezeichnungen zu schaffen, die in keinem Zusammenhang stehen zu den Flechten selbst, kommt nicht in Frage, weil es wertvoll ist, ohne Mühe am Flechtenpilznamen das Vorkommen in der Natur (in Form der Flechte) für den betreffenden Pilz zu kennen. Es bestehen zwei Möglichkeiten. Man kann z. B. die Pilze aus der bisherigen « Flechtengattung » *Xanthoria* bezeichnen mit *Mycoxanthoria* oder aber mit *Xanthoriomyces*.

Auf die Verwandtschaft zwischen freilebenden und flechtenbildenden Pilzen hinweisend, erwähnt N a n n f e l d t die erstere Möglichkeit (1932, S. 44) : « Für den Fall, dass von zwei miteinander nahe verwandten Arten die eine Gonidien besitzt, die andere aber nicht, wurden diese von zahlreichen Autoren der Gattung nach unterschieden; es wurde also für ein gonidienloses *Calicium* die Gattung *Mycocalicium* gebildet, für eine gonidienlose *Arthonia* die Gattung *Mycarthonia* usw. Ein echtes *Calicium* könnte man also als ein *Mycocalicium* + eine Alge auffassen, eine *Usnea* könnte man ex analogia als eine „*Mycusnea*“ + eine Alge bezeichnen usw. »

In der zweiten Bezeichnungsweise, z. B. mit dem Namen *Xanthoriomyces* für den Pilz von *Xanthoria*, liegen viele Vorteile gegenüber der ersten. Vier Punkte seien genannt :

1. An der wörtlichen Übersetzung *Xanthoriomyces* für den *Xanthoria*-pilz erkennt man den herkömmlichen Namen der Flechte *Xanthoria* besser.

2. Die Vorsilben « *Myco-* » verwendet man heute sowohl für Pilze, als auch für Flechten. Für die Endsilben « *myces* » trifft das zwar auch zu, fällt aber weniger ins Auge.
3. Es ist heute noch zu wenig untersucht, ob die bereits bestehende Pilzgattung *Mycocalicium* mit der Gattung der *Caliciumpilze* zusammenfällt. Wir bezeichnen deshalb den Pilz der Flechte *Calicium* mit dem Namen *Caliciomyces*. Ebenso ist der Pilz der Flechte *Coniocybe*, der mit der Pilzgattung *Roesleria* verwandt ist (vgl. Nannfeldt I. c., S. 45), zu bezeichnen als *Coniocybomyces*. Erst wenn in allen Punkten die Zusammengehörigkeit einer Flechtenpilzgattung mit einer bestehenden Pilzgattung erkannt ist, darf man Flechtenpilz- und Pilzgattung zusammenziehen. Besonders interessant wäre in solchen Fällen der Vergleich der Wachstumsfähigkeiten des Flechtenpilzes und des nichtlichenisierten Pilzes in Kultur.
4. In einem alphabetischen Verzeichnis werden wir nicht Hunderte von Pilznamen mit den Vorsilben « *Myco-* » finden, sondern die Flechtenpilze unter den gleichen Buchstaben, unter denen die Flechten standen.

Wir schlagen deshalb vor, zur systematischen Bezeichnung der Flechtenpilze die « Gattungsnamen » der Flechten mit der Endsilbe « -myces » zu versehen und die « Artnamen » der Flechten in den Genetiv zu setzen.

Unter *Xanthoriomyces parietinae* (L.) ist sowohl der aus Askosporen reinkultivierte Pilz, als auch der in der Natur möglicherweise aus Sporen wachsende Pilz, als auch der in der Flechte *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. enthaltene Pilz zu verstehen.

Während meines Schwedenaufenthaltes boten mir die Herren Prof. Dr. E. Du Rietz und Dozent Dr. J. A. Nannfeldt freundlicherweise Gelegenheit zur Besprechung taxonomischer Fragen der Flechtenpilze; Herr Prof. Dr. E. Gumann empfahl obige Benennung.

f) Unsere Kenntnisse über die Entwicklung der Apothecien und Pyknidien bei Flechtenpilzen.

Um die Verwandtschaft der Flechtenpilze einerseits untereinander, anderseits mit freilebenden Pilzen kennenzulernen, ist es nötig, ausser dem Bau der Fruchtkörper auch ihre Entwicklung in den Kreis der Beobachtung einzubeziehen. Erst dann lässt sich entscheiden, ob ähnliche oder gleiche Fruchtkörper homolog, d. h. der gleichen Pilzwurzel entspringend und somit verwandt sind, oder ob man es nur mit analogen, rein zufällig ähnlichen Bildungen zu tun hat, die nicht für eine Verwandtschaft sprechen. Aus diesem Grunde versuchte ich festzustellen,

wie weit heute unsere Kenntnisse über die Entwicklung der Flechtenpilzapothezien reichen.

In der folgenden Zusammenstellung berücksichtigte ich womöglich alle Arbeiten seit der Mitte des letzten Jahrhunderts. Der Autoname und die Jahreszahl der Bearbeitung sind in Klammer gesetzt; in gesonderter Klammer befindet sich die Seitenzahl, auf der die entsprechende Flechte bei Z a h l b r u c k n e r (1926) beschrieben ist. Methodische Angaben geben M ä u l e (1891), B a u r (1901 und 1904), G. W o l f (1905), M i g u l a (1929) und W a l l e r t (1931).

#### *Verrucariomycetaceae.* (S. 65.)

*Verrucariomyces Dufourii* (DC); (S. 66) (F ü i s t i n g 1868).

Zwischen den Flechtenalgen entsteht ein Knäuel, aus dem das Gehäuse gebildet wird. Auf dessen Grund wächst von der Mitte aus ein engverschlungenes Gewebe über die Innenfläche des Gehäuses, das die Aszi bildet. Keine Paraphysenbildung, nur Periphysen.

G i b e l l i (1870) will Aszi und Paraphysen als Sprossungen eines in der jungen Anlage liegenden Algenhäufchens entstehen sehen.

*Polyblastiomyces catalepae* (Ach.); (S. 68) (F ü i s t i n g 1868)

schliesst in die Pyknidien Flechtenalgen ein, die noch während der Konidienbildung vorhanden sind. Bei den Apothezien sind in der Knäuelbildung Flechtenalgen enthalten, die sich während des Auftretens der ersten im Peritheziumhohlraum entstehenden Periphysen vermehren, aber durch fortgesetzte Teilung immer kleiner werden. Zur Zeit der Askusbildung verschwinden sie. Durch Periphysenbildung wird im obersten Teil des kegeligen Gehäuses die Rinde durchbrochen, und es bildet sich ein Porus. Paraphysenbildung findet nicht statt.

#### *Dermatocarpomycetaceae.*

*Endopyreniomyces monstruosi* (Schaer); (S. 68) (F ü i s t i n g 1868).

In einem krugförmigen Perithezium bilden sich zugleich Periphysen und am Grunde die ersten Aszi, ohne Paraphysenbildung.

*Endocarpomyces miniati* (L.); (S. 73) (F ü i s t i n g 1868)

weist spärliche Periphysenbildung auf.

B a u r (1904) sieht an Trichogynspitzen oft Konidien kleben. 3—8 Karpogone sind zu einem dichten Knäuel verschlungen. Die Trichogyne ragen weit über die Oberfläche. Nach dem Verschwinden der Trichogyne beginnt ein lebhaftes Wachstum der die Knäuel umgebenden Hyphen. Aszibildung vor Öffnung des Peritheziums aus askogenen Hyphen am Grunde der Anlage.

*E. fluviatilis* (D. C.); (S. 73) (G l ü c k 1899).

Unter der Thallusrinde im oberen Teil der Algenzone liegt zu Beginn der Pyknidienbildung ein rundlicher parenchymatischer Gewebe-

körper mit dünnwandigen Zellen. Sie nehmen keine radiäre Anordnung an; die Membranen verdicken sich und können verschleimen. Eine Basiszelle erzeugt nur ein Sterigma.

*Pyrenulomycetaceae.* (S. 74.)

*Pyrenulomyces nitidae* (Schrad.); (S. 80) (Füisting 1868).

Ein Hyphenknäuel in der Algenschicht lässt ein Hyphenbündel zur Rindenoberfläche wachsen. Daraus differenzieren sich Periphysen. Erst nach Auftreten der Paraphysen werden Aszi gebildet.

Baur (1901) sieht in dem algenreichen Thallus Hyphenknäuel als Perithezienanfänge. Sehr früh wächst ein Hyphenbündel durch die Rinde an die Oberfläche. Ohne dass im Inneren eine deutliche Differenzierung stattgefunden hätte, wächst die Anlage bis zur Grösse eines Peritheziums. Dann treten einige dicke, kurzzellige Fäden auf, die Askogone. Ihre Zellen sind einkernig und isodiametrisch. Im Hyphenbündel erscheinen dickere, plasmareichere Fäden, die Trichogyne, die 5—10  $\mu$  über Rinde und Hyphenbündel ragen. In einer Peritheziumanlage liegen 5—10 Karpogone, die bei dieser Flechte nur im Februar bis April gebildet werden. Es scheinen alle Anlagen zur Entwicklung zu kommen. Die Entwicklung der jungen Anlagen geht innert weniger Wochen vor sich. Nach Verschwinden der Trichogyne bilden die Askogone ein Geflecht von askogenen Hyphen am Grunde der Perithezien.

*Cypheliomycetaceae.* (S. 98.)

*Cypheliomyces* (Th. Fr.); (S. 99) (Neubner 1893).

Wo umspinnene Algen eng nebeneinander liegen, sind Fruchtkörperanfänge zu suchen. Es sind Hyphenknäuel, die sich nicht besonders färben. Die Anlage hebt sich empor, wobei die Algen in der Umgebung zurücktreten. Die Aszi wachsen « ohne scharfe Übergänge » aus den Faserenden des reproduktiven Sprosses hervor. Pyknidien sind nicht vorhanden, aber oidienartige Bildungen.

*Arthoniomycetaceae.* (S. 104.)

*Arthoniomyces* (Ach.); (S. 104) (Bioré 1914).

Der Autor beobachtet bei der Apothezienentwicklung, dass die Paraphysen unregelmässig angeordnet sind mit vertikaler Hauptrichtung und häufigen vertikalen Verzweigungen, die sie auf weitere Distanz mit anderen Paraphysen verbinden.

*Graphidomycetaceae.* (S. 107.)

*Opegraphomyces* (Humb.); (S. 110) (Bioré 1914).

Die Paraphysen verlaufen vertikal, parallel, weisen aber seitliche Verzweigungen und Verbindungen mit den Nachbarhyphen auf.

*Graphidomyces elegantis* (Sm.); (S. 112) (G. Wolff 1905).

Die erste Anlage der Apothezienbildung dieser hypophloedischen Flechte sind Hyphenknäuel in tieferen Peridermlagen. Sie unterscheiden sich von gewöhnlichen Hyphen durch grösseren Durchmesser, stärkere Färbbarkeit und das scharf umgrenzte Lager. Die darüber liegenden Peridermlagen sind noch unverändert, dann werden sie gesprengt. Mehrere Karpogone verwachsen zu einer Gruppe. Die Trichogynspitzen ragen über den Thallus, wo ihnen Körperchen anhaften, « möglicherweise Spermatien ». Die Trichogyne sind langzellig und haben dicht unter der Spitze einen grossen Kern. Karpogon Zelle stark färbbar, etwa dreimal so dick wie die Hüllhyphen. Erst jetzt Bildung eines kohligen Gehäuses seitlich und oberhalb der Anlage. Durch Wachstum der Paraphysen und Aszi wird die Decke gesprengt. Unter den Entwicklungsstadien der Aszi ist das Achtkernstadium am häufigsten. Durch Absterben von Aszi und Paraphysen schwärzt sich später die Anlage; nur am Grunde bleiben lebende Zellen. Von diesen aus bilden sich neue Paraphysen und Aszi. Es regeneriert sich so ein neues Apothezium. Durch Wiederholung dieses Vorganges werden bis sechs Generationen ineinander geschachtelt. Unter der Apothezie sind 2—4 Peridermschichten hochgewölbt; dieser Raum ist von Gallerte und Hyphen erfüllt.

Bior et (1914) beobachtet vertikal-parallel verlaufende Paraphysen, die von der Basis bis zur Spitze vollständig isoliert sind.

#### *Gyalectomycetaceae.* (S. 144.)

*Gyalectomyces rubrae* (Hoffm.); (S. 146) (K r a b b e 1882).

Erstes Stadium ist die Knäuelbildung. Die Aszi entstehen nach den Paraphysen. Das Apothezium ist anfänglich angiokarp, wird dann aber gymnocarp.

#### *Coenogoniomycetaceae.* (S. 147.)

*Coenogoniomyces Linkii* (Ehrenbg.); (S. 149) (S c h w e n d e n e r 1862).

Als erstes Stadium wird die Knäuelbildung erkannt.

#### *Lichinomycetaceae.* (S. 160.)

*Lichinomyces confinis* (Ag.); (S. 163) (G. W o l f 1905).

Die Karpogone treten gruppenweise auf und sind schraubig gewunden. Trichogyne wurden nicht gefunden, jedoch sind diese Untersuchungen als nicht abgeschlossen zu betrachten. Pyknidien sind häufig vorhanden.

#### *Collematomycetaceae.* (S. 164.)

*Physmatomyces compacti* (Mass.); (S. 167) (S t a h l 1877).

Aus einem Knäuel entsteht die Pyknidie, die Pyknosporen erzeugt. In älteren Stadien wachsen aus dem lockeren Geflecht auf deren Basis

Trichogyne hervor, die bis über die Oberfläche reichen. Ältere Trichogyne zeigen Quellung der Querwände. Das askogene Gewebe vermehrt sich, und es werden Aszi gebildet. Die Apothezien gehen also aus Pyknidien hervor.

*Leptogiomycetes Hildenbrandii* (Garvogl.); (S. 172) (S t a h l 1877).

Der Autor sieht Trichogynspitzen durch die pseudoparenchymatische Rindenschicht hindurch wachsen. Erst infolge Befruchtung wird das Apothezium ausgebildet.

*Collematomyces microphylli* (Ach.); (S. 168) (S t a h l 1877).

In primären Hyphenknäueln, die der Thallusmitte entspringen, lässt sich ein Karpogon feststellen. Es besteht aus einem Askogon mit  $2\frac{1}{2}$  bis 3 Windungen und mit einem bis über die Oberfläche ragenden Trichogyn mit 6 bis über 12 Zellen. An ihren Spitzen befinden sich besonders nach Regenwetter oft Konidien, die sich durch Verschieben des Deckglases nicht entfernen lassen. Der Inhalt der Konidien scheint mit dem Trichogyn in Verbindung zu treten, das sich nachher charakteristisch verändert. Paraphysengewebe und askogene Hyphen sind verschiedenen Ursprungs. Die Aszi entstehen als « Aussackungen » der askogenen Hyphen.

*Collematomyces crispis* (Ach.); (S. 168) (B a u r 1898).

Die Karpogone bestehen aus 26—40 Zellen, davon gehören 15—20 zum gewundenen Askogon. Das Trichogyn ragt bis  $40\mu$  über die Oberfläche und ist bis  $6\mu$  breit. Der Kern der Trichogynspitze ist meist etwas grösser als bei den übrigen Karpogonzellen ( $2—3\mu$  gegenüber  $1—2\mu$ ). An degenerierenden Askogonen hat die Trichogynspitze nie Konidien, immer aber an den sich weiter entwickelnden. Nach Befruchtung des Trichogyns kollabieren seine Zellen, die Querwände quellen auf. Die Askogonzellen vermehren sich und treiben Seitenzweige, die askogenen Hyphen mit einkernigen Zellen.

*Collematomyces pulposi* (Bernh.); (S. 168) (S t a h l 1877).

Es findet die Bildung zahlreicher Karpogone statt, die mit *C. microphylli* übereinstimmend gebaut sind. In vielen Lagern entwickeln sie sich jedoch nicht weiter, was der dort « rudimentären » Konidienbildung zugeschrieben wird.

(B a c h m a n n , Freda 1912 und 1913). Die Konidien werden nicht in besonderen Behältern gebildet, sondern entspringen seitlich oder endständig an einer Hyphe, sind im Thallus eingebettet und werden nie frei. Sie sind homolog den in Pyknidien gebildeten Konidien (Pyknosporen) anderer Flechten. Es liegen 1—3 oder 4 Karpogone eingebettet beisammen. Aus dem eingerollten Askogon wächst das Trichogyn aus, aber nicht gegen die Oberfläche, sondern ± horizontal durch die Galerite und sucht Stellen, wo Konidien gebildet werden. Diese üben eine

Anziehungskraft auf die Trichogyne aus. Es findet Fusion der Konidie mit dem Trichogyn statt, worauf in den unteren Trichogynzellen eine charakteristische Veränderung vor sich geht. Eine genaue Untersuchung der aus askogenen Hyphen entstehenden Aszi fehlt.

*Collematomyces nigrescens* (Leers); (S. 168) Moreau 1926).

Das junge Askogon ist ein Knäuel mit einkernigen Zellen, deren abgrenzende Querwand durchloch ist. Viele Askogone haben kein Trichogyn; wo es vorhanden ist, reicht es nur ausnahmsweise bis zur Oberfläche. Die Askogonzellen wachsen und erhalten zwei und mehr Kerne. Dann machen sie verzweigten, einkernigen Hyphen Platz, worauf zweikernige folgen mit Ringbildungen auf der Seite. Sie verzweigen sich und bilden am Ende Aszi. An dieser Entwicklung haben die Konidien keinen Anteil. Das Askogon entwickelt sich ohne Befruchtung. Der vielkernige Zustand zeigt Ähnlichkeit mit dem coenocytischen der Askogonzellen der *Peltigeromycetaceen*.

*Stictomyces pulmonariae* (Hook.); (S. 185) (Borzi 1878).

Der Hyphenknäuel entsteht wenig unter der Algenzone und gliedert sich in Askogon und Trichogyn von variabler Länge. Einige trichogynreiche Lappen haben keine Pyknidien, was als Tendenz zur Diözie gedeutet wird.

*Stictomyces* (Schreb.) und *Ricasoliomyces amplissimae* (De Not.); (Sturgis 1890).

Dieser Autor fand keine der von Borzi beschriebenen Anfangsstadien und hält die Askosporenentwicklung für einen rein vegetativen Vorgang.

*Stictomyces linatae* (Ach.); (S. 185) (Glück 1899).

Direkt unter der Thallusrinde in der oberen Algenzone entsteht als Anfang der Pyknidienbildung ein Gewebe aus dickwandigen Hyphen mit polygonalen Zellen. Teilweise sind einzelne Algenzellen eingeschlossen. Es folgt radiäre Anordnung und Anastomosenbildung der einzelnen Pilzzellen. Während Interzellularen entstehen, beginnt die Konidienabschnürung.

*Lobariomyces scrobiculatae* (DC.); *Ricasoliomyces amplissimae* (De Not.); *Lobariomyces pulmonariae* (Hoffm.); (S. 185) (Moreau 1921).

Zwischen Mark und Algenzone entsteht ein Hyphenknäuel, der bis zu  $70\mu$  auswächst. Aus diesem Askogonknäuel wächst das Trichogyn bis durch die Rindenschicht: es kann sich mehrfach verzweigen. Das Trichogyn ist nur kurzlebig; bald geht es von aussen her fortschreitend zugrunde. Vor den Aszi werden Paraphysen gebildet.

*Peltigeromycetaceae*; (S. 187) (Moreau 1918).

Erste Anfänge des Askosporenapparates sind Askogone, die der Mark- (*Peltigeromyces* [Willd.], *Peltideomyces* [Ach.]) oder Algenzone

(*Solorinomyces* [Ach.]) entspringen. Sie bestehen aus grossen Zellen, isodiametrisch, anfänglich 1—2, dann mehrkernig. Sie treiben mehrkernige askogene Hyphen, die bald zweikernig werden. Das Zweikernstadium ist zeitlich und räumlich ausgedehnt. Die Endzellen der verzweigten askogenen Hyphen werden zu Aszi, in denen die zwei Kerne verschmelzen. Durch drei Teilungen entstehen acht Kerne, aus denen sich die Sporen bilden. Bei *Solorinomyces* degenerieren vier Kerne.

*Nephromatomyces tomentosi* (Nyl.) und *N. laevigati* (Ach.); (S. 188) (Fünftück 1884).

Grosse, zartwandige Zellen am Thallusrand unter der Rinde zeigen die erste Anlage. Sie stammen aus vegetativen Hyphen. Paraphysenbildung findet erst statt, wenn an Stelle der Askogone askogene Hyphen getreten sind. Konidien sind vorhanden.

*Nephromiomyces resupinati* (L.); (S. 189) (Moreau 1919).

In der Nähe des Randes bildet sich im Mark ein Knäuel aus Hyphen, deren Zellen grösser als die der benachbarten Markhyphen sind, fast isodiametrisch mit dichtem Plasma und grossem Kern, der mit einer grossen Nukleole versehen ist. Der Knäuel vergrössert sich, die äusseren Zellen bilden die Umhüllung der Pyknidie, die inneren die fertile Partie, wo jede Zelle auf einem Konidienträger eine Konidie trägt. Diese liegen dann in der Höhlung, bis sie sich öffnet und die Konidien sich ausbreiten. Sie messen 3—5  $\mu$  mal 2  $\mu$ , haben einen Kern und sind an den Enden etwas verdickt. Eine Zelle vermag anscheinend mehrere Konidien zu bilden.

*Solorinomyces saccatae* (L.); (S. 188) (Baur 1904).

Es entstehen nur wenige Karpogone, die sich fast alle weiterentwickeln. Die erste Anlage ist in der Algenschicht in Form von dicken, plasmareichen Hyphen ohne charakteristische Gestalt. Während die vegetativen Zellen 2—4kernig sind, weisen die Askogonellen einen, seltener zwei Kerne auf und sind dünnwandiger. Daraus geht ein askogenes Hyphengeflecht hervor, so dass die Entwicklung der Apotheken « rein vegetativ » ist. Trichogyne wurden nicht gefunden. Es ist eine strenge Trennung von askogenem und paraphysogenem Gewebe vorhanden.

(Moreau 1916) Die Hyphen der oberen Algenschicht bilden unter der Rinde eine, dann mehrere Schichten isodiametrischer Zellen, meist einkernig. Aus ihnen entstehen je eine bis mehrere Paraphysen. Dann erscheinen an ihrem Grunde askogene Hyphen, einkernigen Myzelzellen der Algenschicht entspringend. Sie werden im oberen Teile zweikernig; dort reichert sich ihr Plasma mit chromatischen Körnern an, und sie nehmen an Grösse zu. Aus den zweikernigen Zellen entstehen zweikernige, oft verzweigte Hyphen, die sich an der Basis der Paraphysen

horizontal ausbreiten. Am Ende von askogenen Hyphen entwickeln sich Aszi, einige auch seitlich. Hakenbildung wurde nie angetroffen. Im jungen Askus verschmelzen die beiden Kerne. Aus den 4 Kernen nach der zweiten Teilung entwickeln sich 4 Sporen. Im unreifen Askus verlängert sich jede, teilt ihren Kern und bildet eine Querwand. Der reife Askus enthält also 4 zweikernige, zweizellige Sporen. Es wurden weder Konidien noch Trichogyne gefunden. Typische Askogone fehlen. Die Sexualität ist stark verändert, ähnlich den Basidiomyzeten, wo jede Spur eines Gametangiums verlorenging. Später (1918) korrigiert sich Moreau: im Askus finden 3 Teilungen statt, aber nur 4 Kerne entwickeln sich zu Sporen, während 4 degenerieren. Vor der Kernfusion im Askus wurde nie eine solche beobachtet.

*Peltigeromyces aphthosae* (Willd.) und *P. venosae* (Hoffm.); (S. 191) (Fünfstück 1884).

Erste Anlage unterhalb der Algenschicht in geringer Entfernung vom Thallusrand, bestehend aus zahlreichen Askogonen. Sonderung in schlauch- und paraphysenbildendes Gewebe; ausser dem Ort der Entstehung stimmt die Entwicklung mit *P. caninae* (L.) überein.

*Peltigeromyces rufescens* (Sm.); (Fünfstück 1884).

Der Autor bemerkt bezüglich der Apothizenentwicklung, dass sie mit der von *P. caninae* genau übereinstimmt.

*P. caninae* (L.); (S. 191) (Fünfstück 1884).

Askogone und Askogonzellen sind besonders gross gegenüber anderen Arten. « Eine einzelne höckerartige Ausstülpung einer beliebigen Askogonzelle bildet die Einleitung zur Bildung des askogenen Fasersystems. » Die Askogone sind unter der Paraphysenschicht noch wahrnehmbar, im Gegensatz zu *P. horizontalis* (Hoffm.). Dieser Pilz weist, wie auch *P. polydactylae* (Hoffm.) gleichmässigere Grösse der Askogonzellen auf als *P. caninae* und *P. malaceae* (Fr.). Konidien fehlen.

*P. malaceae* (Fr.); (S. 191) (Fünfstück 1884).

Die erste Anlage erkennt man im Thallusrand auf der Höhe der Algenschicht als grosse, zartwandige Zellen, die unregelmässig gewundene Fäden (Askogone) bilden und Äste von vegetativen Hyphen sind. Die Askogone zeigen Anastomosen, ihre Zellen nehmen an Volumen zu. Am äusseren Thallusrand bilden die vegetativen Hyphen ein dichtes Gewebe. Nach reichlicher Paraphysenbildung beginnen die Askogone zu einem askogenen Hyphengewebe auszusprossen. Die Aszi entstehen als keulenförmige Auswüchse, an deren Basis sich eine Querwand bildet. Die ursprünglichen Askogonzellen werden bei Vermehrung der askogenen Hyphen und bei der Askusbildung aufgebraucht. Paraphysen- und

Schlauchgewebe sind streng geschieden, wachsen aber gleichschnell weiter. Eine Sexualität ist bei der Apothezienentwicklung nicht vorhanden.

*P. caninae* (L.); *P. rufescens* (Sm.); *P. polydactylae* (Hoffm.); *P. horizontalis* (Hoffm.); (Moreau 1915).

Das Askogon entspringt den Markhyphen am Rande und besteht aus einkernigen Zellen, die grösser sind als die gewöhnlichen Markzellen. Sie werden durch Teilung vielkernig und ihr Plasma dichter. Bald lassen sie mehrkernige askogene Hyphen auswachsen, die sich verzweigen und an ihrem Ende zweikernige Zellreihen abgrenzen. Die Endzellen dieser Dikaryontenketten verlängern sich und verwandeln sich in Aszi, wo Kernfusion stattfindet. Das dichter werdende Protoplasma der Askogonzellen gibt deren Alter an. In jungen Zellen gibt es weniger Kerne als in alten. Eine Kernverminderung durch Karyogamie wurde nie beobachtet, so wenig wie Kernpaarung. Die erste Mitose im jungen Askus ist heterotypisch, die zweite homoeotypisch, die dritte typisch (vegetativ). Die Mitosen besitzen bei *Peltigeromyces* einen besonderen Charakter unter den Askomyzeten: frühzeitiges Verschwinden der Nukleole und der Kernmembran; haploide Chromosomenzahl = 2 (gegen 4—8 bei anderen Askomyzeten). Ferner erscheinen zwei Chromosomen mit zwei Ästen in der Prophase der ersten Mitose. Die dritte ist wie in allen anderen Zellen einfach. Es findet bei *Peltigeromyces* nur eine Reduktion statt (chromatische) und nur die ersten zwei Teilungen haben daran Anteil.

#### *Lecideomycetaceae.* (S. 191.)

*Lecideomyces pilati* (Hepp); (Krabbe 1882)

bildet Aussprossungen von Apothezien durch Auswachsen von verzweigten Paraphysen zu einem Faserbündel (sekundäre Paraphysen).

*Lecidellomyces enteroleucae* (Krb.); (S. 196) (Lindau 1888).

Die Anlagen liegen in der Mitte der Algenschicht. Trichogyne wurden nicht bis zur Rindenschicht reichend gefunden. Die Paraphysen werden aus den askogonuschliessenden Fäden gebildet, und zwar von den Aszi. Pyknidien sind vorhanden. Aus einem ursprünglichen Apothezium können sich mehrere sekundäre bilden.

*Thalloedematomyces candidi* (Web.); (S. 199) (Glück 1899).

Erste Anlage der Pyknidie ist ein eiförmiges, kompaktes Gewebe aus polygonalen Zellen in der Algenzone. «Durch besondere Wachstumsverhältnisse» entsteht eine radiäre Anordnung; die einzelnen Zellen sind jetzt 2—3mal so lang wie breit. Durch tangentiales und radiales Wachstum entsteht die Höhlung, in die sich die Konidien abschnüren.

*Cladoniomycetaceae.* (S. 201.)

*Sphyridiomyces fungiformis* (Schr.); (S. 203) (K r a b b e 1882).

Die Bildung entsteht wenig unter der Oberfläche, « exogen ». Askogene Hyphen (« Schlauchfasern ») breiten sich unter der vorher gebildeten Paraphysenschicht aus. Aus der Stützzelle eines Schlauches entwickeln sich neue Zellen, die auch Schläuche tragen.

*Sphyridiomyces carnei* (Fw.); (K r a b b e 1882).

In einer Anlage befinden sich mehrere Knäuel (Askogone), aus denen askogene Hyphen hervorgehen. Paraphysen werden nicht gebildet, Schläuche nicht aufgefunden (?). *S. placophylli* (Wahlb.) ähnlich wie *S. fungiformis*.

*Sphyridiomyces* spec.; (N i e n b u r g 1908).

Die Anlage liegt in der Rindenschicht und macht sich durch eine Thallusanschwellung mit dickeren Zellen geltend. In einer Anlage befinden sich 10—15 Knäuel aus lockeren Hyphen ohne die übliche schraubige Gestalt der Karpogone. Trichogyne sind nicht vorhanden oder reduziert, Konidien selten. 1—3 Karpogone wachsen aus. Zwischen askogenen Hyphen und Paraphysen besteht kein Zusammenhang. Die Aszi entstehen aus der letzten Zelle der Traghypen.

*Baeomycomyces rosei* (Pers.); (S. 203) (K r a b b e 1882).

Die Anlage liegt unter der Markschicht auf dem Substrat und besteht aus zarten, verflochtenen Hyphen. Paraphysen und Aszi entstehen aus einem Grundgewebe, bevor der Stiel gebildet wird.

*Cladoniomyces papillariae* (Ehrb.); (S. 205) (K r a b b e 1882).

Durch Sprossung kann sich aus einem alten Apothezium ein sekundäres bilden. Dabei wachsen einzelne Paraphysen zu einem Faserbündel aus und lassen ein sekundäres Hymenium entstehen. Pyknidien kommen nicht auf den gleichen Podetien vor wie die Apothezien. Wenn die Abschnürung der Konidien begonnen hat, wird an der Mündung der Pyknidien ein roter Farbstoff abgeschieden, der die Konidien zusammenklebt.

*Cladoniomyces fimbriatae* (L.); (K r a b b e 1882).

Das Podetium wächst aus Rindenhyphen, hat also exogenen Ursprung. Die Apothezien gehen aus « lokalisierten Sprossungen des Trichterrandes » hervor. Aszi entstehen nach Beginn der Paraphysenbildung aus dem gleichen Gewebe. Für *C. bacillaris* (Leight) fand K r a b b e keine wesentlichen Unterschiede.

*Cladoniomyces pyxidatae* (L.); (B a u r 1904).

Auf dem Becherrand werden zuerst Pyknidien gebildet. Gleichzeitig werden in kleinen Höckerchen Karpogongruppen angelegt. Die Askogone liegen stark verknotet im zentralen Teil dieser Höcker. Nach allen Richtungen wachsen Trichogyne hervor und ragen mit der zugespitzten,

plasmareichen Endzelle über die Oberfläche. Die Karpogone entstehen aus plasmareichen Zweigen vegetativer Hyphen; ihre Zellen sind einkernig. Die Trichogyne verschwinden bei der weiteren Entwicklung. Nach Ausbreiten der askogenen Hyphen unter der Paraphysenschicht beginnt die Schlauchbildung. Nur das aus der Karpogongruppe hervorgehende Stück des Podetiums ist homolog den Apothezien der übrigen Flechten (gegen Krabbe).

*Cladoniomyces gracilis* (L.); (S. 207) (G. Wolf).

In kleinen Höckern auf dem Becherrand finden sich Apothezienanlagen mit Karpogongruppen. Die Askogone haben weitlumige Zellen, die sich stark färben. Es sind sehr zahlreiche Trichogyne vorhanden, an deren Spitzen viele Körnchen anhaften.

*Cladoniomyces degenerantis* (Spreng.); (G. Wolf 1905)

hat kleine Karpogone mit sehr zarten Trichogynspitzen. Im übrigen entsprechend *C. gracilis* und *C. pyxidatae*.

*Cladoniomyces furcatae* (Schrad.); (G. Wolf 1905).

Die Podetien bilden kleine Becher, so dass die Apothezien direkt auf den Astenden sitzen. In einem Höcker befindet sich immer eine Gruppe von Karpogonen. Die Askogonellen sind etwas länger als bei den übrigen untersuchten Formen, sonst herrscht Übereinstimmung; es finden sich keine Schraubenbildungen der Karpogone.

*Stereocaulomyces paschalis* (L.); (S. 208) (G. Wolf).

Podetien bis 5 cm, ähnlich *Cladoniomyces*, nicht aber die Apothezienentwicklung. Die jüngsten Stadien sind eiförmige Geflechte dicker Hyphen dicht unter der Rinde, scharf abgegrenzt gegen den Thallus. Trichogyne wurden keine gefunden. Der Anfang der Gehäusebildung macht sich durch Dunkelfärbung des umgrenzenden Thallus bemerkbar. Die askogenen Zellen liegen am Grund der Anlage, die sich über das Niveau des Thallus erhebt, zuerst konkav, dann konvex gewölbt. In der Umgebung der Anlage bleiben wenig Gonidien.

*Gyrophoromycetaceae*. (S. 209.)

*Gyrophoromyces velleae* (L.); (S. 210) (Krabbe 1882).

Die « Faserknäuel » werden im unteren Teil der Algenschicht angelegt. Während der Entwicklung sterben die Algen im Umkreis der Apothezien ab.

*Gyrophoromyces cylindrica* (L.); (Baur 1904).

Die Askogone der zu einer Gruppe vereinigten Karpogone sind nicht durcheinander verschlungen. Die Trichogynspitzen ragen weit über die Thallusoberfläche, verschwinden dann vollständig. An ihre Stelle treten Paraphysen (gegen Lindau). Die Askusbildung ist nicht beschrieben.

*Pertusariomycetaceae.* (S. 217.)

*Pertusariomyces communis* (DC.) und *P. leioplacae* (Schaer.); (K r a b b e 1882).

In einem primären « Faserknäuel » treten in älteren Stadien dicke, plasmareiche Hyphen auf, die bei der Askusbildung wieder verschwinden. Vom Paraphysengewebe werden Algen eingeschlossen, die sich lebhaft teilen und kleiner werden als die Thallusalgen. Durch Sprossung können neue Apothezien entstehen.

*Pertusariomyces communis* (DC.); (B a u r 1901).

Die ersten Apothezienanlagen liegen dicht unter der Algenschicht. Die Hyphen der Knäuelbildung sind weitlumiger, dünnwandiger, ihr Plasma und ihre Kerne sind stärker gefärbt als bei den übrigen Thallushyphen. Die Askogone liegen bis zu 20 in einem Knäuel und sind vielzellig. Ihre Zellen sind einkernig und messen 4—5  $\mu$  mal 3—4  $\mu$ . Trichogyme ragen selten bis über die Rinde; ihre Zellen sind plasmareich und dünnwandig (4—6  $\mu$  mal 3—4  $\mu$ ). Karpogone finden sich während des ganzen Jahres, maximal im Herbst und Frühling. Da ihre Zahl klein ist, degenerieren nur wenige. Aus den Askogonen wachsen zartwandige Zellen mit körnigem, vakuolenreichem Plasma und je einem Kern. Diese askogenen Hyphen, von Hüllhyphen dicht umflochten, bilden ein Fasersystem für sich. Die Hüllhyphen nehmen den Charakter von Paraphysen an. Die askogenen Hyphen bilden ein Netzwerk, aus dem die Aszi entspringen. Sekundäre Apothezien können gebildet werden durch Aussprössungen, nach B a u r infolge Dickenwachstums des Thallus, weshalb die untere Anlage abstirbt und sich eine neue darüber bildet. Durch Weiterwachsen der askogenen Hyphen kann die Anlage auch seitlich verlagert werden (bis 2 mm). Dabei beginnen an irgendeiner Stelle die vegetativen Hyphen lebhaft zu wachsen und bilden Hüllhyphen und Paraphysen eines neuen Apotheziums. Auf diese Weise entstehen mehr Apothezien als direkt. Die sekundären Apothezien wiesen keine Trichogyme auf, ein Grund gegen die Terebratortheorie L i n d a u s.

*Lecanoromycetaceae.* (S. 220.)

*Lecanoromyces subfuscæ* (Ach.); (S. 221) (L i n d a u 1888).

Zahlreiche Askogone liegen in der oberen Algenschicht oder etwas tiefer beisammen, jedes mit  $\frac{1}{2}$ —2 Windungen. Ein Askogon kann zwei Trichogyme haben; seine Zellen messen 5  $\mu$  mal 13  $\mu$ . Die Trichogynspitze ragt wenig über die Oberfläche. Nach ihrem Verschwinden sprossen die Askogone zu askogenen Hyphen aus, an deren Enden die Aszi entstehen. Gleichzeitig werden Paraphysen gebildet. In einer Anlage kann sich mehr als ein Askogon entwickeln.

(B a u r 1904) Die Karpogone liegen in Gruppen von 5—10; ihre Zellen sind einkernig. Die Askogonzen sind kurz und gedrungen, die Trichogynzellen langgestreckt und etwas schmäler. Die Trichogyne ragen mit ihren Spitzen deutlich über den Thallus. Karpogon und Paraphysen sind vor den Trichogynen vorhanden. Die askogenen Hyphen breiten sich am Grunde der Anlage aus.

(C. M o r u z i 1932) Das Askogon weist mehrere nicht verzweigte Trichogyne auf. Aus den einkernigen Askogonzen gehen askogene Hyphen mit einkernigen Zellen hervor. Erst wenn die Apothezienbildung weit fortgeschritten ist, werden die Zellen zweikernig und bilden seitlich Höcker. Die Aszi sind die Endzellen zweikerniger Zellketten.

*Squamariomyces* (= *Lecanoromyces*) *saxicolae* (Hook.); (S. 224) (C. M o r u z i 1932).

In einer Pyknidie wurde die Bildung von drei Askogonen beobachtet, von denen eines mit Trichogyn versehen war.

*Icmadophilomyces aeruginosae* (Scop.); (S. 226) (N i e n b u r g).

Die Anlage liegt unter der Algenschicht als kleiner, dichter Knäuel. Einzelne Hyphen werden dicker und farblos. In einer Anschwellung liegen 20—30 Karpogone. Die Trichogyne ragen über die Oberfläche; es kleben oft Konidien an ihrer Spitze. 6—9 Karpogone bilden askogene Hyphen. Der Askus entsteht aus der vorletzten Zelle der Traghyphe: « Pferdekopfbildung ». Die Pyknidienbildung beginnt mit der Anlage eines kugeligen Komplexes stark färbbarer Hyphen in der Algenzone. Diese nehmen radiäre Anordnung an und bilden sich zu Sterigmen um. Zugleich wächst die Anlage über die Oberfläche ähnlich der Fruchtkörperanlage. Die Pyknidie füllt sich mit Konidien. Nach Bildung des Ostiums wächst die Pyknidie schüsselförmig aus.

*Phlyctidomyces agelaeae* (Ach.); (S. 227) (K r a b b e 1882).

Erste Anlage ohne Knäuelbildung in der unteren Marksicht. Es werden wenige Aszi gebildet. Durch Sprossungen können Verlagerungen eines Apotheziums vorkommen.

*Parmeliomycetaceae*. (S. 229.)

*Parmeliomyces tiliaceae* (Hoffm.); (S. 233) (L i n d a u 1888).

Die Anlagen lassen deutlich gewundene Askogone erkennen mit dicken, kurzen Zellen und liegen an der oberen Grenze der Algenschicht. Trichogyne scheinen vorhanden zu sein.

*Parmeliomyces acetabuli* (Neck.) und *P. physodis* (Ach.); (G l ü c k 1899).

Pyknidien entstehen direkt unter der Thallusrinde aus einem Hyphenknäuel, der radiäre Struktur annimmt. Während im peripheren Abschnitt Teilungsvorgänge vor sich gehen, lockern sich im Innern die

Zellen, wodurch Interzellularen entstehen, die an Umfang zunehmen. Schliesslich erkennt man aussen Basalzellen, die gegen innen Konidienstände tragen.

*Parmeliomyces acetabuli* (Neck.); (B a u r 1901).

3—6 Karpogone sind durch Umhüllung von rindenähnlichem Plektenchym vereinigt (50—70  $\mu$  breit). Die Askogone sind schraubig gewunden, die Trichogyne wachsen gerade gegen die Oberfläche. Alle Askogone sind zu einem Knäuel verschlungen. Ihre Zellen sind weitlumig (2—3 mal 3—5  $\mu$ ) mit körnigem Plasma und einem Kern in der Mitte. Die Trichogyne bestehen aus 3—6 Zellen, die ähnlich den Askogonzellen sind, aber die äusserste länger und schmäler; die Spitzen ragen 10—15  $\mu$  über den Thallus. Wegen einer ausgeschiedenen, klebrigen Masse haften Fremdkörper daran. Karpogone werden das ganze Jahr hindurch gebildet; junge Lappen tragen pro  $\text{cm}^2$  20—30 Karpogongruppen. Es werden viel mehr Karpogone gebildet, als sich zu Apothizien entwickeln können. Zwischen den Apothizien finden sich oft rückgebildete Karpogongruppen. An Karpogonen, die sich weiterentwickeln, verschwinden Trichogyne. Die Hüllhyphen vermehren sich durch Zuwachs von Thallushyphen. Der Durchbruch der Anlage erfolgt wie bei *Physciomyces* (nach D a r b i s h i r e). Die Trichogyne funktionieren nicht als Terebratoren.

(B a u r 1904) Nach Verschwinden der Trichogyne vergrössert sich die ganze Anlage. Anscheinend sind mehrere Karpogone einer Gruppe an der Bildung der askogenen Hyphen beteiligt. Ein sich kräftig entwickelndes Apothizium scheint die Degenerierung benachbarter junger Apothizien zu befördern durch hemmende Wirkung.

*Usneomycetaceae*. (S. 238).

*Ramalinomyces fraxineae* (Fr.); (S. 242) (L i n d a u 1888).

Das Askogon wird direkt von vegetativen Fäden gebildet. Die Askogonzellen sind 4  $\mu$  breit, die vegetativen Hyphen 2  $\mu$ . In einer Anlage befinden sich viele Askogone, von denen jedes ein über die Oberfläche ragendes (8—12  $\mu$ ) Trichogyn hat. An den Trichogynspitzen kleben häufig Konidien, aber ohne Zusammenhang des Plasmahalters. Nach Absterben der Trichogyne beginnt sich das Paraphysengewebe zu entwickeln. Die askogenen Hyphen einer Anlage werden möglicherweise von mehreren Askogonen gebildet.

(G. W o l f 1905) Die Karpogone liegen gruppenweise in Erhebungen der Thallusrinde. Trichogyne sind zahlreich und reichen weit über die Rinde. Die Askogone sind unregelmässig verflochten mit breiten, stark färbbaren Zellen. Die Anlagen liegen dicht unter der Oberfläche.

*Usneomyces barbatae* (Web.); (S. 245) (N i e n b u r g 1907).

Zuerst erfolgt Anschwellung der Thallusrinde und Bildung von Primordialhyphen der Karpogone, die dann zu 5—6 in einer Anlage auftreten. Die Trichogyne verschwinden bald. Es entwickelt sich nur ein Askogon zu askogenen Hyphen. Paraphysen bilden sich aus vegetativem Gewebe. Die Aszi entstehen aus der vorletzten Zelle der Traghyphe. Spermogonien sind vorhanden.

*Caloplacomyctaceae.*

*Placodiomyces saxicoli* (Krb.); (S. 249) (Lindau 1888).

Zwischen den Algen liegen mehrere Askogone beisammen. Jedes trägt ein Trichogyn, das durch plasmareiche Zellen ausgezeichnet ist und über die Oberfläche ragt. Die Bildung von Aszi und Paraphysen erfolgt gleichzeitig. Konidien sind vorhanden.

*Caloplacomyces murorum* (Hoffm.); (C. Moruzi 1932).

Erstes Anzeichen der Apothezienbildung ist ein Zellknäuel, das Karpogon, in der Höhe der Algenschicht. Es besteht aus Askogon und Trichogyn mit über die Oberfläche reichender Spitze. Im Askogon folgt auf ein einkerniges Stadium ein mehrkerniges, woraus die einkernigen Zellen der askogenen Hyphen hervorgehen. Ihr Übergehen in den zweikernigen Zustand darf als ein Anzeichen baldiger Askusbildung angesehen werden, indem jetzt seitliche Ringbildung auftritt. Die äussersten Zellen der zweikernigen Hyphen verwandeln sich in Aszi. Die Konidien spielen keine Rolle bei der Apothezienentwicklung.

*Teloschistaceae.* (S. 251.)

*Xanthoriomyces parietinae* (Th. Fr.); (S. 251) (Lindau 1888).

Anlagen finden sich in der oberen Algenschicht. Erst nach Aussprossen des Askogons und Bildung der Aszi werden vom benachbarten Gewebe Paraphysen gebildet, die verzweigt sind.

(G. Wolff 1905) Jüngste Stadien sind selten, also geht die Entwicklung rasch vor sich. Trichogyne wurden nicht gefunden. Die jüngsten Stadien bestehen aus einem lockeren Hyphengeflecht, das sich durch kurze, dicke Zellen auszeichnet. Über den Paraphysen kein Hohlräum, wie Lindau angibt. Ein Excipulum proprium fehlt wie bei *Physciomyces pulvriulenta*. Die Fruchtkörper entstehen rein vegetativ (wie bei *Parmeliomyces physodis* nach Meger und bei *P. olivacea* nach Bauer).

*Physciomycetaceae.* (S. 256.)

*Physciomyces stellaris* (Nyl.); (S. 257) (Lindau 1888).

Mehrere Askogone finden sich in der Algenzone beisammen. Die Zellen der Askogone messen  $3\ \mu$  mal  $2,7\ \mu$ ; jedes ist mit einem Trichogyn versehen, das oft erst im Bogen zur Oberfläche führt und zirka  $7\ \mu$

darüber ragt. Wenn es verschwunden ist, bildet das Askogon Verzweigungen, an denen Aszi entstehen. Es scheint sich nur ein Askogon zu entwickeln. Paraphysen bilden sich erst nach den ersten Askusanlagen.

*Phyciomyces pulverulentae* (Nyl.); (Lindau 1888).

In der Algenschicht liegen stets mehrere Askogone, die Trichogyne besitzen, ähnlich *P. stellaris*.

(Mäule 1891) Am unteren Rand der Algenzone liegen kugelige Knäuel, die sich beim Weiterwachsen in die Algenzone hineindrängen. Die zarten Anfangsstadien werden von wenigen, kurzzelligen Hyphenästen ausgebildet. In der Rinden- und Markschicht färben sich einzelne Zellen mit Chlorzinkjod (bis 10 Tage) intensiv braunrot, die sich nach Lindau zu Askogonen umbilden sollen (Primordien). Das ist nicht der Fall, da sich die jungen Askogone anders färbten und keine Übergangsformen vorhanden sind.

(Darbshire 1900) Das Karpogon entspringt einer Markhyphe und besteht im unteren Teil aus einer gewundenen Zellreihe von 10 bis  $12\ \mu$  Breite gegen  $3\ \mu$  der Markhyphen. Das Trichogyn ragt bis  $30\ \mu$  über die Oberfläche. Die äusserste Trichogynzelle hat einen grösseren Kern als die übrigen; an ihr kleben oft Konidien. Als Terebrator scheint das Trichogyn unfähig zu sein. « Der eigentliche Befruchtungsprozess harrt noch der Untersuchung. » Eine Unterscheidung von Askogon und askogenen Hyphen wird nicht vorgenommen, dagegen wird Henkelbildung beobachtet.

*Phyciomyces albae* (Fee.); (Baur 1901).

Die Karpogone werden in der Mitte des Markes angelegt, also tiefer als bei *P. pulverulentae*. Sonst ähnliche Entwicklung.

*Anaptychiomyces ciliaris* (Krb.); (S. 258) (Lindau 1888).

Aus vegetativen Hyphen wachsen einzelne Zellen keulig hervor an der unteren Algenzone, die Primordien (« Askogoninitialen »). Sie sind plasmareicher und länger als die gewöhnlichen Zellen ( $15-20\ \mu$  gegen  $10-12\ \mu$  der Markhyphenzellen). Übergangsstadien zu fertigen Askogonen wurden nicht gefunden. Die Askogone beschreiben mehrere Windungen, die einzelnen Zellen sind tonnenförmig,  $7\ \mu$  mal  $4,5\ \mu$ . Im mittleren Teil der Algenschicht liegen sie zu mehreren beisammen. Die Paraphysen entstehen ursprünglich aus Markhyphen. Jedes Askogon setzt sich gerade gegen die Rinde in ein Trichogyn fort, das etwas über die Oberfläche ragt. Seine Zellen sind länger und schmäler und an der Spitze haften Konidien besser als an der Rinde, aber ohne eine Membranbrücke zu bilden. Anscheinend gelangt nur ein Askogon zur Entwicklung. Nach Absterben des Trichogyns bilden sich die Paraphysen. Aussprossungen des Askogons verflechten sich mit dem Paraphysengewebe. Die darüberliegende Rinde stirbt ab. Die Aszi werden als

« letzte Auszweigungen » des askogenen Gewebes gebildet. Die Pyknidien entstehen in der Algenzone aus einem dichten Knäuel. Das fertige Pyknidium ist äusserlich als kleine Erhöhung erkenntlich mit schwarzem Fleck in der Mitte (Mündung).

(Glück 1899) Als Ursprung der Pyknidie entsteht im oberen Teil der Algenzone ein Knäuel aus dickwandigen Zellen mit je einem Öltröpfchen. Während sich die Anlage zu einem Höcker emporhebt, nimmt sie im Innern radiäre Struktur an, die mit dem Heranreifen wieder verschwindet.

(Baur 1901 und 1904) Die Apothekenentwicklung ist ähnlich wie bei *Physciomyces*. Die Karpogone sind gross und freiliegend und auf jungen Lappen von blossem Auge als Höcker erkenntlich. Zahlreiche Karpogone liegen in lockeren Gruppen, mit oder ohne Trichogynen, an denen oft Konidien kleben. Degenerierende Karpogone sind nicht selten. Die askogenen Hyphen sind dünnwandig, von unregelmässiger Form und getrennt vom paraphysogenen Gewebe. Askusbildung : « Bei *Anaptychia* (bzw. *Anaptychiomyces*, Thomas) entwickeln sich die Aszi nämlich in ganz entsprechender Weise wie bei den andern in neuerer Zeit daraufhin untersuchten Askomyceten. Ich will hier jedoch nicht weiter darauf eingehen, ich gedenke, bei einer anderen Gelegenheit auf die Sporenbildung im Flechtenaskus zurückzukommen. »

## Kapitel VI

# Flechtensynthesen in Reinkultur

### A. Die Syntheseversuche von Bonnier (1889)

Zusammenfassungen über die bisherigen Syntheseversuche mit und ohne Reinkulturen finden sich in verschiedenen lichenologischen Schriften, vgl. die klare Übersicht von Werner (1927, S. 2). Nach der Analyse zahlreicher Flechten und der Untersuchung ihrer Flechtenbildner war es naheliegend, auch Versuche für Flechtensynthesen anzulegen. Dabei musste mich die Arbeit von Bonnier (1889) über synthetisierte, in Reinkultur fruktifizierende Flechten interessieren. Weil einzelne Autoren die Arbeit annehmen, andere sie aber ablehnen, mögen einige Punkte besprochen sein.

1. Die auf S. 6 f. angegebene Methode zum Kultivieren der Algen kann heute nicht mehr befriedigen. Die Algen wachsen dort auf Substraten, die ein Überhandnehmen von Pilzen und Bakterien fast ausschliessen. Ihr Vorhandensein war deshalb nicht zu beobachten. Ähnliches gilt für die Kultur der Pilze. Die von *Xanthoriomyces parietinae* ausgeschleuderten Askosporen zum Beispiel sind immer nur teilweise frei von Bakterien. Auf Malzagar wachsen die Bakterien so rasch, dass man sie leicht erkennt, nicht aber auf den von Bonnier verwendeten Unterlagen (vgl. Moreau, 1928, S. 32).

2. Bonnier verwendet als Substrat bei 115° sterilisierte Rinde (ohne Angabe von welchen Bäumen). Sterilisierte Rinde von Apfel- und Birnbäumen erwies sich in meinen Versuchen als ungünstige Unterlage; Flechtenpilz und Flechtenalge entwickelten sich schlecht, offenbar wegen der beim Sterilisieren entstandenen Zersetzung mancher organischer Verbindungen.

3. Um der synthetisierten Flechte die richtigen Feuchtigkeitsverhältnisse zu geben, empfiehlt Bonnier, das Rindenstück an einem Draht in einem Reagensglas oder Fläschchen (S. 7 und S. 10) einige Zentimeter über der Flüssigkeit aufzuhängen; dann soll die für das Wachstum günstige Feuchtigkeit vorhanden sein. Zur Prüfung hängte ich in gleicher Weise auf Rindenstücken wachsende Flechten aus der Natur auf und beobachtete sie während eines Jahres. Rindenstück und

Flechte vertrockneten bald. Der Dampf des darunter liegenden Wassers genügte nicht, denn die Flechten stellten ihr Wachstum ein. Ist unter diesen Umständen eine Synthese möglich?

4. Unverständlich ist die Beschreibung der Apparatur auf S. 12. Bonnier gibt an, dass Luft die durch Wasser strömte, ihren Feuchtigkeitsgehalt ohne Abkühlen oder Druckerhöhung wieder abgeben könne in tropfbar flüssiger Form. Wieso würde sich das Wasser in den letzten Gläsern ansammeln (S. 12, unten)?

Mit Chodat (1913, S. 192) wünscht wohl jeder Lichenologe, dass Syntheseversuche von neuem, auf breiter Grundlage und mit einwandfreien Reinkulturen zur Durchführung gelangen.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass Herr Doz. Dr. O. Jagg anlässlich eines Vortrages «Über Reinkulturen von Flechtengonidien» am 9. März 1931 in der Bernischen Botanischen Gesellschaft einerseits Reinkulturen der in einer früheren Arbeit (1929) beschriebenen Flechtenalgen, sowie Reinkulturen von *Parmeliomyces acetabuli*, *P. saxatilis* und *Physciomyces pulverulentae* vorwies, anderseits die Ergebnisse seiner Syntheseversuche. Bei *Parmelia acetabulum* handelte es sich bereits um flechtenähnliche Gebilde.

## B. Eigene Syntheseversuche

### 1. Syntheseversuche, die nicht zu flechtenähnlichen Gebilden führten

Bei der Schwierigkeit, die durch Reinkultivierung getrennten Flechtenbildner wieder zu einer Flechte zu vereinigen, sind sehr viele Syntheseversuche missglückt. Ohne mich in eine Beschreibung der einzelnen Fälle verlieren zu wollen, scheint doch ein Erwähnen dieser ungünstigen Methoden der Zusammenstellung wert. Einerseits ist daraus zu ersehen, welche Wege nicht zu beschreiten sind, anderseits können daraus Anregungen hervorgehen.

a) Syntheseversuche auf Agarböden: Da sämtliche Reinkulturen von Flechtenpilzen und Flechtenalgen auf Agarnährböden verhältnismässig gut wuchsen, war es naheliegend, auch für Synthesen Agarböden zu verwenden. Auf Malzagar, Peptonagar, Pepton-Glukoseagar und Knopagar von der in Kap. I, A, 5. beschriebenen Zusammensetzung impfte ich in Erlenmeyerkolben einerseits Flechtenpilz und Flechtenalgen, die aus der gleichen natürlichen Flechte isoliert worden waren, anderseits Flechtenpilze und Flechtenalgen aus verschiedenen Flechten. In den meisten Fällen wuchs zwar der Flechtenpilz in die Algenklümchen hinein, und es entstand ein Knäuel aus Flechtenpilzhyphen und Algenzellen; flechtenähnliche Gebilde entstanden aber nicht.

Um den Flechtenbildnern einen trockeneren Nährboden zu bieten, impfte ich sodann Flechtenpilze und Flechtenalgen auf Substrate mit 5 % Agar mit und ohne 2 % Malzzugabe und mit Knopscher Nährösung. Solche Nährböden waren etwas günstiger; in der Mitte der Kulturen bröckelte das Pilz-Algengemisch oft auf und bildete soredienähnliche Klümpchen. Dass aber Flechten entstehen könnten, schien nach dem Aussehen der Kulturen unwahrscheinlich.

Seither beobachtete ich oft, dass Soredien aus der Natur ihre Flechtereigenschaften verlieren, wenn man sie auf Agarnährböden aussät. Flechtenpilz und Flechtenalgen trennen sich und leben selbstständig weiter. Aus diesem Grunde scheinen Agarnährböden für Flechtensynthesen ungeeignet.

*b) Syntheseversuche mit Nährösungen:* Bei diesen Versuchsreihen befanden sich in 400 cm<sup>3</sup> Erlenmeyerkolben 150 cm<sup>3</sup> 2prozentige Malzlösung oder Knopsche Nährösung mit 1 % Pepton oder 1 % Pepton + 2 % Glukose oder 2 % Glukose oder ohne Zusatz. In der Nährösung stak ein Stück Tannenholz oder Birnbaumholz oder Apfelbaumrinde oder Gips, wobei etwa zwei Drittel des betreffenden Stückes über die Wasseroberfläche hinausragten. Auf über dem Wasser befindliche Stellen impfte ich Flechtenpilz und Flechtenalge. Beide Flechtenbildner wuchsen schlecht auf Rinde, offenbar wegen den beim Sterilisieren entstandenen Zersetzungsprodukten. Aber auch dort, wo beide Flechtenbildner gut wachsen, erkennt man leicht, dass diese Methode für Flechtensynthesen ungeeignet ist. Flechtenpilz und Flechtenalge haben zu feucht und vereinigen sich nicht zu einer Flechte.

*c) Syntheseversuche in Melin-Kolben:* In diesen Kolben (vgl. Melin, 1925, S. 49) brachte ich auf die eine Seite Fichtenholzstücke, kleine Steine, Erde, Fliesspapier, auf die andere Seite destilliertes Wasser oder eine verdünnte Nährösung. Synthetisierte Flechten sind auf diese Weise keine gewachsen, doch dürfte es in diesen Gefässen möglich sein.

## 2. *Syntheseversuche, die zu flechtenähnlichen Gebilden führten*

Nach den in den Vorversuchen gewonnenen Erfahrungen über die für das Zustandekommen einer Flechte nötigen Bedingungen, legte ich jeden Syntheseversuch in 6 Parallelkulturen an und auf den gleichen Substraten von jedem verwendeten Flechtenpilz und jeder Flechtenalge 2 Reinkulturen zum Vergleich. Die Flechtenalge allein gab nie flechtenähnliche Gebilde, aber auch der Flechtenpilz nicht. Die Vorversuche hatten gezeigt, dass Agar für Flechtenbildner eine zu günstige Unterlage darstellt und sie nicht zur Flechtenbildung zwingt. Die Versuche

mit in Lösungen eingetauchtem Holz waren ebenfalls ungeeignet. Daher wurden in 400-ccm-Erlenmeyerkolben mit 150 ccm 1,5%igem Knopagar Tannenholzstäbchen, später Holundermarkstäbchen mitsterilisiert, so dass sie zu  $\frac{1}{2}$  über die Agaroberfläche emporragten. Der Agar sollte die Feuchtigkeit regulieren.

*a) Die Bildung von Soredien in Reinkultur.*

In einer ersten Versuchsreihe impfte ich auf Tannenholzstäbchen in der genannten Weise folgende Flechtenpilze und Flechtenalgen : *Cladoniomyces digitatae* (Stamm 30) + *Cystococcus* klon 30 b (aus der gleichen Flechte); derselbe + Klon 26 m (aus *Stereocaulon paschale*); *Cladoniomyces squamosae* (Stamm 34) + Klon 34 a (aus der gleichen Flechte); *Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Stamm 15) + Klon 16 a (aus der gleichen Flechte); derselbe + Klon 15 g (aus der gleichen Flechte); derselbe + Klon 34 a (aus *Cladonia squamosa*); derselbe + Klon 26 m (aus *Stereocaulon paschale*); *Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Stamm 37) + Klon 37 a (aus der gleichen Flechte); *Cladoniomyces fimbriatae v. apoleptae f. ochrochlorae* (Stamm 35) + Klon 35 a (aus der gleichen Flechte); *Cladoniomyces fimbriatae v. apoleptae f. ochrochlorae* (Stamm 32)+Klon 32 a (aus der gleichen Flechte); *Xanthoriomyces parietinae* (Stamm 43) + Klon 43 a (aus der gleichen Flechte).

Nach 6 Monaten waren bei fast allen im Oktober 1936 angelegten Kulturen Soredien oder soredienähnliche Bildungen zu beobachten, makroskopisch in Form hellgrüner bis weisslicher Kugelchen, in denen man unter dem Mikroskop leicht Algenklümpchen erkannte, die von Flechtenpilzhypfen eng umspinnen waren. Tafel 6, Abb. 1 zeigt uns die auf Tannenholz reinkultivierten Soredien von *Cladoniomyces pyxidatae* (Stamm 15) synthetisiert mit Klon 16 a.

Auf Grund dieses Versuches darf man sagen, dass sorediöse Gebilde sich in Reinkultur verhältnismässig leicht synthetisieren lassen aus Flechtenpilz und Algen. Infolge der ungünstigen Lebensbedingungen umspinnen die Flechtenpilzhypfen die Algenklümpchen; die Algen ihrerseits konnten wegen den ungünstigen Lebensbedingungen nicht genügend schnell wachsen, um die Pilzhypfen zu überwuchern. Dennoch waren die Bedingungen für das Zustandekommen einer wirklichen Flechte noch nicht vorhanden. Das Substrat schien für eine Flechtenbildung zu trocken und die Luft zu feucht. Wohl wegen der feuchten Luft entwickelte sich Luftmyzel, das die Flechtenbildung störte.

*b) Die Bildung von Thallusläppchen in Reinkultur.*

Weil in den synthetisierten Soredienkulturen das Substrat zu trocken und eine Flechtenbildung unwahrscheinlich schien, legte ich neue

Kulturen an mit Holdermarkstücken an Stelle der vorher verwendeten Tannenholzstäbchen und mit 150-cm-Erlenmeyerkölbchen, in denen sich 80 ccm Knopsche Nährösung mit 1 % Agar befand, statt den grossen Kolben. Diese Versuchsreihe gab die schönsten Flechtenstadien. In einem einzigen Kolben entstanden mehrere junge Podetien, die im folgenden Abschnitt beschrieben sind.

Ausser den unter 2, a) genannten Flechtenpilz- und Flechtenalgenreinkulturen kamen in diese Versuchsreihe noch einige andere, in Kapitel II beschriebene Stämme. Ich beimpfte die Holdermarkstücke im November und stellte die Kulturen in zerstreutes Tageslicht bei Temperaturen von 12—18°. Die Wattepropfen dieser Kolben waren wegen der bei so lang dauernden Versuchen grossen Infektionsgefahr mit einer 0,1%igen Sublimatlösung + Glyzerin vergiftet.

Nachdem die Kulturen 7 Monate sich selbst überlassen waren, beobachtete ich, dass in allen Kolben Pilz und Alge gut miteinander verwachsen waren. Auf mehreren Holdermarkstücken wuchsen aus dem Gemisch von Pilz und Alge an gewissen Stellen 1—1,5 mm lange, 0,5 bis 1 mm dicke Wärzchen oder Zäpfchen heraus. Sie hatten die Farbe der Algen; unter dem Mikroskop überzeugte ich mich aber, dass sie aus ebensoviel Pilzteilen wie Algenteilen bestanden. An diesen Wärzchen war keinerlei Gliederung in Ober- und Unterseite zu sehen; in Form, Grösse und Bau gleichen sie ganz den Isidien. Sie waren am besten ausgebildet in Syntheseversuchen von *Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Stamm 15) + Klon 15 g (aus der gleichen Flechte) und von demselben Pilz + Klon 16 a (aus derselben Flechte). Weil bei diesen Bildungen Ober- und Unterseite gleich sind, kann man sie nicht als Thallusläppchen bezeichnen; sie nehmen eine Zwischenstellung ein zwischen Soredien und Thallusläppchen.

Im gleichen Syntheseversuch entstanden aber ausser den isidiartigen Bildungen echte, dorsiventrale Thallusschüppchen (Tafel 6, Abb. 2 und 3) gleich den in der Natur vorhandenen, jedoch nur in zwei Kolben. Es handelte sich um die Synthese des *Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Stamm 37) mit dem *Cystococcus*-klon 15 g (aus *Cladonia pyxidata f. chlorophaeae*). Aus einem von Luftmyzel überdeckten Gemisch von Pilzhypfen und Algenzellen waren die kleinen Gebilde hervorgewachsen; das grösste mass ein Jahr nach dem Impfen in der Länge 2 mm, in der Breite 1 mm. Beachtenswert ist, dass die obere Seite dieser weniger als  $\frac{1}{2}$  mm dicken Läppchen grün war wie die Algenzellen allein oder wie natürliche Thallusschüppchen; die Unterseite war weiss. Um diese kleinen Thallusanfänge nicht in ihrem Wachstum zu stören, habe ich auf eine Untersuchung ihres Baues noch verzichtet und noch keine Thallusquerschnitte angelegt.

Seither beobachtete ich diese synthetischen Thallusschüppchen während eines weiteren Jahres. Leider sind sie nicht mehr gewachsen, sondern haben sich nachteilig verändert. Beim grössten Läppchen ist das Grün der Oberseite verschwunden; sie ist braun. Die darin enthaltenen Algen scheinen deshalb wenigstens teilweise abgestorben zu sein. Die Unterseite ist wie vorher weiss. Zu dieser ungünstigen Entwicklung kommt hinzu, dass das umgebende Luftmyzel gewachsen ist und folglich die Thallusläppchen zu ersticken droht. Trotzdem wollen wir die Kulturen noch einige Zeit beobachten und sie später in frische Holdermarkkolben übertragen.

c) Die Bildung von *Cladoniapodetien* in Reinkultur.

Mit reinkultivierten *Cladoniapodetien* sind Flechtenbildungen gemeint, die nach Zusammenimpfen von Flechtenpilz und Flechtenalge entstanden; würde es sich um rein pilzliche Bildungen handeln, dann müssten wir von «*Cladoniomycespodetien*» sprechen. Man hat aber bisher weder in Reinkultur noch in Natur Podetien von *Cladoniomyces* ohne Algen gefunden.

Der schönste Erfolg meiner Syntheseversuche war in der unter b) beschriebenen Versuchsserie zu verzeichnen. Wegen eines vierteljährigen Studienaufenthaltes in Schweden und wegen Militärdienstes konnte ich die im November 1936 geimpften Kulturen während Monaten nicht beobachten. Um so mehr überraschte es mich, anfangs Juni 1937 in einem Kolben eine Gruppe junger *Cladoniapodetien* finden zu können. Wie in den anderen Kolben, war der Agar nach dieser Zeit nur wenig eingetrocknet; das 7 cm lange podetientragende Holdermarkstück sah auch in den oberen zwei Dritteln, die über die Agaroberfläche emporragten, feucht aus, weil das einmal feuchte Holdermark das verdunstende Wasser ersetzt durch Aufsaugen von Flüssigkeit aus dem Agar. Auf diesem, sowie auf einem zweiten sich im gleichen Kolben befindenden Holdermarkstück (Tafel 4, Abb. 6) hatten sich die Algen merklich vermehrt, aber auch der Pilz war von den verschiedenen Impfstücken ausgewachsen und hatte Luftmyzel gebildet. Jedoch aus einem an den obersten Teil des einen Holdermarkstengels geimpften Pilzstückchen waren gleichzeitig mit dem Algenwachstum kleine Podetien entstanden, also der «wesentliche Teil des ganzen Flechtenkörpers» (T o b l e r , 1934, S. 47) einer *Cladonia*.

Der verwendete Flechtenpilz ist *Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Stamm 15), die verwendete *Cystococcusalge* Klon 15 g. Beide Flechtenbildner habe ich seit November 1935 in Reinkultur. Es ist also beachtenswert, dass die beiden Flechtenbildner vor der künstlichen Synthesierung ein Jahr getrennt gelebt haben.

Die drei grössten Podetien wiesen eine Länge von 2—2,5 mm auf. Es gelang, sie in 12facher Vergrösserung photographisch festzuhalten, ohne den Kolben zu zerstören und ohne dass die Kultur durch Infektion zugrunde ging; die Beobachtungen konnten deshalb fortgesetzt werden. Auf Tafel 6, Abb. 4, sind die drei grössten Podetien von der Seite gesehen. Wir bezeichnen sie von links nach rechts mit Podetium 1, 2 und 3. Tafel 6, Abb. 5 zeigt die Podetiengruppe von der gleichen Seite, ist aber jetzt auf den Vordergrund scharf eingestellt. Wir sehen deshalb in der Mitte Podetium 4, das fast so gross ist wie die drei ersten. Der Pfeil deutet auf Podetium 5, das noch sehr klein ist. Noch weiter unten erkennt man das noch kleinere Podetium 6. Ein 7., ebenso kleiner Podetiumansatz ist durch den 6. verdeckt.

Bei allen Podetien war der obere Rand schon im Juni 1937 braun gefärbt, am kräftigsten bei den grösseren. Der weisse Stiel der Podetien 1—4 ist oben becherartig eingedrückt, weshalb die in der Synthese erhaltenen Podetien mit den natürlichen übereinstimmen. Auf Taf. 6, Abb. 6 sehen wir die Podetien 1 und 2 von der Seite, das Podetium 3 von oben mit Blick in den Becher. In Tafel 6, Abb. 7 blicken wir links und oben im Bild in die Becher der Podetien 1 und 2; rechts erkennt man Podetium 3, rechts unten (verschwommen) Podetium 4. Zum Vergleich zeigen wir in Tafel 6, Abb. 8 sechsfach vergrössert junge Podetien der in der Natur gewachsenen *Cladonia pyxidata f. chlorophaea* (Flechte 15).

Es ist eine alte Streitfrage der Lichenologen, ob die Podetienalgen der *Cladonien* mit ihren Thallusalgen identisch seien (Kap. VI, A), oder ob die Podetienalgen von aussen auf die Podetien gelangen. Die Verteilung der Algen an den in der Synthese erhaltenen Podetien verlangte deshalb besondere Aufmerksamkeit. Es ist nicht möglich, aus den Photographien der Tafel 6, Abb. 4—7 die Verteilung der Algen zu erkennen, weil die Farbe der Algen fehlt. Bei Lupenbeobachtung an der lebenden Flechte heben sich jedoch die grünen Algenklümpchen deutlich vom weissen Pilzgeflecht ab. Wir geben unsere Beobachtungen in Abb. 31 wieder, wobei die Algen an Stelle der grünen Farbe punktiert sind. Man erkennt, dass die Algen bei Podetium 1 und 2 wenigstens bis auf halber Höhe vorkommen. Bei Podetium 3 und 4 reichen sie fast an den Becherrand. Im Innern der Becher fand ich keine grünen Stellen. Doch ist es möglich, dass dort nur vereinzelte Algen vorkommen, die erst mikroskopisch feststellbar sind und beim weiteren Wachstum makroskopisch erscheinen. Auch bei den jüngsten Podetienstadien 5—7 fand ich nur am Fusse vom Pilz umspinnene Algenklümpchen. Anscheinend ist der *Cladoniomyces* während seines Vertikalwachstums imstande, die Algen von der Höhe des Thallus

bis auf die Höhe des Podetiumbechers emporzuheben. Denn es ist ausgeschlossen, dass die Podetienalgen an unseren synthetischen *Cladonia*-podetien von aussen anflogen oder durch Tiere in die Höhe gelangten. Das bestätigt die bei der *Cladonia*analyse gemachte Erfahrung, wonach Thallus- und Podetiumalgen bei *Cladonia* gleich sein können. In der Natur bleibt die andere Möglichkeit bestehen (vgl. Weisse, 1936 und 1937).

Betrachten wir die zarten, durch das Grün der Algen, den weissen Stiel und den rotbraunen Becher wunderbar gefärbten synthetischen *Cladoniapodetien* mit der Lupe genauer, so bemerken wir, dass der Becherrand nicht einen einheitlichen Ring bildet, sondern Erhöhungen

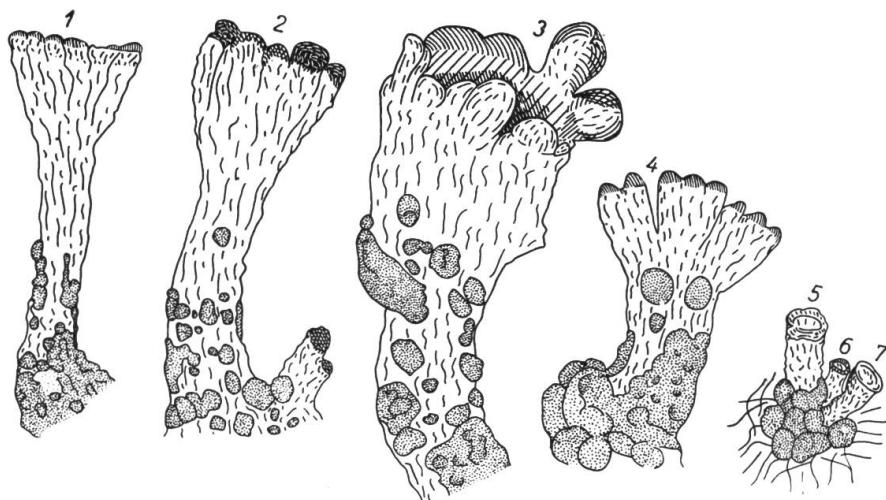


Abb. 31

Reinkultivierte *Cladoniapodetien* von *Cladoniomyces pyxidatae* (Stamm 15) synthetisiert mit *Cystococcus* Klon 15 g auf Holdermark nach acht Monaten. Die punktierten Flächen erscheinen grün und stellen vom Pilz umspommene Algenklümpchen dar. Von links nach rechts die Podetien 1, 2, 3 und 4; zu äusserst rechts die Gruppe von Podetienfängen (5—7) mit Luftmyzel. Zirka  $\frac{1}{1}$  nat. Grösse.

und Vertiefungen aufweist. Podetium 3 zeigt das am deutlichsten in Tafel 6 Abb. 4, und Abb. 31; gut sichtbar ist die Erscheinung aber auch bei Podetium 1 und 2 auf Tafel 6 Abb. 7, und Abb. 31, sowie bei Podetium 4 Tafel 6 Abb. 5, und Abb. 31. Nach Beobachtungen in der Natur, wo an diesen Stellen immer die Apotheken entstehen, kann es sich auch hier nur um Apothezienanlagen handeln.

Seit dem ersten Beobachten der Podetien sind jetzt  $1\frac{1}{2}$  Jahre verflossen. Die Podetien sind seither nicht gewachsen. Auch das Luftmyzel am Fusse der Podetien, die vom Pilz umschlungenen Algenklümpchen und die winzigen Thallusschüppchen sind nicht wesentlich weitergewachsen. Möglicherweise hat die Kultur durch die Wärme der Beleuchtungs-

einrichtung beim Photographieren einigen Schaden erlitten; die Algen erschienen nämlich unmittelbar nachher heller und haben sich erst im vergangenen Halbjahr wieder kräftig grün gefärbt. Wahrscheinlicher sind aber die allgemeinen Bedingungen im Kolben für das Wachstum der Flechte doch noch zu wenig geeignet. Da der Kolben mit den jungen Podetien allmählich eintrocknet, hoffe ich, die junge Flechte ohne Infektion in einen frischen Kolben überimpfen zu können.

Es sei noch beigefügt, dass die im Parallelversuch ohne Algen geimpften Flechtenpilze auf dem gleichen Nährboden (Holdermark, das in Knopagar steckt) sich nicht oder nur schlecht weiterentwickelten im Gegensatz zu den mit Algen geimpften. Daraus zu schliessen, ernährten sich die Pilze in den Syntheseversuchen von Algen. Zwischen den allein und den mit Flechtenpilzen zusammengeimpften Algen liessen sich keine Wachstumsunterschiede feststellen.

Anlässlich eines Demonstrationsabends der Zürcherischen Botanischen Gesellschaft wies ich in der Sitzung vom 15. Dezember 1937 diese synthetisierten Flechtengebilde der Versammlung vor, ebenso Reinkulturen von Flechtenpilzen und Flechtenalgen. Im August 1938 hatte ich Gelegenheit, sie Herrn Prof. Dr. F. Tobler (Dresden) zu zeigen.

## C. Ausblick für Flechtensynthesen in Reinkultur

### *1. Die Lebensbedingungen für das Zustandekommen von Flechten*

Die Methodik für Flechtensynthesen ist heute noch nicht so gut, dass man nach Belieben reinkultivierte Flechten durch Synthesen erhalten könnte. Mit andern Worten, wir wissen über die Biologie der Flechten noch wenig. Gute Beobachtungen über das Vorkommen von Flechten in der Natur können wohl zum Verständnis der Flechten beitragen; sie ersetzen aber den Versuch nicht.

Wenn man Flechtensoredien auf Malzagarnährböden aussät, erfolgt auch an Klümpchen, die von fremden Keimen frei sind, nie ein Auswachsen von Flechten. Vielmehr trennen sich die beiden Flechtenbildner. Die Alge wächst frei und unabhängig vom Pilz, und auch der Pilz macht sich selbständig und ernährt sich nicht mehr von der Alge, sondern saprophytisch vom Malzagär. Dieser Versuch zeigt, dass die Flechtenbildung mit der Ernährung der beiden Flechtenbildner eng verknüpft ist. Reichliche Ernährung zwingt den Flechtenpilz und die Flechtenalge nicht zur Bildung einer Flechte.

Beobachtungen in der Natur unterstützen diese aus Versuchen gezogenen Erfahrungen. An Standorten, wo reichlich organische Nahrung (besonders Stickstoffverbindungen) vorhanden ist, findet man nie schöne, « normale » Thalli, sondern nur verkrüppelte Gebilde von oft soredien-

und isidienähnlichem Aussehen. Solche Beobachtungen machte ich besonders bei *Xanthoria*.

Nach den Ernährungsverhältnissen erachte ich die geeignete Feuchtigkeit von Luft und Substrat als wichtigste Bedingung für das Zustandekommen einer Flechte. In Reinkulturen von Flechtenpilzen sowie in Kulturen von Syntheseversuchen entsteht immer dann viel Luftmyzel, wenn die Luftfeuchtigkeit in den Kolben gross ist. Werner (1927, S. 59) schreibt den Lufthyphen eine Bedeutung für das Erfassen der Algen zu. Wir müssen diese Vermutung aus drei Gründen ablehnen : 1. Auch Pilze, die nie mit Algen zusammenleben, bilden oft in Kultur Luftmyzel. 2. In meinen Syntheseversuchen entstand auch dann Luftmyzel, wenn der Flechtenpilz sich mit den Flechtenalgen bereits eng vermischt hatte. 3. In der Natur bilden die Flechtenpilze gewöhnlicherweise kein Luftmyzel. Allgemein kann man sagen, dass das Auftreten von Luftmyzel in Kulturen von Syntheseversuchen eine wenig erfreuliche Erscheinung ist. Es zeigt die für das Entstehen von Flechten ungünstigen Feuchtigkeitsverhältnisse an.

Nach unsren Temperaturversuchen mit Flechtenpilzen und Flechtenalgen sind bei *Cladonia* die Temperaturansprüche der beiden Flechtenbildner in der Regel gleich. Flechtenpilz und Flechtenalge können aber auch verschiedene Temperaturansprüche haben; *Xanthoriomyces parietinae* wächst z. B. am besten bei 21°, bei welcher Temperatur die *Cystococcus*-alge aus *Xanthoria parietina* ihr Wachstum einstellt. Der Versuch legt klar, dass wir bei einer konstanten Temperatur von 21° mit den von uns reingezüchteten Flechtenbildnern der *Xanthoria parietina* keine gleiche Flechte synthetisieren könnten; der Flechtenpilz müsste infolge seines günstigeren Wachstums die Flechtenalge ganz unterdrücken. Für die Synthese gilt somit, dass die Flechtenbildung auch von der Temperatur abhängig sein kann.

Wie auch Licht für die günstige Entwicklung von Flechten nötig ist, dafür gibt uns die Natur genügend Beispiele.

## 2. Zur Methodik für Flechtersynthesen in Reinkultur

Nach der Beobachtung, dass in einem Falle die reinkultivierte Synthese von *Cladoniapodetien* gelungen war, legte ich eine grosse Zahl neuer Versuchsreihen an mit fast sämtlichen reingezüchteten Flechtenbildnern in rund 800 Kolben. Immer impfte ich Flechtenpilz und Flechtenalge auf Holdermarkstäbchen, die zu einem Drittel in Knopagar oder in Peptonagar staken. Peptonagar erwies sich als ungünstig. Bis heute ist aber nach 1½ Jahren in keinem der vielen Kolben eine neue Flechte entstanden. Wohl sind soredienartige Klümpchen und Kügelchen nicht selten, aber Podetien bildeten sich noch nirgends. Die Methodik

für Flechtensynthesen in Reinkultur ist also noch unbefriedigend, und unsere synthetischen *Cladonia*-podetien sind als Geschenk des Zufalls dank des Zusammenwirkens von besonderen, günstigen Umständen an einer bestimmten, engbegrenzten Stelle entstanden (vgl. Tafel 4, Abb. 6).

In der Natur kommen die einzelnen Flechten nur an ganz bestimmten Standorten vor. Es sind wohl teilweise die Feinde der Flechten (z. B. Flechtenparasiten), die sie auf diese Standorte hinausdrängen, aber nicht ausschliesslich. Wenn Flechtenpilz und Flechtenalge mit Vorliebe zusammenlebten und eine Flechte bildeten, dann müsste es leicht sein, die beiden Flechtenbildner in der reinkultivierten Synthese wieder zur Flechte zu vereinigen. Das ist nicht der Fall. Daraus ersieht man, dass Flechtenpilz und Flechtenalge nur unter dem Druck karger Lebensbedingungen eine Flechte bilden. Weder der Pilz noch die Alge lebt innerhalb der Flechte unter optimalen Bedingungen. Weil das Zusammentreten zur Flechte den beiden Flechtenbildnern das Leben an extremsten, für Flechten charakteristischen Standorten ermöglicht, hat sich die Flechte in der Natur behaupten können. Sobald wir ihr günstige Lebensbedingungen geben, zerfällt sie in Pilz und Algen (Beispiel: Soredien auf Malzagar).

Auch in Reinkultur werden sich nur dann Flechten bilden, wenn Pilz und Alge durch Lebensbedingungen, die denen in der Natur nahekommen, zum Bilden einer Flechte gezwungen werden; freiwillig tun sie es nicht. Eine unangenehme Schwierigkeit bei allen Syntheseversuchen ist das langsame Wachstum beider Flechtenbildner. Dabei darf man ihr Wachstum nicht fördern, weil ja bei günstigen Wachstumsbedingungen keine Flechten entstehen.

Aussichtsreich für Synthesen scheinen Versuchsgefässe, in denen einerseits die Luftfeuchtigkeit nach kurzen Zeiträumen stark wechselt, anderseits die Impfstücke von Pilz und Alge bald feucht, bald trocken sind. Solche Versuche machte ich bisher nicht. Zum Prüfen der Methodik wird man mit Vorteil Flechten aus der Natur in die zu verwendenden Versuchsgefässe bringen und in ihrem Verhalten beobachten. Wenn natürliche Flechten sich in Gefässen weiterentwickeln, dürften auch aus Reinkulturen der beiden Flechtenbildner synthetische Flechten entstehen.

## D. Zusammenfassung der Erkenntnisse aus unseren Syntheseversuchen

### 1. Die Möglichkeit der Synthese

Die synthetisch entstandenen *Cladonia*-podetien beweisen die Möglichkeit, durch Zusammenimpfen eines reinkultivierten *Cladoniomyces* und eines *Cladonia-Cystococcus* wieder Flechtengebilde zu erhalten.

Weder Flechtenpilz noch Flechtenalge verändern sich in Kultur so, dass sie die Fähigkeit, Flechtengebilde zu formen, verlieren.

### *2. Die Spezifität des Cladoniomyces*

*Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Stamm 15) bildete in der Natur mit dem *Cystococcus*-klon 16 a zusammen eine Flechte, in Reinkultur vereinigte er sich mit dem von 16 a weitgehend verschiedenen *Cystococcus*-klon 15 g. Dieser *Cladoniomyces* ist also nicht streng spezialisiert auf eine Algenform.

### *3. Die Herkunft der Podetienalgen*

An den in Reinkultur gewachsenen Podetien befinden sich Flechtenalgen bis gegen die Höhe des Becherrandes hinauf. *Cladoniomyces* ist somit imstande, während des Wachstums der Podetien die Flechtenalgen in die Höhe zu heben, oder die Algen bewegen sich selbst in die Höhe in Form von Zoosporen.

# Zusammenfassung

1. In der Benennung der Flechten und Flechtenbildner erweist sich eine Abklärung der Ausdrücke als notwendig. Wir schlagen vor, den Flechtennamen nur als Bezeichnung für die Flechten zu verwenden. Die Flechtenpilze sind zu benennen durch den Gattungsnamen der Flechten mit der Endung *-myces* und den Artnamen der Flechte im Genitiv. Wegen Unklarheit ist der Ausdruck « Gonidien » zur Bezeichnung der Flechtenalgen fallen zu lassen.
2. Eine Sichtung der Literatur zeigt den Stand unserer Kenntnisse über die Entwicklung der Apothezien und Pyknidien bei Flechtenpilzen.
3. Feuchte Flechtenpilzapothezien schleudern mit zunehmender Zeit weniger und weniger keimfähige Sporen. Die Schleuderhöhe kann über 3 cm erreichen (*Lobariomyces pulmonariae* L.). Überschüssige Feuchtigkeit hindert das Ausschleudern nicht, wohl aber zu hohe Temperaturen. Die Temperatur der oberen Wachstumsgrenze liefert bei *Xanthoriomyces* am schnellsten keimende Sporen; prozentual keimen jedoch weniger Sporen als bei tieferen Temperaturen. Die Sporenkeimung ist nicht so eng an die Jahreszeit gebunden, wie Werner (1927) annimmt. Trockene Apothezien können noch nach Monaten keimfähige Sporen liefern. Schon die Form der Keimschlüche ist von der Nährlösung abhängig, in der die Sporen keimen.
4. Trotz des langsamen Wachstums der Flechtenpilze ermöglichte unsere Methodik das Untersuchen der Temperatur- und Nährstoffabhängigkeit ihres Wachstums.
5. Die meisten der untersuchten Flechtenpilze wuchsen am besten auf Malzagar; auf anderen Nährböden verhalten sich einzelne Gruppen verschieden. Im Vergleich zu andern Pilzen lässt sich die Wachstumsfähigkeit bei Flechtenpilzen durch Änderung des Nährbodens wenig ändern.
6. Wie die Flechtenpilze, so bevorzugen auch die untersuchten Flechtenalgen (*Cystococcus*) Nährböden mit Vereinigung von Zucker- und organischer Stickstoffnahrung. In der Natur wachsen die beiden Flechtenbildner nicht unter optimalen Nährstoffbedingungen.

7. Nahe verwandte Flechtenpilze hatten in unsren Versuchen ähnliche Temperaturansprüche, was sich aus dem Vergleich der optimalen und maximalen Wachstumstemperaturen sowie aus dem Verlauf der Wachstumskurven ergibt. Die untersuchten 31 Stämme von Flechtenpilzen wachsen am besten bei Temperaturen von 15—21° und stellen ihr Wachstum bei  $\pm$  27° ein.

8. Als günstigste Wachstumstemperaturen von 39 Klonen von Flechtenalgen aus den Gattungen *Chlorella*, *Coccomyxa* und *Cystococcus* fanden wir einen Bereich von 12—24°; diese Temperaturen liegen höher, als man nach bisherigen Untersuchungen annehmen musste. Wie bei den Flechtenpilzen vermögen einige der untersuchten Flechtenalgen bei 27° noch zu wachsen.

9. Innerhalb einer Flechte stimmten die Temperaturansprüche von Flechtenpilz und Flechtenalge mehrheitlich überein.

10. Podetien- und Thallusalgen erwiesen sich bei *Cladonien* in der Regel, aber nicht immer als einheitlich.

11. Eine weitere Zahl von Flechtenpilzen zeigte die Fähigkeit, in Reinkultur ohne das Vorhandensein von Algen die charakteristischen Flechtenstoffe zu bilden. Neu ist dabei die Bildung von Stictaurin. Licht übte auf die Flechtenstoffbildung keinen Einfluss aus; sie kann aber abhängig sein von der Ernährung und von der Temperatur. Flechtenstoffe beeinflussten im Versuch das Wachstum von Flechtenalgen nicht.

12. Flechtenpilze und Flechtenalgen sind auch nach dem Kultivieren sehr widerstandsfähig gegen Trockenheit und trockene Wärme, was die Widerstandsfähigkeit der Flechten in der Natur erklärt.

13. In Syntheseversuchen mit reinkultivierten Flechtenalgen (Einzellkulturen) und reinkultivierten Flechtenpilzen (Askosporenkulturen) wurden auf Holdermark sorediöse Formen, Thallusläppchen und junge Podetien von *Cladonia pyxidata* erhalten. Kultivierte Flechtenpilze und Flechtenalgen verlieren die Fähigkeit, Flechtengebilde hervorzubringen, nicht.

## Literaturverzeichnis

- Acharius, E., 1810 : *Lichenographia Universalis* (Göttingen).
- Bachmann, F. M., 1912 : A new type of spermogonium and fertilization in *Collema* (Ann. of Bot., t. 26, S. 747—759).
- 1913 : The origin and development of the apothecium in *Collema pulposum* (Bernh.) Ach. (Arch. für Zellforschung, t. 10, S. 369—430).
- Bachmann, E., 1924 : Adventivsprossung im Innern eines *Cladoniafruchtstiels* (Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 42, S. 87—94).
- Barger, G., 1931 : Ergot and Ergotism (Edinburgh, 279 S.).
- Bartusch, H., 1931 : Beiträge zur Kenntnis der Lebensgeschichte des *Xanthoriapilzes* (Arch. f. Mikrobiologie, Bd. 3, S. 122—157).
- Bary, A. De, 1866—67 : Über die Keimung einiger grossporiger Flechten (Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 5, S. 201—216).
- Baur, E., 1901 : Die Anlage und Entwicklung einiger Flechtenapothecien (Flora, Bd. 88, S. 319—332).
- 1904 : Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Flechtenapothecien (Bot. Zeit., Bd. 62, S. 21—44).
- Bernard, N., 1909 : L'évolution dans la symbiose. Les *Orchidées* et leurs chameignons commensaux (Ann. Sc. nat., 9, sér. 9, S. 1—196).
- Bialosuknia, W., 1909 : Sur un nouveau genre de *Pleurococcacées* (Bull. Soc. Bot. Genève, sér. 2, S. 101—104).
- Bioret, G., 1914 : Contribution à l'étude de l'apothecie chez les *Graphidées* (Rev. gen. Bot., 26).
- Bonnier, G., 1889 : Recherches sur la synthèse des Lichens (Ann. des Sc. nat., Bot., sér. 7, t. 9, S. 1—35).
- Bornet, E., 1874 : Deuxième note sur les gonidies des Lichens (Ann. des Sc. nat., sér. 5, t. 19, S. 314—320).
- Borzi, A., 1878 : Studii sulla sessualità degli Ascomiceti (Nuovo giornale bot. Ital., t. 10, S. 43—78).
- Brefeld, O., 1895—1908 : Untersuchungen aus dem Gesamtgebiet der Botanik (Münster).
- Chodat, R., 1913 : Monographies d'Algues en culture pure (Berne: Matériaux pour la Flore cryptogamique suisse, IV, 2).
- Clements, F. E. and Shear, C. L., 1931 : The genere of fungi (New York).
- Darbishire, O. V., 1900 : Über die Apothecientwicklung der Flechte *Physcia pulverulenta* (Schreb.) Nyl. (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 34, H. 2, S. 329).
- 1927 : Über das Wachstum der Cephalodien von *Peltigera aphthosa* (Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 45, S. 221—228).
- 1932 : Weiteres über das Wachstum der Cephalodien von *Peltigera aphthosa* (Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 50, S. 178—184).
- 1933 : Beobachtungen an der Flechte *Solorina crocea* Ach. (Festschrift G. Karsten, Flora, Bd. 128, S. 14—27).

- D u R i e t z , E. G., 1921 : Lichenologiska fragment. III; De Svenska *Xanthoria*-arterna (Svensk Bot. Tid. Bd. 15, H. 2—4, S. 181—191).
- F a l c k , R., 1923 : Über die Sporenverbreitung bei den Askomyzeten (Mykologische Untersuchungen und Berichte, S. 77—145 und 370—403).
- F a m i n t z i n , A. und B a r a n e t z k y , J., 1867 : Die Entwicklungsgeschichte der Gonidien und Zoosporenbildung der Flechten (Mém. de l'Acad. Imp. des Sciences de St-Pétersbourg, sér. VII, 11, n° 9).
- F i n k , B., 1911 : The nature and classification of lichens. Views and arguments of botanists concerning classification (Mycol., 3, S. 231—269).
- 1913 : The lichen and its algal host (Mycol., 5, S. 97—166).
- F i s c h e r , E. und G ä u m a n n , E., 1929 : Biologie der pflanzenbewohnenden parasitischen Pilze (Jena).
- F o r s s e l l , K. B. I., 1884 : Lichenologische Untersuchungen. Über die Cephalodien (Flora, Bd. 57, S. 1—8, 33—46, 58—63, 177—186).
- F r e y , E d., 1932 : Die Spezifität der Flechtengonidien (Ber. d. Schweiz. Bot. Ges. 41, S. 180—198).
- 1936 : Vorarbeiten zu einer Monographie der *Umbilicariaceen* (Ber. d. Schweiz. Bot. Ges. 45, S. 198—230).
- F r i e s , E., 1831 : Lichenographia Europaea (Lundae).
- F ü i s t i n g , W., 1868 : Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Lichenen (Bot. Zeitg. Jahrg. 1868, S. 641, 657, 673).
- F ü n f s t ü c k , K., 1884 : Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Lichenen (Jahrb. des Königl. Bot. Gart. u. d. Bot. Mus. zu Berlin, Bd. 3, S. 155).
- 1926 : Lichenes in Pflanzenfamilien von E n g l e r und P r a n t l (Bd. 8).
- G ä u m a n n , E., vgl. F i s c h e r , E.
- G e i t l e r , L., 1933 : Beiträge zur Kenntnis der Flechtsymbiose I—III (Arch. f. Protistenkunde, Bd. 80, H. 3, S. 378); 1934 : IV—V (ebenda, Bd. 82, S. 51); 1937 : VI (ebenda, Bd. 88); 1938 : VII (ebenda, Bd. 90).
- G l ü c k , H., 1899 : Vergleichende Morphologie der Flechtspermogonien (Heidelberg).
- H e p p , P h., 1853 : Die Flechten Europas : Abbildungen und Beschreibungen der Sporen (Zürich).
- H u e , A., 1910 : Sur la variation des gonidies dans le genre *Solorina* Ach. (C. R. Ac. Sc., t. 151, S. 332—334).
- J a a g , O., 1929 : Recherches expérimentales sur les gonidies des Lichens appartenant aux genres *Parmelia* et *Cladonia* (Thèse, Genf).
- 1929 a : Experimentaluntersuchungen mit Flechtengonidien (Verhdlg. d. Schweiz. Naturf. Ges., Davos, 1929, II. Teil, S. 150—151).
- 1933 : *Coccomyxa* Schmidle, Monographie einer Algengattung (Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz, Bd. 8, H. 1).
- J a a g , O. und T h o m a s , E., 1934 : Neue Untersuchungen über die Flechte *Epigloea bactrospora* Zuk. (Ber. d. Schweiz. Bot. Ges., Bd. 43, S. 77—89).
- K a u l e , A., 1931 : Die Cephalodien der Flechten (Flora, 126, S. 1—44).
- K e i s s l e r , K. v., 1930 : Die Flechtenparasiten (Rabenhorsts Kryptogamenflora von Deutschland und der Schweiz, 2. Aufl., 8. Bd., Leipzig).
- K i l l i a n , Ch. et W e r n e r , R.-G., 1924 : Cultures pures de Champignons de Lichens (C. R. Ac. Sc., t. 179, S. 1339—1342).
- K o e r b e r , G. W., 1855 : Systema Lichenum Germaniae (Breslau).
- 1859/65 : Parerga lichenologica (Breslau).
- K o l t h o f f , J. M., 1926 : Der Gebrauch von Farbindikatoren (Berlin).

- K r a b b e , G., 1882 : Entwicklung, Sprossung, Teilung einiger Flechtenapothecien (Bot. Zeit., Bd. 40, S. 65—83, 89—99, 105—116, 121—142).  
 — 1883 : Morphologie und Entwicklungsgeschichte der Cladonien (Ber. d. D. Bot. Ges., 1, 64—77).
- K r e b s , J., 1936 : Untersuchungen über den Pilz des Mutterkorns *Claviceps purpurea* Tul. (Ber. d. Schweiz. Bot. Ges., 45, S. 71—165).
- K r e m p e l h u b e r , A. v., 1867—72 : Geschichte und Literatur der Lichenologie (München).
- L a n g e , M., 1933 : Kulturversuche mit Flechtenpilzen (*Xanthoria parietina*) (Arch. f. Mikrobiol., Bd. 4, S. 379).
- L e t e l l i e r , A., 1917 : Etude de quelques gonidies des Lichens. (Thèse, Inst. de Bot. de l'Univ. de Genève, 9<sup>me</sup> sér., fasc. 7).
- L i n d a u G., 1888 : Über Anlage und Entwicklung einiger Flechtenapothecien (Flora, Bd. 71, S. 451—489).  
 — 1895 : Die Beziehungen der Flechten zu den Pilzen (Hedwigia, 34, S. 195—204).  
 — 1897 : *Pezizineae, Phaciineae, Hysteriineae* (in : Die natürlichen Pflanzenfamilien, I. Teil, 1. Abt., Leipzig).  
 — 1923 : Die Flechten. Bestimmungsbuch (Berlin).
- L i n s b a u e r , K., 1917 : C. K. Schneider's illustriertes Handwörterbuch der Botanik (Leipzig).
- M ä u l e , C., 1891 : Über die Fruchtanlagen bei *Physcia pulverulenta* (Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 9, S. 209—213).
- M e l i n , E., 1925 : Untersuchungen über die Bedeutung der Baummykorrhiza (Jena).
- M e z g e r , O., 1904 : Untersuchungen über die Entwicklung der Flechtenfrucht (Fünfstücks Beiträge zur wiss. Bot., Bd. V, S. 103).
- M i g u l a , W., 1929—31 : Die Flechten. Bd. I und II und Atlas (Thomé's Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz).
- M ö l l e r , A., 1887 : Über die Kultur flechtenbildender Ascomyceten ohne Algen (Münster, Diss.).  
 — 1888 : Über die sog. Spermatien der Ascomyceten (Bot. Zeit., Nr. 27, Bd. 46, S. 421—425).
- M o r e a u , F., 1915 : L'évolution nucléaire et les phénomènes de la sexualité chez les Lichens du genre *Peltigera* (C. R. Ac. Sc., t. 160, S. 526—528).  
 — 1916 : Les phénomènes de la sexualité chez les Lichens du genre *Solorina* (C. R. Ac. Sc., t. 162, S. 793—795).  
 — et Mme., 1918 : Etude cytologique du développement de l'apothécie des *Peltigeracées* (C. R. Ac. Sc., t. 166, S. 178).  
 — et Mme., 1919 : Recherches sur les Lichens de la famille des *Peltigeracées* (Ann. Sc. nat., Bot., sér. 10, S. 29—136, t. 1—2).  
 — et Mme., 1921 : Les différentes formes de la symbiose lichénique chez le *Solorina saccata* et le *S. croccea* (Rev. gén. de Bot. t. 33, S. 81).  
 — et Mme., 1921 : Recherches sur la famille des *Stictacées* (Ann. Sc. nat., Bot., sér. 10, t. 3, S. 297—374).  
 — et Mme. : Recherches sur quelques Lichens des genres *Parmelia*, *Physcia* et *Anaptychia* (Rev. gén. Bot., Nr. 411, S. 365—417).  
 — et Mme., 1926 : La reproduction sexuelle chez les Lichens du genre *Collema* et la théorie de Stahl (C. R. Ac. Sc., t. 182, S. 802).  
 — 1928 : Les Lichens, Morphologie, Biologie, Systématique (Encyclopédie biologique, Paris).

- Moruzzi, C., 1932 : Recherches cytologiques et expérimentales sur la formation des périthèces chez les ascomycètes (Thèse, Paris).
- Müller, J. (Aarg.), 1862 : Principes de classification des Lichens (Mém. Soc. Phys. et hist. nat., Genève, t. 16, S. 343—435).
- Nannfeldt, J. A., 1932 : Studien über die Morphologie und Systematik der nicht lichenisierten, inoperkulaten Diskomyzeten (Uppsala).
- Neubner, E., 1883 : Beiträge zur Kenntnis der *Calicieen* (Diss., Leipzig).
- 1893 : Untersuchungen über den Thallus und die Fruchtanfänge der *Calicieen* (Wiss. Beil. z. 100. J.-Vers. d. Kgl. Gymn. zu Plauen i. V.).
- Nienburg, W., 1908 : Beiträge zur Entwicklungsgeschichte einiger Flechtenapothecien (Flora, Bd. 98, S. 1—40).
- 1917 : Über die Beziehungen zwischen Algen und Hyphen im Flechtenthalus (Zeitschr. f. Bot., 9. Jahrg., H. 9, S. 529).
- Nylander, W., 1858—60 : Synopsis methodica Lichenum (Paris).
- Peirce, G. J., 1899 : The nature of the association of Alga and Fungus in Lichens (Proc. Calif. Acad. Sci., ser. 3, t. 1, S. 207—240).
- Petersen, J. B., 1915 : Studier øver Danske aerofile Alger (Mém. Acad. Royale des Sc. et des Lettres de Danemark; Copenhague, sér. 7, t. XII, Nr. 7).
- Rabenhorst, L., 1870 : Kryptogamenflora von Sachsen, Oberlausitz, Thüringen und Nordböhmen (2. Abt., Flechten).
- Raistrick, 1937 : (Enzymologia, 4, S. 76—78); Referat im Chem. Zentralblatt 1938, I, 1597.
- Raths, H., 1938 : Experimentelle Untersuchungen mit Flechtengonidien der Familie der *Caliciaceen* (Ber. d. Schweiz. Bot. Ges., 48, S. 329—416).
- Reess, M., 1871 : Über die Entstehung der Flechte *Collema glaucescens* Hoffm. (Monatsber. d. k. Akad. d. Wiss., Berlin, S. 523—533).
- Reinke, J., 1895—96 : Abhandlungen über Flechten (Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 29, S. 171—236; Bd. 28, S. 19—150 und 358—486; Bd. 26, S. 495—542).
- Sättler, H., 1914 : Untersuchungen und Erörterungen über die Ökologie und Phylogenie der Cladoniapodetien (Hedwigia, Bd. 54, S. 226—263).
- Schmid, G., 1933 : Die Verpilzung aerophiler Algen. Zum Flechtenproblem (Flora, 128, Karsten-Festschrift, S. 211—234).
- Schwendener, S., 1867 : Über die Natur der Flechten (Verh. d. Schw. natf. Ges. zu Rheinfelden, 51. Jahresvers., S. 88—90, Protokoll).
- 1869 : Die Algentyphen der Flechtengonidien (Programm d. Rektoratsfeier d. Univers. Basel).
- 1873 : Die Flechten als Parasiten der Algen (Verh. d. natf. Ges. in Basel, Bd. 5, S. 527—550).
- Séguy, E., 1936 : Code universel des couleurs (Paris).
- Sernander, R., 1907 : Om några former för art- och varietetsbildning hos lavarna (Svensk Bot. Tidskr., I, S. 97—186).
- Siegfried, B., 1938 : Über natürliche und synthetische Oxyanthrachinone und Oxymethylanthrachinone. (Diss., Zürich).
- Smith, A. L., 1921 : Lichens (Cambridge).
- Stahl, E., 1874 : Beiträge zur Entwicklungsgeschichte einiger Flechtenapothecien (Bot. Zeitg., 32. Jahrg., S. 177—180).
- 1877 : Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Flechten. Heft I : Über die geschlechtliche Fortpflanzung der *Collemaceen*. Heft II : Über die Bedeutung der Hymenialgonidien (Leipzig).

- Stizenberger, E., 1862 : Beitrag zur Flechtensystematik (Ber. d. Tätigkeit d. St. Gall. naturw. Ges., S. 124—182).
- Thomas, E., 1934 (siehe Jaag, O. und Thomas, E.).
- Thomas, E. A., 1936 : Die Spezifität des Parietin als Flechtenstoff (Ber. d. Schweiz. Bot. Ges., 45, S. 191—197).
- Tobler, F., 1925 : Biologie der Flechten (Berlin, 266 S.).
- 1925 a : Zur Physiologie der Farbunterschiede bei *Xanthoria* (Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 43, Heft 5, S. 301—305).
  - 1934 : Die Flechten (Jena, 81 S.).
- Treboux, O., 1912 : Die freilebende Alge und die Gonidie *Cystococcus humicola* in bezug auf die Flechensymbiose (Ber. d. D. Bot. Ges., 30, S. 69—80).
- Treub, M., 1873 : Lichenenkultur (Bot. Zeitg., Bd. 31, S. 721).
- Tulasne, M. L. R., 1852 : Mémoire pour servir à l'histoire organographique et physiologique des Lichens (Ann. d. Sc. nat., sér. 3, t. 17. S. 5 et 153).
- Waller, K., 1931 : Beiträge zur Symbiose von Hyphen und Gonidien im Lichenhallus (Bot. Arch., Bd. 33).
- Wallroth, F. W., 1825—27 : Naturgeschichte der Flechten (Frankfurt).
- Warén, H., 1920 : Reinkulturen von Flechtengonidien (Oefversigt af Finska Vetensk. Soc. Förhandlingar, Bd. LXI, Afd. A., No. 14).
- Weisse, R., 1936 : Die Entstehung des Thallusmantels der *Cladoniapodetien* (Hedwigia, 76, S. 179—188).
- 1937 : Betrachtungen über die Bedeutung des Thallusmantels und der Flechensäuren für den Artbegriff in der Gattung *Cladonia* (Ber. d. D. Bot. Ges., 55, S. 92—104).
- Werner, R. G., 1924 : (siehe Killian, Ch. und Werner, R. G.).
- 1925 : *Xanthoria parietina*, son champignon en culture pure (Bull. Soc. mycol. Fr., t. 41, fasc. 3, S. 385).
  - 1926 : Sur la multiplication par conidies dans les cultures pures des champignons des Lichens (C. R. du Congrès des soc. sav., Poitiers).
  - 1927 : Recherches biologiques et expérimentales sur les ascomycètes de Lichens (Thèse, Mulhouse).
  - 1934 : Cultures pures des Champignons des Lichens Incrustants (Bull. Soc. Hist. Nat. d. l'Afrique du Nord, t. 25, S. 130—137).
- Wolf, G., 1905 : Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Flechtenapothecien (Flora, Bd. 95, S. 31—57).
- Zahlbrueckner, A., 1907 : *Lichenes* (spez. Teil in Engler u. Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien, Leipzig). Neue Auflage 1926.
- Ziegenspeck, H., 1926 : Schleudermechanismen von Askomyceten. (Botanisches Archiv; Zeitschrift für die gesamte Botanik, C. Mez, 13. Band, Heft 5, S. 341—381).
- Zöller, W., 1925 : Formeln und Tabellen zur Errechnung des mittleren Fehlers (Berlin).
- Zukal, H., 1889 : *Epigloea bactrospora* (Verh. d. k. k. zool. bot. Ges. in Wien, Bd. 39, S. 78, Sitzungsber.).
- 1890 : *Epigloea bactrospora*, eine neue Gallertflechte mit chlorophyllhaltigen Gonidien (Österr. Bot. Zeitg., Bd. 40, C. 323).
  - 1891 : Ein auf *Scytonema*-fäden lebender Pilz : *Endomyces* (Flora, Bd. 74, S. 103—106).

# Erklärungen zu den Tafeln

## TAFEL 1

Abhängigkeit des Wachstums von der Temperatur bei *Cystococcus* Klon 39 a (vgl. Kap. II, B, 12.) aus *Cladonia pyxidata f. chlorophaeae* nach 150 Tagen auf Glukose-Knopagar.  $\frac{4}{5}$  nat. Grösse.

## TAFEL 2

Abhängigkeit des Wachstums von der Temperatur bei *Cladoniomyces botrytis* (Hag.) Stamm 105 (vgl. Kap. II, B, 18.) nach 160 Tagen auf Malzagar.  $\frac{4}{5}$  nat. Grösse.

## TAFEL 3

Abb. 1, oben : *Baeomycomyces byssoidis* (L.) Stamm 27 (vgl. Kap. II, B, 1.); unten : *Baeomycomyces rosei* (Pers.) Stamm 52 (vgl. Kap. II, B, 2.). Wachstum bei  $21^\circ$  nach 1 Jahr auf Malzagar; Stamm 27 ist nach anfänglichem Wachstum abgestorben.  $\frac{5}{6}$  nat. Grösse.

Abb. 2 : *Cladoniomyces digitatae* (Schaer.) Stamm 67 (vgl. Kap. II, B, 4.). Wachstum bei  $18^\circ$  nach 180 Tagen auf Malzagar.  $\frac{5}{6}$  nat. Grösse.

Abb. 3 : *Anaptychiomyces ciliaris* (Linn.) Stamm 71 (vgl. Kap. II, B, 21.). Wachstum bei  $18^\circ$  nach 220 Tagen auf Malzagar.  $\frac{5}{6}$  nat. Grösse.

Abb. 4 : *Cladoniomyces fimbriatae v. apoleptae f. ochrochlorae* (Floerk.) Stamm 35 (vgl. Kap. II, B, 16.). Wachstum bei  $18^\circ$  nach 1 Jahr auf Malzagar.  $\frac{5}{6}$  nat. Grösse.

Abb. 5 : *Cladoniomyces pyxidatae f. chlorophaeae* (Floerk.) Stamm 15 (vgl. Kap. II, B, 9.). Wachstum bei  $18^\circ$  nach 180 Tagen auf Malzagar.  $\frac{5}{6}$  nat. Grösse.

Abb. 6 : *Chlorella* Klon 52 a (vgl. Kap. II, B, 2.). Wachstum bei  $18^\circ$  nach 150 Tagen auf Glukose-Knopagar.  $\frac{5}{6}$  nat. Grösse.

Abb. 7 : *Xanthoriomyces polycarpeae* (Ehrh.) Stamm 101 (vgl. Kap. II, B, 24 b.). Wachstum bei  $15^\circ$  nach 220 Tagen auf Malzagar.  $\frac{5}{6}$  nat. Grösse.

Abb. 8 : *Xanthoriomyces candelariae* (Ach.) Stamm 102 (vgl. Kp. II, B, 24 b.). Wachstum bei  $15^\circ$  nach 220 Tagen auf Malzagar.  $\frac{5}{6}$  nat. Grösse.

Abb. 9 : *Coccomyxa* Klon 80 a (vgl. Kap. II, B, 1 a.). Wachstum bei  $18^\circ$  nach 150 Tagen auf Glukose-Knopagar.  $\frac{5}{6}$  nat. Grösse.

## TAFEL 4

Abb. 1—5 : Bei Abb. 1—4 findet sich links, bei Abb. 5 oben *Cystococcus* Klon 43 a; bei Abb. 1—4 rechts, bei Abb. 5 unten *Cystococcus* Klon 44 a (vgl. Kap. II, B, 24. und 25, Kap. III, A, 2. und Kap. IV, C). Alle Kulturen sind 120 Tage alt, in Abb. 1 gewachsen auf Pepton-Knopagar bei 6°, in Abb. 2 auf Pepton-Knopagar bei 9°, in Abb. 3 auf Glukose-Knopagar bei 12°, in Abb. 4 auf Pepton-Knopagar bei 21°, in Abb. 5 auf Malzagar bei 18°. Nat. Grösse.

Abb. 6 : Reinkultivierte *Cladoniapodetien* in Erlenmeyerkolben (vgl. Kap. VI, B, 2.).

Der Pfeil zeigt, wo auf dem Holundermarkstück die Podetien entstanden.

$\frac{2}{3}$  nat. Grösse.

## TAFEL 5

Abb. 1 : Teile zweier Kulturen von *Xanthoriomyces polycarpace* (Ehrh.) Stamm 101 auf Malzagar, dazwischen auf der Agaroberfläche orangegelbe Häufchen von Parietinkristallen (vgl. Kap. II, B, 24 b. und Kap. IV, D, 2.).  $\frac{5}{1}$  nat. Grösse.  
 Abb. 2 : Teile zweier Kulturen von *Xanthoriomyces candelariae* (Ach.) Stamm 102 auf Malzagar, dazwischen auf der Agaroberfläche orangegelbe Häufchen von Parietinkristallen (vgl. Kap. II, B, 24 b. und Kap. IV, D, 2.).  $\frac{5}{1}$  nat. Grösse.

Abb. 3 : Teile einer Kultur von *Candelariellomyces vitellinae* (Ehrh.) Stamm 46 auf Malzagar, in ihrer Umgebung auf der Agaroberfläche schwefelgelbe Häufchen von Stictaurinkristallen (vgl. Kap. II, B, 31. und Kap. IV, D, 2.). Zirka  $\frac{3}{1}$  nat. Grösse.  
 Abb. 4 und 5 : Stictaurin, aus getrockneten Reinkulturen von *Candelariellomyces vitellinae* (Ehrh.) mit Aether ausgezogen und in einem Uhrglas auskristallisiert (vgl. Kap. IV, D, 2.) Zirka  $\frac{8}{1}$  nat. Grösse.

## TAFEL 6

Abb. 1 : Reinkultivierte Soredien von *Cladoniomyces pyxidatae* (Stamm 15) synthetisiert mit *Cystococcus* Klon 16 a auf Tannenholz nach 6 Monaten (vgl. Kap. VI, B, 2.). Zirka  $\frac{10}{1}$  nat. Grösse.

Abb. 2 und 3 : Reinkultivierte Thallusschüppchen von *Cladoniomyces pyxidatae* (Stamm 37) synthetisiert mit *Cystococcus* Klon 15 g auf Holundermark nach 7 Monaten (vgl. Kap. VI, B, 2.). Zirka  $\frac{10}{1}$  nat. Grösse.

Abb. 4—7 : Reinkultivierte *Cladoniapodetien* von *Cladoniomyces pyxidatae* (Stamm 15) synthetisiert mit *Cystococcus* Klon 15 g auf Holundermark nach 8 Monaten (vgl. Kap. VI, B, 2.). Zirka  $\frac{12}{1}$  nat. Grösse.

Abb. 4 (von links nach rechts) : Podetium 1, 2 und 3 von der Seite.

Abb. 5 (in der Mitte) : Podetium 4. Der Pfeil deutet auf die Ansätze der Podetien 5 und 6.

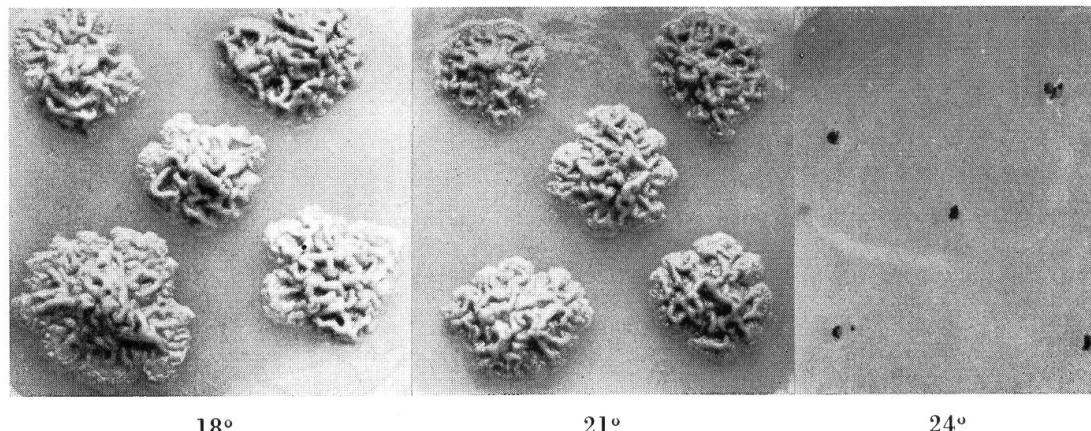
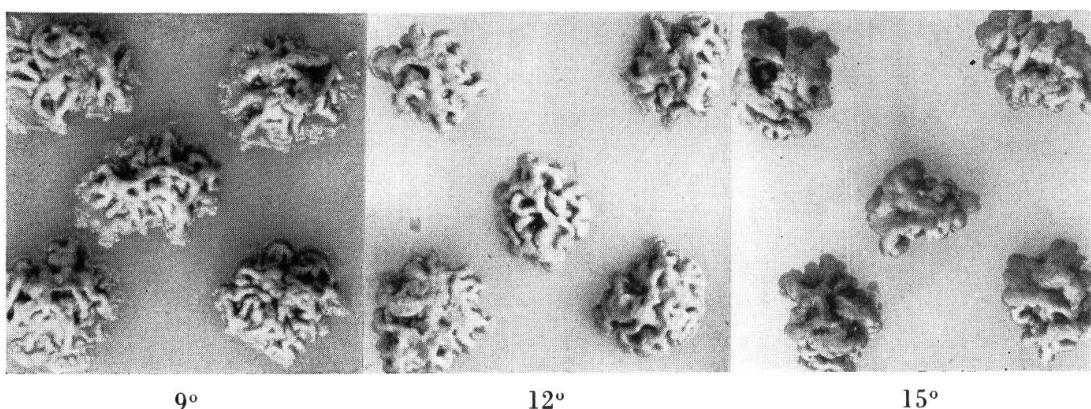
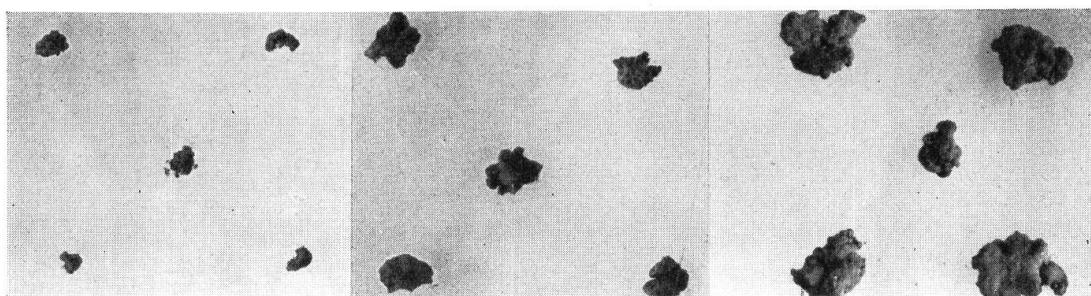
Abb. 6 : Podetium 1 und 2 von der Seite, Podetium 3 von oben mit Blick in den Becher.

Abb. 7 : Podetium 1 und 2 von oben (links oben im Bild), Podetium 3 schräg von oben (rechts oben im Bild) und Podetium 4 von oben (unten rechts im Bild, verschwommen).

Abb. 8 : In der Natur gewachsene junge Podetien von *Cladonia pyxidata* (Flechte 15) zum Vergleich mit den in Reinkultur synthetisierten.

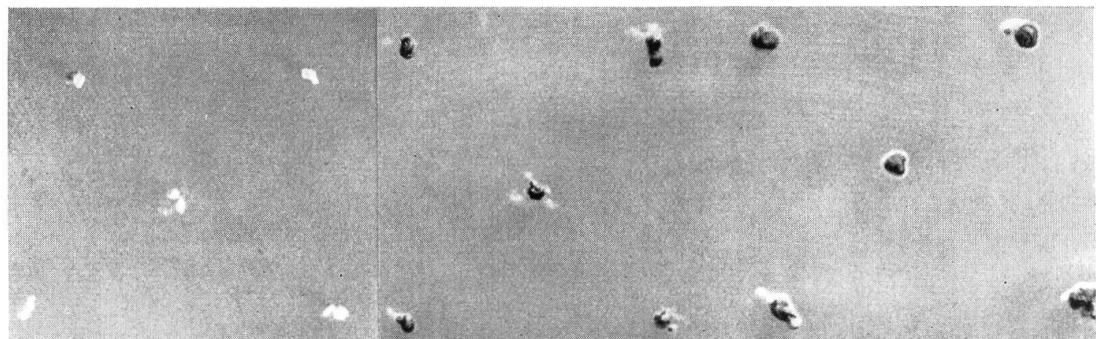
Zirka  $\frac{6}{1}$  nat. Grösse.

## Tafel 1



Phot. Photograph. Institut E. T. H.

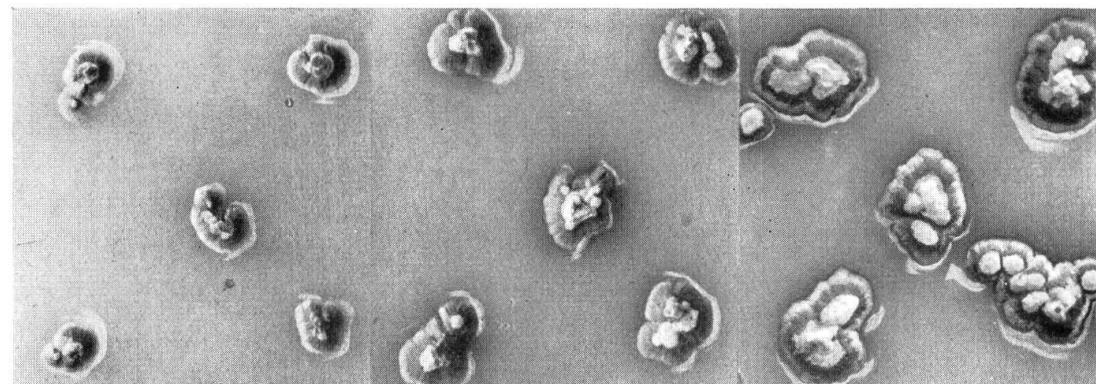
## Tafel 2



0°

3°

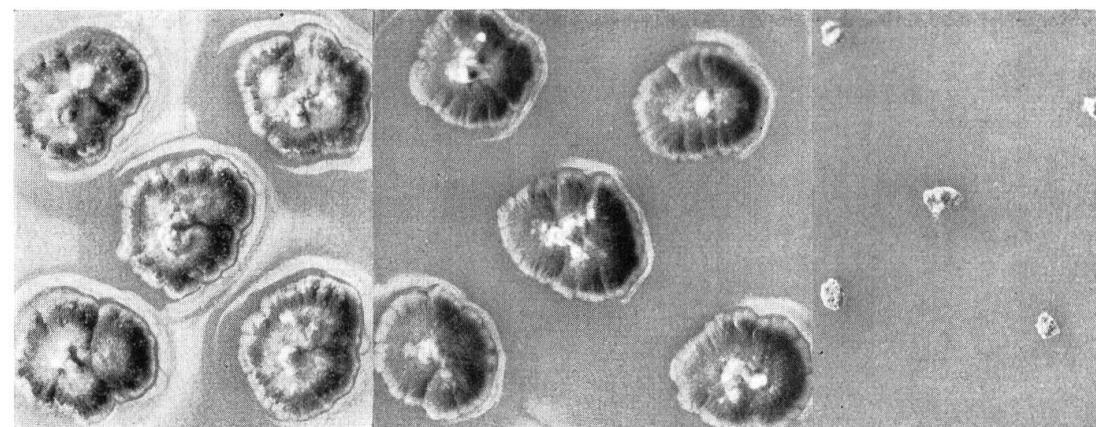
6°



9°

12°

15°

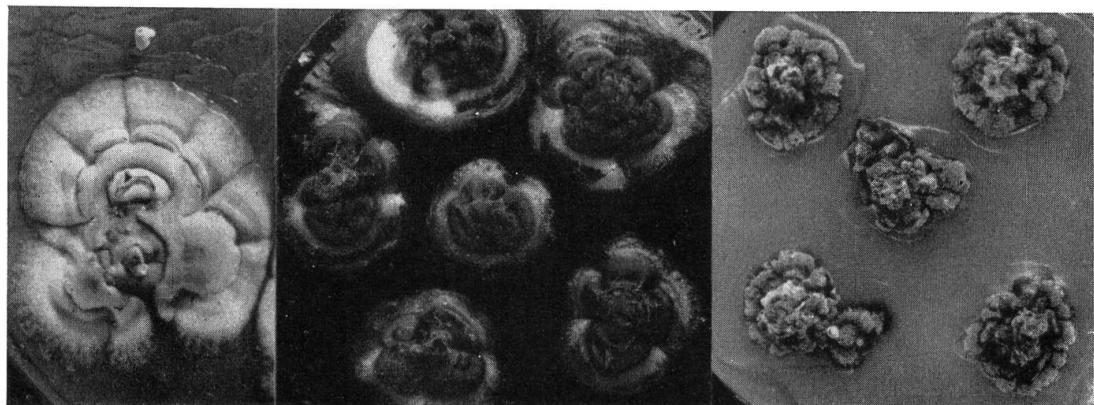


18°

21°

24°

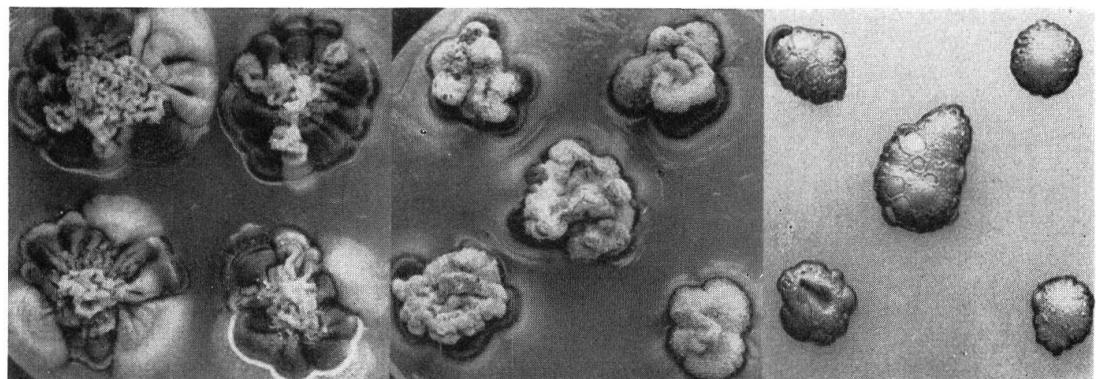
### Tafel 3



1.

2.

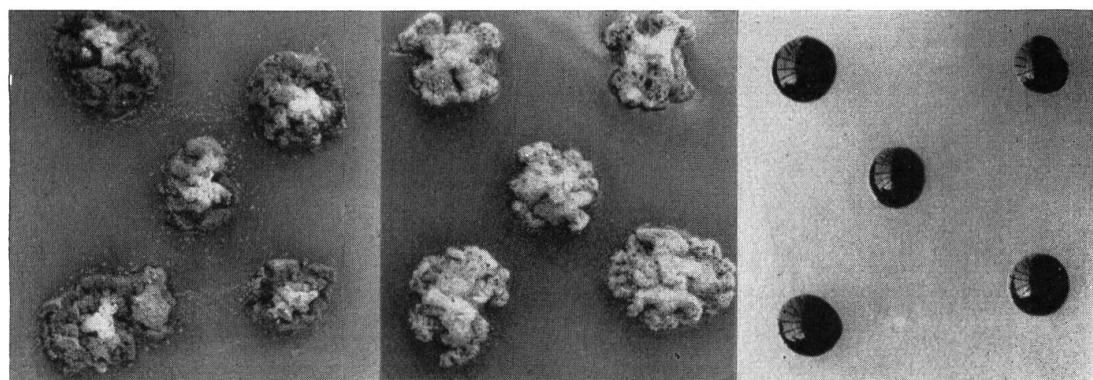
3.



4.

5.

6.

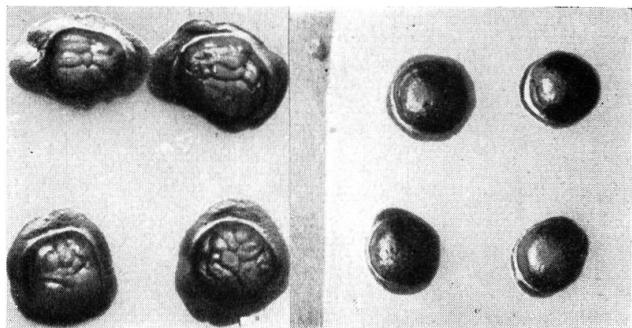


7.

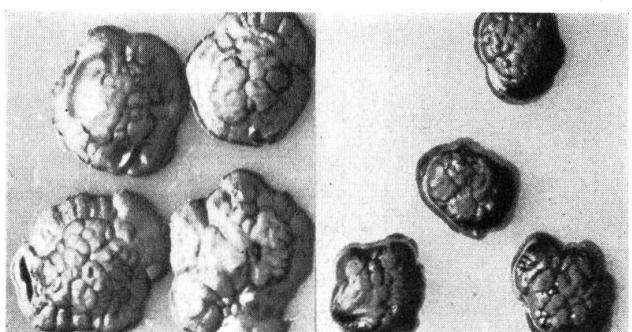
8.

9.

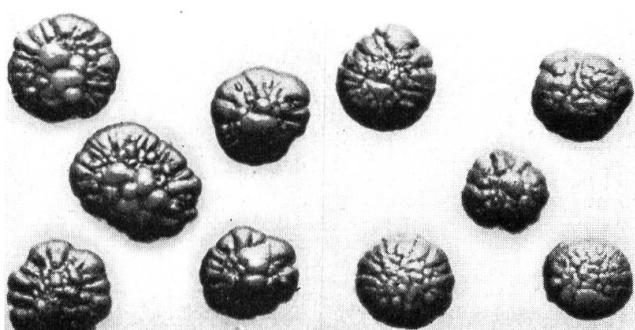
## Tafel 4



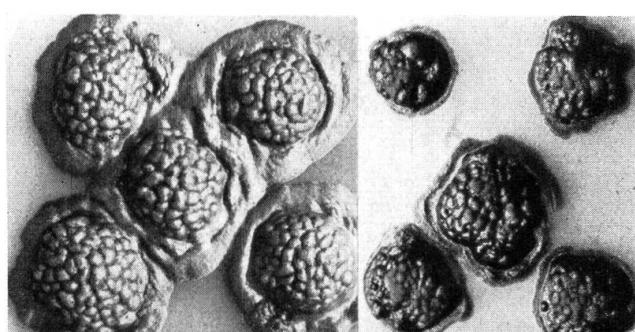
1.



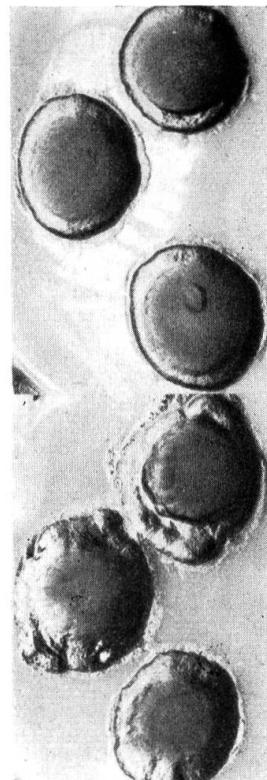
2.



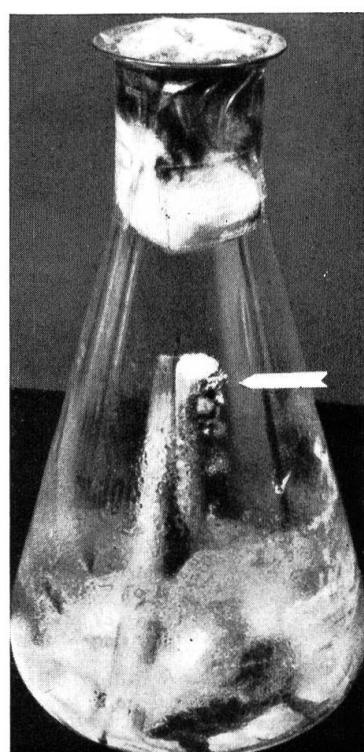
3.



4.



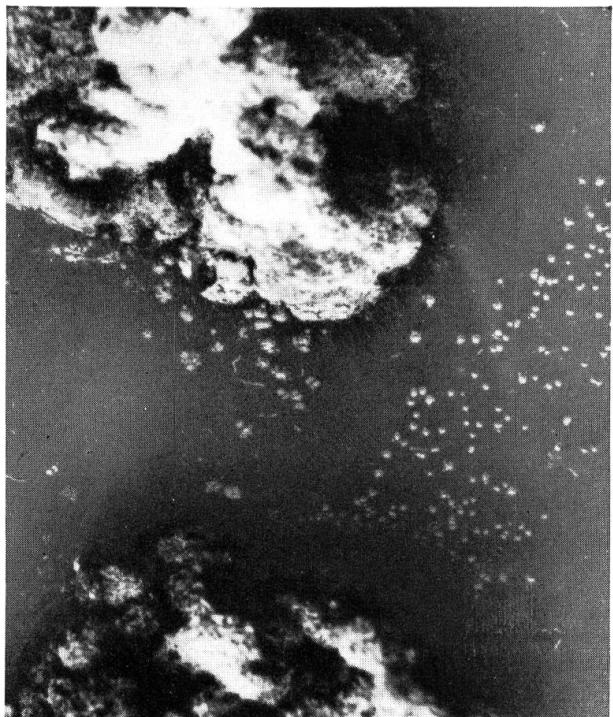
5.



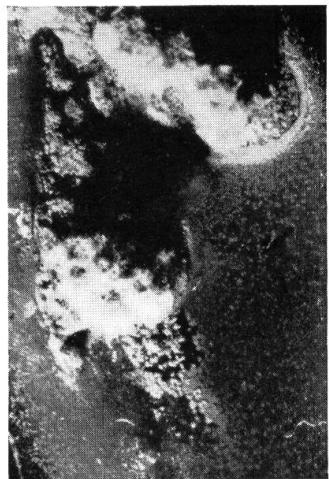
6.

Phot. Photograph. Institut E. T. H.

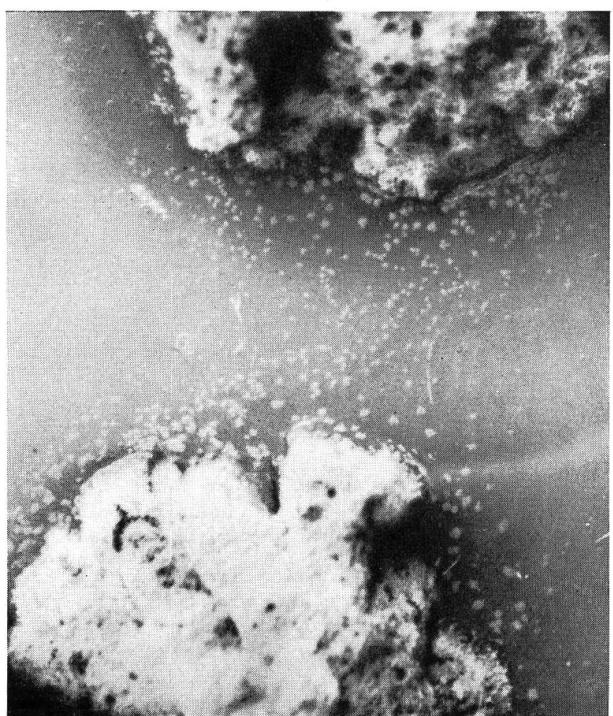
## Tafel 5



1.



3.



2.

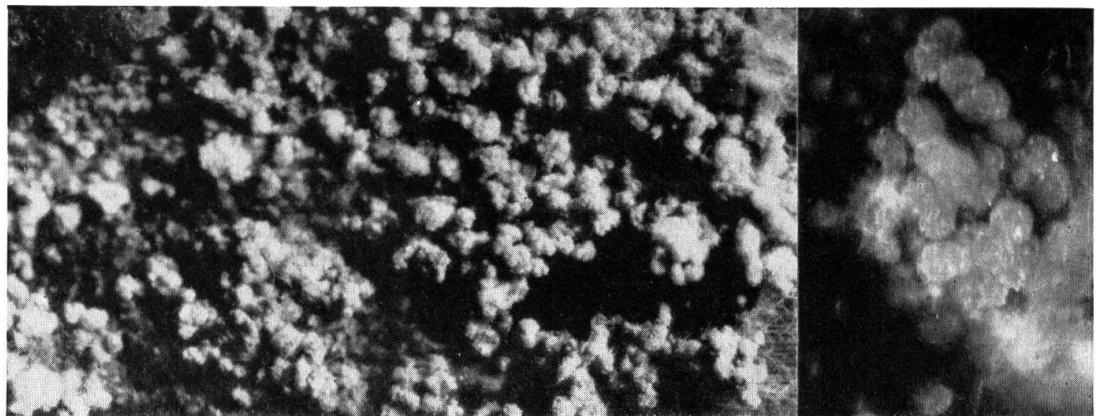


4.



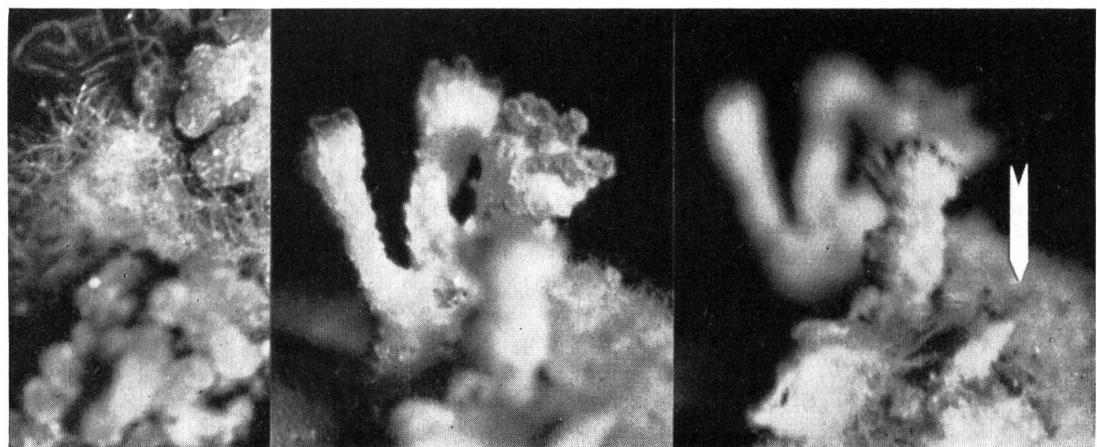
5.

## Tafel 6



1.

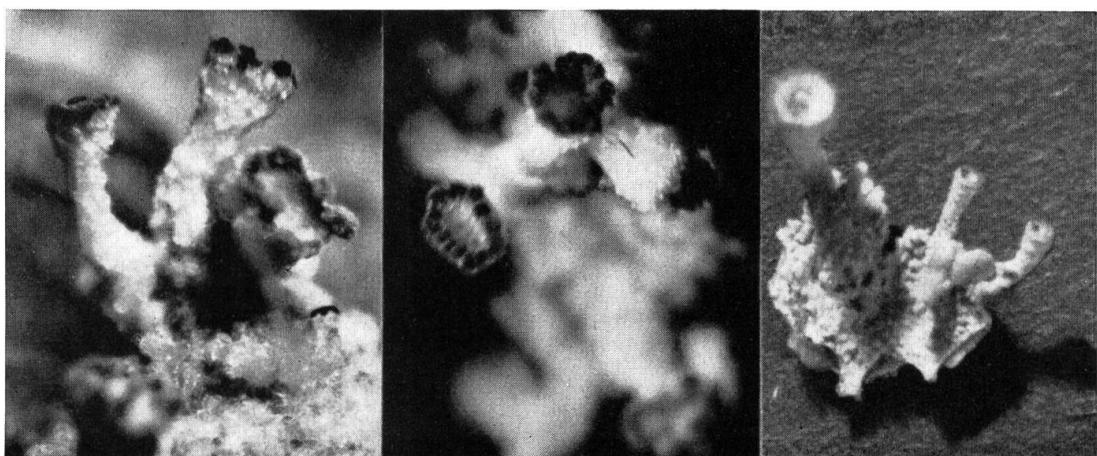
2.



3.

4.

5.



6.

7.

8.