

meinen Eltern für alle Unterstützung und Katrin für das letzte Jahr

„Der schrecklichste Fehler, den die Menschheit im Moment macht, ist, daß sie die biologische Vielfalt der Welt zerstört.“

E.O. Wilson in DER SPIEGEL, Heft 46, 1998.

„Die „Beherrschung der Mannigfaltigkeit“ war für ihn [den Menschen] von jeher von lebenswichtiger Bedeutung. ... Im Leben der Organismen selbst sind zweifellos noch andere Merkmale oder Eigenschaften wesentlich als diejenigen, die der Mensch im Hinblick auf seine eigenen Zwecke als wesentlich ansieht.“

W. Hennig in Aufgaben und Probleme stammesgeschichtlicher Forschung,
Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1984.

Spirit -

*I thought I'd found a reason to live
Just like before when I was a child
Only to find dreams made of sand
Would just fall apart and slip through my hands
But the spirit of life keeps us strong
And the spirit of life is the will to carry on
Adversity what have I done to you
To cause this reclusive silence
That has come between me and you
And the spirit of life remains in light
And the spirit of life remains inside
I never thought it would be quite like this
Living outside of mutual bliss
But as long as the veins in our arm still stand up
The spirit of life will keep living on*

Dead Can Dance von „A Passage In Time“,
Beggars Banquet Music Ltd. / Momentum Music Ltd.

**Stammesgeschichte der Lichinaceae: Studien in Richtung
einer natürlichen Konzeption und Gliederung
der Familie und ihrer Gattungen**

Vom Fachbereich Biologie der Universität Kaiserslautern
zur Erlangung des akademischen Grades
„Doktor der Naturwissenschaften“
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Matthias Schultz

Kaiserslautern 2000

(D386)

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 17.12.2000

Prüfungskommission:

Vorsitzender: Prof. Dr. T. Anke

1. Berichterstatter: Prof. Dr. B. Büdel

2. Berichterstatter: Prof. Dr. G. Rambold (Univ. Bayreuth)

3. Berichterstatter: PD Dr. H.T. Lumbsch (Univ. Essen)

Hiermit versichere ich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig verfaßt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Kaiserslautern, 15.11.2000

Danksagung

Mein Dank gilt jenen, die mir bereitwillig bei der Bearbeitung des Themas geholfen haben und auf ganz vielfältige Weise zum Zustandekommen dieser Schrift beigetragen haben: Herrn Prof. Dr. B. Büdel für die Möglichkeit, eine systematische Arbeit über eine faszinierende Flechtengruppe anzufertigen; Herrn Prof. Dr. G. Rambold (Bayreuth) für die kurzfristige Bereitschaft, als Zweitgutachter zur Verfügung zu stehen; Herrn Prof. Dr. T. Friedl (Göttingen) für die Hilfe beim Erlernen molekularbiologischer Praktiken; Herrn Dr. W.-R. Arendholz für die Hilfe bei Fragen zur Systematik der Pilze sowie Problemen mit nomenklatorischen Regeln oder der Literaturrecherche und eine kritische Durchsicht des Manuskripts; Herrn Dipl.-Biol. Frank Kauff für die Unterstützung bei Computerproblemen aller Art sowie zahllose anregende fachliche (und nicht fachliche) Diskussionen; der gesamten Abteilung Allgemeine Botanik für die angenehme Arbeitsatmosphäre; den Kuratoren der verschiedenen Museen und Sammlungen für die rasche Bearbeitung meiner Bitten um Ausleihe von Herbarmaterial sowie allen Kollegen und Freunden, die mir in größerem oder kleinerem Umfang Untersuchungsmaterial aus vielen Teilen der Welt zugesandt haben und ohne welches ich mir den nötigen Überblick bei der Bearbeitung des Themas nicht hätte verschaffen können.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
2. Material	14
3. Methoden	
3.1. Wahl der Taxa	18
3.2. Datenerfassung	
3.2.1. Klassische Merkmale	18
3.2.2. Molekulare Daten	
DNA-Extraktion	19
PCR (<i>polymerase chain reaction</i>)	20
Sequenzierung	20
3.3. Datenauswertung	
3.3.1. Manuelle Analyse klassischer Daten	21
3.3.2. Rechnergestützte Analyse klassischer und molekularer Daten	21
3.3.3. Kombinierte Analyse der klassischen und Sequenzdaten	22
3.3.4. Statistische Absicherung der rechnergestützten Stammbaumanalysen	23
4. Ergebnisse	
4.1. Deskriptiver Teil	
4.1.1. Morphologie des vegetativen Lagers	24
4.1.2. Anatomie des vegetativen Lagers	29
4.1.3. Bau der Ascomata	29
4.1.4. Anlage oder Ontogenie der Ascomata	32
4.1.5. Ascus und Ascosporen	34
4.1.6. Bau der Conidiomata	34
4.1.7. Photobionten	35
4.1.8. Ökologie und Verbreitung	35
4.1.9. Sequenzdaten	37
4.2. Analytischer Teil	
4.2.1. Wahl der Außengruppe?	39
4.2.2. Monophylie der Innengruppe?	40
4.2.3. Merkmalsliste und -homologisierung	42
4.2.4. Manuelle Stammbaumanalyse	48
4.2.5. Rechnergestützte Analyse klassischer Daten	54
4.2.6. Rechnergestützte Analyse der Sequenzdaten	59
4.2.7. Kombinierte Analyse von morphologischen und Sequenzdaten	67
4.2.8. Integration der Teilergebnisse, Formulierung einer Verwandtschaftshypothese	70
4.3. Klassifikatorisch-nomenklatorischer Teil	
4.3.1. Die Ordnung Lichinales	72
4.3.2. Die Familie Lichinaceae	72
4.3.3. Schlüssel zur Bestimmung der Gattungen	75
4.3.4. Die Gattungen	
<i>Anema</i> Nyl. ex Forss.	79
<i>Digitothyrea</i> Moreno & Egea	80
<i>Ephebe</i> Fr.	80
<i>Gloeoheppia</i> Gyeln. em. Henss.	81
<i>Harpidium</i> Flotow ex Körber	82
<i>Heppia</i> Naeg. ex Massal.	83
<i>Jenmania</i> Wächter	84
<i>Lempholemma</i> Körber	85
<i>Lichina</i> C.A.Ag.	86
<i>Lichinella</i> Nyl.	87
<i>Paulia</i> Fée	88
<i>Peccania</i> Massal.	91
<i>Phloeopeccania</i> J.Steiner	91
<i>Phylliscum</i> Massal. apud Nyl.	92
<i>Porocyphus</i> Körber	94
<i>Psorotichia</i> Massal.	95
<i>Pterygiopsis</i> Vain.	96

<i>Pyrenopsis</i> (Nyl.) Nyl.	97
<i>Stromatella</i> Henss.	98
<i>Synalissa</i> Fr.	98
<i>Thyrea</i> Massal.	99
4.3.5. Weitere Gattungen	
<i>Calotrichopsis</i> Vain.	101
<i>Cryptothele</i> Th.Fr.	102
<i>Edwardiella</i> Henss., <i>Euopsis</i> Nyl.	103
<i>Lecidopyrenopsis</i> Vain., <i>Lemmopsis</i> (Vain.) Zahlbr., <i>Leprocollema</i> Vain.	104
<i>Lichinodium</i> Nyl., <i>Metamelanea</i> Henss.	105
<i>Phylliscidium</i> Forss., <i>Phyllisciella</i> Henss.	106
<i>Pyrenocarpon</i> Trevis., <i>Thelignya</i> Massal., <i>Thelochroa</i> Massal.	107
<i>Thermutis</i> Fr., <i>Thermutopsis</i> Henss.	108
<i>Zahlbrucknerella</i> Herre	109
5. Diskussion	
5.1. Material und Taxonauswahl	110
5.2. Methodik	
5.2.1. Datenerfassung	111
5.2.2. Datenauswertung	112
5.3. Ergebnisdiskussion	
5.3.1. Konflikt Ascus-Ontogenie	114
5.2.2. Stammbaumberechnung mit klassischen Daten	114
5.2.3. Molekulare Phylogenien	115
5.2.4. Kombinierte Analyse klassischer und molekularer Daten	116
5.2.5. Integrierende Verwandtschaftshypothese	116
5.2.6. Klassifikation	118
5.2.7. Bestimmungsschlüssel	120
6. Zusammenfassung	121
7. Literatur	123
8. Verzeichnis und Anhänge	
A - Abkürzungen	
B - Untersuchungsmaterial	
C - morphologische Datenmatrices	
D - Introns	
E - Sequenzalignment	

1. Einleitung

In der Familie Lichinaceae sind flechtenbildende Ascomyceten zusammengefaßt, die gewöhnlich sehr kleine Lager von gallertiger Konsistenz und schwärzlicher Farbe besitzen. Der gelatinöse Lageraufbau und die dunkle Thallusfärbung werden hauptsächlich durch die Gallerthüllen und darin eingelagerte Pigmente der cyanobakteriellen Photobionten bedingt. Die systematische Einordnung der Lichinaceae bereitet seit langem große Schwierigkeiten, da die Familie aufgrund einiger Merkmale sehr eigenständig ist und sich Beziehungen zu anderen Gruppen lichenisierter Ascomyceten nur schwer herstellen lassen. In Zahlbruckners historischem System der Flechten (1926) verteilen sich die heute als Lichinaceae verstandenen Arten auf nicht weniger als 6 Familien (Ephebeaceae, Lichinaceae, Pyrenopsidaceae, Collemataceae, Heppiaceae, Lecanoraceae). In der Revision der Ephebeaceae und Lichinaceae durch Henssen (1963a) wurden diese beiden Familien vereinigt und die Pyrenopsidaceae als nahe Verwandte bezeichnet, jedoch nicht näher behandelt. Die Ephebeaceae wurden in Synonymie zu den Lichinaceae gestellt und diese damit deutlich erweitert. Ein weiterer wesentlicher Schritt war die Eingliederung der artenreichen Pyrenopsidaceae in die Familie (Henssen & Jahns 1973, Henssen 1979). Merkmale des Photobionten, auf denen die Trennung der Familien in Zahlbruckners System noch fußte, traten damit in den Hintergrund, während vor allem Merkmale der Fruchtkörperanlage an Gewicht zunahmen. Die Art des Photobionten blieb jedoch ein wichtiges Kriterium zur Gattungsabgrenzung. Die Gattungen *Euopsis* und *Harpidium* wurden von Henssen et al. (1987) zu den Lichinaceae gestellt, nachdem sie zuvor durch Hafellner (1984) in der eigenen Familie Harpidiaceae vereinigt worden waren. Durch den Einschluß der beiden Gattungen mit zu diesem Zeitpunkt nur drei Arten erfuhren die Lichinaceae eine erneute wesentliche Merkmalerweiterung (Henssen et al. 1987): Vorkommen unitunicat-rostrater Asci zusätzlich zu den sonst vorhandenen prototunicaten Asci und bei einer Art obligater, bei einer weiteren fakultativer Besitz von Grünalgen neben den üblichen cyanobakteriellen Photobionten. Die nun im Merkmal Ascus zu akzeptierende Variabilität wurde gegenüber den großen Übereinstimmungen der Taxa *Euopsis* und *Harpidium* in Ascoma-Ontogenie (Anlage und Entwicklung der Apothecien), Bau und Struktur des Flechtenlagers sowie ähnlicher ökologischer Ansprüche als untergeordnet betrachtet.

Durch die Beschreibung einiger neuer Taxa wurden weitere zum Teil monotypische Gattungen in die Lichinaceae aufgenommen: *Metamelanea*, *Stromatella*, *Edwardiella*, *Thermutopsis*, *Phyllisciella* (Henssen 1986a, 1989, 1990a, Henssen & Büdel 1984a). Auch die

Aufspaltung alter Sammelgattungen führte zu einer Erhöhung der Zahl akzeptierter Lichinaceae-Gattungen:

- *Thyrea* s.l. → *Thyrea* Mass. und *Digitothyrea* Moreno & Egea (Moreno & Egea 1992a)
- *Psorotichia* s.l. → *Pyrenocarpon* Trev. und *Psorotichia* Massal. (Jørgensen & Henssen 1990)
- *Porocyphus* s.l. → *Thelignya* Massal. und *Porocyphus* Körb. (Jørgensen & Henssen 1990)

Andererseits gab es erfolgreiche Versuche, die ausufernde Zahl gebräuchlicher Gattungsnamen einzugrenzen. Folgende Taxa konnten in die Synonymie verwiesen werden:

- *Rechingeria* Serv. und *Thallinocarpon* Dahl → *Gonohymenia* Steiner (Henssen 1979)
- *Gonohymenia* Steiner → *Lichinella* Nyl. (Moreno & Egea 1992b)
- *Forssellia* Zahlbr. und *Enchylum* Massal. → *Pterygiopsis* Vain. (Henssen 1963a, 1979)
- *Pyrenopsidium* (Nyl.) Forss. und *Malmgrenia* Vain. → *Cryptothele* Th.Fr. (Henssen & Büdel 1984a, Jørgensen & Henssen 1990)
- *Collemopsis* Nyl. ex Cromb. → *Psorotichia* Massal. (Jørgensen & Henssen 1990)

Andere Gattungsnamen wurden als ungültig erkannt (Jørgensen & Henssen 1990) und wurden verworfen (*Arctoeppia* Lynge, *Fernaldia* Lynge, *Montinia* Massal.). Henssen (1979) zeigte, daß *Collemopsidium* Nyl. nicht lichenisierte Pilze beinhaltet. Die Gattung *Gloeoheppia* Gyeln., die erst zu den Heppiaceae (Gyelnik 1935) später jedoch zu den Lichinaceae (Marton & Galun 1981) gestellt worden war, wurde schließlich aus den Lichinaceae wieder ausgegliedert. Henssen (1995) errichtete dazu die separate Familie der Gloeoeppiaceae, was aber kaum zur Erhellung der verwandtschaftlichen Verhältnisse dieser Flechtengattung beitrug. Es folgen einige Klassifikationen. Heute zu den Lichinaceae gestellte Gattungen sind fett gedruckt.

Montagne (1846)

Subfam. Collemaceae

Trib. Lichineae: Lichina, Paulia

Trib. Cenogonieae: *Caenogonium*, *Cilicia*, **Ephebe**,
Micarea, **Thermutis**, (*Rhacodium*?)

Trib. Collemaceae Vraies: *Collema*, *Mallotium*,
Leptogium, *Stephanophorus*, *Omphalaria* [!],
Myriangium, *Myxopuntia* (*Nostoc*?)

Nylander (1854)

Fam. Lichinaceae

Trib. Ephebeae: **Ephebe**

Trib. Lichineae: **Lichina**

Fam. Collemaceae

Trib. Collemeae: **Synalissa**, *Omphalaria*, *Collema*,
Leptogium, *Obryzum*

Trib. Phyllisceae: **Phylliscum**

Fam. Lichenaceae

Trib. Lecanoreae: *Lecanora*, *Dirina*, **Pyrenopsis**,
Thelotrema, *Phlyctis*

Fries (1861)

Fam. Collemacei

Subfam. Collemei: *Collema*, *Synechoblastus*,

Lempholemma

Fam. Pyrenopsidei: **Pyrenopsis**

Fam. Lecotheciei: Lecothecium, **Thermutis**

Fam. Lichinei: Lichina

Fam. Phylliscei: **Phylliscum**

Fam. Ephebei: **Ephebe**

Zahlbruckner (1926)

Fam. Ephebaceae

Ephebe, Ephebeia, Leptogidium, Polychidium,
Porocyphus, **Pterygiopsis**, Spilonema, **Thermutis**,
Trichobacidia, **Zahlbrucknerella**

Fam. Pyrenopsidaceae

Anema, Collemopsidium, **Cryptothele**, Forssellia,
Gonohymenia, **Jenmania**, **Lecidopyrenopsis**,
Paulia, **Peccania**, **Phloeopeccania**, **Phylliscidium**,
Phylliscum, **Psorotichia**, **Pyrenopsis**,
Pyrenopsidium, **Synalissa**, **Thyrea**

Fam. Lichinaceae

Calotrichopsis, Homopsella, **Lichina**, **Lichinella**,
Lichinodium, Pterygium, Steineria

Fam. Collemaceae

Arctomia, Collema, Collemodes, Homothecium,
Koerbera, Leciophysma, **Lemmopsis**,
Lempholemma, **Leprocollema**, Leptogium, Physma,
Pyrenocollema, Ramalodium

Fam. Heppiaceae [mit Heppia, Peltula, Neoheppia,

Gloeoheppia nach heutigem Verständnis]

Fam. Lecanoraceae [div. Gattungen inkl. **Harpidium**]

Henssen (1963a)

Fam. Lichinaceae

Calotrichopsis, **Ephebe**, **Lichina**, **Lichinella**,
Lichinodium, **Porocyphus**, **Pterygiopsis**,
Thermutis, **Zahlbrucknerella**

Mit den Pyrenopsidaceae sensu Zahlbruckner und

Lempholemma von den Collemataceae und ein Teil
der Heppiaceae [Gloeoheppia]

Henssen & Jahns (1973)

Fam. Lichinaceae

Ephebe, Gonohymenia, **Jenmania**, **Lempholemma**,
Lichina, **Lichinella**, **Lichinodium**, **Phylliscum**,
Porocyphus, **Psorotichia**, **Pyrenopsis**, Rechingeria,
Synalissa, Thallinocarpon, **Thermutis**,
Zahlbrucknerella

Henssen (1979)

Fam. Lichinaceae

Anema, **Calotrichopsis**, **Cryptothele**, **Ephebe**,
Gonohymenia, **Jenmania**, **Lecidopyrenopsis**,
Lempholemma, **Lichina**, **Lichinella**, **Lichinodium**,
Paulia, **Peccania**, **Phloeopeccania**, **Phylliscidium**,
Phylliscum, **Porocyphus**, **Psorotichia**,
Pyrenopsidium, **Pyrenopsis**, **Synalissa**, **Thermutis**,
Thyrea, **Zahlbrucknerella**

Eriksson & Hawksworth (1998)

Fam. Lichinaceae

Anema, **Calotrichopsis**, **Cryptothele**, **Digitothyrea**,
Edwardiella, **Ephebe**, **Euopsis**, Finkia*,
Gonohymenia*, Gyrocollema*, **Harpidium**,
Jenmania, **Lecidopyrenopsis**, **Lemmopsis**,
Lempholemma, **Leprocollema**, **Lichina**, **Lichinella**,
Lichinodium, **Metamelanea**, **Paulia**, **Peccania**,
Phloeopeccania, Phylliscidiopsis*, **Phylliscidium**,
Phyllisciella, **Phylliscum**, **Porocyphus**, **Psorotichia**,
Pyrenocarpon, **Pyrenopsis**, **Stromatella**, **Synalissa**,
Thelignya, **Thermutis**, **Thermutopsis**, **Thyrea**,
Zahlbrucknerella

* Die Gattung *Gonohymenia* wurde von Moreno & Egea (1992b) in Synonymie zu *Lichinella* gestellt; der Einschluß der Gattungen *Finkia* und *Gyrocollema* erscheint zweifelhaft; die Gattung *Phylliscidiopsis* ist zweifelhaft.

Bemerkenswert ist, daß die Gattung *Lempholemma* bis zu Zahlbruckner bei den heutigen Collemataceae stand. Bereits Körber (1855), der die Gattung errichtet hatte, äußerte die Vermutung, daß *Lempholemma* wahrscheinlich zu den Lichinaceae gehöre. Die Familie umfaßt

derzeit 36 zum Teil artenreiche Gattungen. Folgende weit gefaßte Familiendiagnose läßt sich zusammenstellen (Henssen 1979, Henssen et al. 1987):

1. Gallertflechten mit Cyanobakterien als Photobionten, bei einer Art zusätzlich, bei einer weiteren ausschließlich mit Grünalgen
2. variierende Ontogenie der Fruchtkörper nach drei Grundtypen
3. nach Bau und Entstehung verschiedene Typen von Paraphysen
4. Fruchtkörperberandung umfaßt Lager- und Eigenrand, nur einen Lagerrand oder nur einen Eigenrand, oder sie fehlt ganz
5. Ascus mit 8 bis 32 farblosen, unseptierten Sporen
6. Wand des Ascus gleichmäßig dünn und Sporenfreisetzung passiv (prototunicater Ascus) oder Wand ist apikal verdickt und Sporenfreisetzung aktiv (unitunicat-rostrater Ascus)
7. Dünnwandigkeit des Ascus wird als Reduktionsfolge interpretiert
8. vegetatives Lager durch mannigfaltige Strukturen des Pilzgeflechts gekennzeichnet
9. ökologische Ansprüche oft ähnlich und Besiedlung vergleichbare, oft sporadisch feuchter Habitate vornehmlich in ariden, halbariden und warm-gemäßigten Zonen oder in entsprechenden Kleinhabitaten.

Kann die Familie anhand gewisser Eigenheiten wie dem gallertigen Lager, den einfachen, farblosen Sporen und dünnwandigen Asci relativ problemlos erkannt werden, ist die Abgrenzung der Gattungen und Arten voneinander sehr schwierig und teilweise sogar unmöglich. Es gibt derzeit kein schlüssiges Konzept zur Gattungsabgrenzung. Merkmale des Photobionten spielen eine wesentliche Rolle, und es dominieren „intuitive“ Vorstellungen über den Umfang der Gattungen und deren Beziehungen zueinander (z.B. *Paulia*, *Anema*, *Phylliscum*; s. Henssen 1963a, 1963b, 1979). Klare Vorstellungen zur Phylogenie der Taxa gibt es nicht. Im Unterschied dazu besitzen die Arbeiten von Moreno & Egea (1992a, b) zu den Gattungen *Digitothyrea*, *Thyrea*, *Lichinella* und *Gonohymenia* eine nachvollziehbare Basis, indem die Ontogenie der Ascomata als Merkmal herangezogen und einheitlich bewertet wurde. Als Folge ergaben sich die oben bereits zitierten Aufspaltung der Sammelgattung *Thyrea* sowie die Vereinigung von *Lichinella* und *Gonohymenia*. Von diesen ersten Schritten in Richtung einer einheitlichen Gliederung abgesehen, sind viele Gattungen der Lichinaceae nach wie vor sehr heterogen. In diesem Zusammenhang ist es vor allem die Anlage der Ascomata nach verschiedenen Wegen, die viele Gattungen variabel erscheinen läßt. Die Abgrenzung der Gattungen voneinander wird dadurch erheblich erschwert. Dieser Umstand muß verwundern, da bereits erkannt wurde (Henssen 1963a), daß die Entwicklung der Apothecien in den Lichinaceae tiefgreifende Veränderungen im Zuge der Evolution erfahren hat. Damit böte dieser Merkmalskomplex hervorragende Ansatzpunkte für stammesgeschichtliche Untersuchungen. Trotzdem ist der gegenwärtige Zustand in der

Gattungsumschreibung und -abgrenzung so, daß eine hohe Variabilität im Merkmal Ascoma-Anlage akzeptiert ist (z.B. Henssen 1973, 1974) und die Gattungen auf Merkmale des vegetativen Lagers wie Wuchsform, Anatomie oder Art des Photobionten gegründet sind (z.B. Henssen 1986b). Allerdings bedeutet diese Sichtweise für die evolutive Veränderung der Merkmale im Zuge der Stammesgeschichte, daß die verschiedenen Wege der Ascoma-Ontogenie in den Lichinaceae vielfach unabhängig voneinander entstanden sein müssen, während Merkmale wie Wuchsform, Anatomie oder Gestalt des Photobionten hochgradig konserviert wurden. Diese Annahmen stehen in Widerspruch zu allgemeinen Erkenntnissen und deren Umsetzung in der neueren Systematik und Klassifikation flechtenbildender Ascomyceten (z.B. Döring & Lumbsch 1998, Hafellner 1984, 1988, Hafellner et al. 1993, Hale 1984, Janex-Favre 1967, Lumbsch 1997, 1998, Lumbsch et al. 1994, Nimis 1998, Rambold & Triebel 1992, 1999, Sipman 1983, Stenroos et al. 1997, Tehler 1996). Vor allem Merkmale wie allgemeine Wuchsform, Art der Apothecienberandung, Art des Photobionten u.s.w. wurden als untauglich erkannt, um höherrangige Taxa (z.B. auf Gattungsebene und oberhalb) zu erkennen und abzugrenzen. Statt dessen konnten auf der Basis von Ascustyp, Ascoma-Anlage, Flechtenstoffchemie, Conidiomata und zunehmend auch molekularer Merkmale viele Gruppen besser und weniger widersprüchlich begründet werden. Eine kritische Auseinandersetzung mit den in den Lichinaceae gebräuchlichen Konzepten (soweit vorhanden) auf der Grundlage neuer Erkenntnisse zur Stammesgeschichte lichenisierter Ascomyceten lag bislang nicht vor.

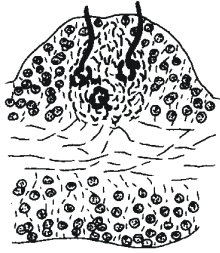
Figur 1 (S. 11) zeigt beispielhaft einige Konflikte der Merkmalsverteilung in den Lichinaceae. Die Darstellung könnte noch erheblich ausgedehnt werden (s. Tab. 2, S. 37 mit weiteren Beispielen heterogener Gattungen und widersprüchlichen Merkmalsverteilungen).

Neben den Widersprüchen in der Merkmalsbewertung ist besonders das Fehlen von Arbeiten zur Begründung der Position der Familie im System der Euascomyceten problematisch. Nach Henssen & Jahns (1973) zählen die Lichinaceae zu den Lecanorales und wurden von Henssen et al. (1981) aufgrund weitreichender Übereinstimmungen in der ascohymenialen Anlage der Apothecien neben typischen Familien der Lecanorales behandelt. Später wurden die Familien Lichinaceae und Peltulaceae in der Ordnung Lichinales verselbständigt (Henssen & Büdel 1986).

Fig. 1: Merkmalskonflikte in den Lichinaceae. Grundlage der Darstellung sind die verschiedenen Wege der Fruchtkörperanlage. Es wäre möglich, diese Konflikte auch auf der Basis der Wuchsform oder der Anatomie aufzuzeigen, was allerdings nahezu alle Gattungen in widersprüchliche Position brächte. Rostr. Ascus aus Büdel (1987); Knäueltyp + Pycnoascoma aus Moreno & Egea (1992a); restl. Abbildungen aus Moreno (1988).

Merkmalskonflikte in den Lichinaceae

Knäueltyp



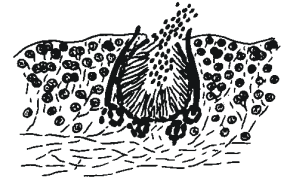
unitunicat-rostrater Ascus



Euopsis

Pyrenopsis Harpidium

Pycnoascomata



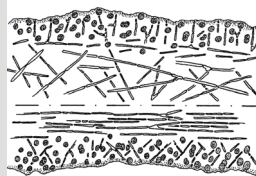
prototunicater Ascus



Paulia
Phloeopeccania
Synalissa
Psorotichia u.v.m.

Anema
Phylliscum
Thyrea
Porocyphus u.v.m.

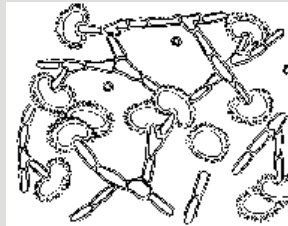
Lager blättrig bis strauchig, Anatomie mit Zentralstrang



Digitothyrea

Thyrea
"Jenmania osorioi"

Lager schuppig bis rosettig, Anatomie locker netzig

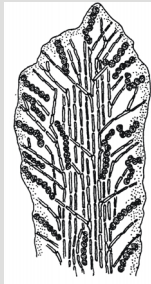


Paulia

Anema
Phylliscum

Lager strauchig, Anatomie mit "Springbrunnen"

Lichina confinis
L. pygmaea



Lichina willeyi-Gruppe

Lichinella stipatula, *L. robusta*, *L. flexa* u.a.

Thallinocarp



Tehler (1995, 1996) rückte anhand des Merkmals prototunicater Ascus die Lichinales in die Nähe der Caliciales, indem der Besitz dieser strukturell-funktionell einfachen Asci als ursprüngliches Merkmal interpretiert wurde und beide Ordnungen daher eine basale Stellung in den Euascomyceten einnahmen. Diese Deutung brachte allerdings die Gattungen *Pyrenopsis*, *Euopsis* und *Harpidium* mit funktionell-strukturell komplexeren unitunicat-rostraten Asci in widersprüchliche Position, da diese Gattungen aufgrund ontogenetischer Befunde eindeutig in die Lichinaceae gestellt werden konnten (Henssen et al. 1987). Ähnliches gilt für die Peltulaceae, da auch hier unitunicat-rostrate Asci vorkommen (Büdel 1987) und die Anlage der Ascomata große Ähnlichkeiten zu jener vieler Lichinaceae zeigt (Henssen & Jahns 1973). Inzwischen wurde auch gezeigt, daß die Caliciales s.l. eine unnatürliche Gruppe bilden, die in mehrere Teilgruppen zerfällt (Wedin & Tibell 1997, Wedin et al. 1998, Tibell & Wedin 2000). Der Zerfallstyp des prototunicaten Ascus ist somit sehr wahrscheinlich mehrfach unabhängig entstanden. Da der prototunicate Ascus in den Lichinaceae nicht zum Zerfallstyp gehört, sondern sich durch apikales Aufreißen öffnet, besteht tatsächlich keine hinreichende Grundlage mehr für eine basale Stellung der Caliciales und Lichinales relativ zu jenen Gruppen der Euascomyceten, deren Asci einen Apikalapparat besitzen. Die systematische Position der Ordnung Lichinales ist nach Eriksson & Hawksworth (1998) und Eriksson & Winka (1997) unklar. Dessen ungeachtet wurden die Lichinales trotz fehlender neuer Erkenntnisse von Eriksson (2000) als „Tribus Lichinineae“ in die Lecanorales gestellt. Ähnlich unbegründet ist die derzeitige Position der Familie Heppiaceae. Obwohl *Heppia* nach Henssen (1994) keine klaren Gemeinsamkeiten mit den Lichinales oder Lecanorales zeigt, wird die Gattung in einer eigenen Familie unter den Lecanorales (Eriksson & Hawksworth 1998) bzw. neuerdings im „Tribus Lecanorineae“ der Lecanorales (Eriksson 2000) geführt.

Für eine Revision der systematischen Beziehungen der Lichinaceae ergeben sich somit Hindernisse und Probleme auf verschiedenen Ebenen:

- unklare, unsichere oder widersprüchliche Beziehungen innerhalb der Familie (fehlendes Gattungskonzept, unscharfes Familienkonzept)
- unklare oder unsichere Stellung der Familie zu anderen „gleichrangigen“ Gruppen wie den Peltulaceae, Heppiaceae, Gloeopheppiaceae (fehlende Hypothesen zur Verwandtschaft innerhalb der Lichinales)
- unklare Position der höherrangiger Taxa zueinander (fehlende Hypothesen zur Verwandtschaft der Lichinales innerhalb der Euascomyceten).

Obwohl in vorliegender Arbeit die Revision des Gliederungskonzepts der Familie Lichinaceae und ihrer Gattungen als Ziel klar im Vordergrund steht, sind die beiden letzten Punkte nicht davon zu trennen. Das ergibt sich aus der Notwendigkeit der Beurteilung verschiedener Merkmalskomplexe auf unterschiedlichen hierarchischen Ebenen, wie z.B. im Rahmen des Außengruppenvergleichs. Aus diesem Grunde wurden die potentiell nah verwandten Peltulaceae, Heppiaceae und Gloeopheppiaceae (und weiterer Gruppen wie den Coccocarpiaceae und Collemataceae) mit in die Planung der Untersuchungen einbezogen. Diese breite Herangehensweise soll absichern, daß keine Nachteile durch eine zu restriktive Taxonauswahl entstehen. In eine ähnliche Richtung zielt die Auswahl der zu untersuchenden Merkmale. Die Grundlage stellen klassische Daten zur Anatomie und Morphologie des vegetativen Lagers, der Fruchtkörper, deren Anlage und die Struktur und Funktion der Asci dar. Als neue, unabhängige Informationsquelle sollen Sequenzdaten des Gens der kleinen ribosomalen Untereinheit (18S rDNA) benutzt werden. Dieser Ansatz erscheint besonders lohnend, da bislang keine molekularen Daten der Lichinaceae vorliegen. Die Merkmalsanalyse soll nach phylogenetisch-systematischen oder kladistischen Prinzipien durchgeführt werden. Damit sollen das teilweise hohe Maß an Subjektivität in den wenigen vorliegenden stammesgeschichtlichen Aussagen zu den Lichinaceae und die Widersprüchlichkeiten in der Klassifizierung der Taxa überwunden werden. Der allgemeine Anspruch und die Motivation der vorliegenden Arbeit sind also, reproduzierbare Hypothesen zur Phylogenie der Lichinaceae vorzulegen und diese durch konsequente Konzeption und Neugliederung der betreffenden Taxa in einer revidierten Klassifikation umzusetzen.

Die Ziele der Arbeit können mit folgenden Fragen konkretisiert werden:

- Sind die Lichinales monophyletisch, und welche Taxa gehören dazu?
- Welche Schwestergruppe besitzen die Lichinales?
- Sind die Lichinaceae in ihrer bisherigen Fassung monophyletisch?
- Welche Schwestergruppe besitzen die Lichinaceae?
- Welche verwandtschaftlichen Beziehungen in den Lichinaceae ergeben sich aus der Analyse klassischer und molekularer Daten?
- Welche der bestehenden Merkmalskonflikte können auf dieser Grundlage gelöst werden?
- Wie können diese Erkenntnisse für eine Neugliederung der Lichinaceae und ihrer Gattungen sowie deren Klassifikation genutzt werden?

2. Material

Flechtenmaterial wurde aus folgenden Herbarien entliehen, zugesandt bzw. vor Ort gesichtet: ASU, B, BM, CANB, COLO, DS, ESS, F, G, HAL, HBG, HO, MIN, M, RB, TNS, TUR, WU (Abkürzungen nach Holmgren et al. 1990). Zusätzlich konnte Material in größerem oder kleinerem Umfang aus den Sammlungen von G. Brown (Rostock), B. Büdel (Kaiserslautern), G. Ernst (Ahrensburg), A. Frisch (Bayreuth), L. Garvie (Tempe), V. John (Bad Dürkheim), B. Mies (Duisburg), S. Porembski (Rostock), C. Printzen (Bergen), B. Ryan (Tempe), W.B. Sanders (Recife), C. Scheidegger (Birmensdorf), M. Seaward (Bradford), G. Willems (Sammlung B. Büdel Kaiserslautern) untersucht werden. Soweit es sich um Aufsammlungen nicht älter als 10 Jahre handelte, wurden sie für molekulare Arbeiten herangezogen. Das Gros der DNA-Extraktionen wurde jedoch an Frischmaterial durchgeführt, welches in Venezuela, im Südjemen und auf Sokotra sowie in Arizona und Baja California zusammengetragen wurde. Einige wenige Proben wurden zu Extraktionszwecken in Karelien, im Schwarzwald, in Kuwait und in der Bretagne gesammelt.

In Abschnitt 8.B befindet sich eine Übersicht aller untersuchten Proben. Das sehr umfangreiche Material, das im Zuge der Bearbeitung der Lichinaceae für das „Sonoran Desert Lichen Flora Project“ untersucht wurde, ist nicht vollständig aufgelistet.

Zur Dokumentation wurden Makroaufnahmen der Flechten mit einer Spiegelreflexkamera Minolta Dynax 7xi und Sigma 2,8/50 mm Macroobjektiv sowie Lupenaufnahmen mit einer Spiegelreflexkamera Nikon F3, Balgen und Zeiss (Jena) Luminar 50 mm Lupenobjektiv hergestellt. Mikroskopische Aufnahmen wurden an einem Zeiss (Jena) Axioskop durchgeführt.

Folgende Hilfsmittel wurden für **molekularbiologische Arbeiten** verwendet (alle Chemikalien in der Qualitätsstufe „für die Molekularbiologie“):

DNA-Extraktion: (zur Vorgehensweise s. Abschnitt 3.2.2.)

TE-Puffer:	1 mM EDTA 10 mM Tris, pH 7-8
DTAB-Puffer:	5,5% (w/v) DTAB 700 mM NaCl 70 mM Tris, pH 8,6 30 mM EDTA
PC-Lösung:	Phenol:Chloroform, 50:50
CTAB-Lösung, 10% ig:	10% (w/v) CTAB 700 mM NaCl

Chloroform, 100%
 CTAB (Hexadecyltrimethylammoniumbromid) (Fluka: 52365)
 DTAB (Dodecyltrimethylammoniumbromid) (Sigma: D-8638)
 EDTA (Ethyldiamintetraessigsäure, Dinatriumdihydrat) (Sigma: E-5134)
 Ethanol, abs.
 Ethanol, 70%
 Isopropanol, abs.
 NaCl
 RNase A
 Rotiphenol (Roth: Art.no. 0038.2; TE-gepuffert, pH 7,5-8,0)
 Tris (ICN: cat.no. 819623)

PCR-Reaktionen: Die selektive Vervielfältigung der 18S rDNA-Sequenz aus den gewonnen DNA-Extrakten erfolgte mittels PCR-Reaktionen (*polymerase chain reaction*). Die zyklische Amplifikation zum Erhalt doppelsträngiger DNA-Fragmente wurde an einem „Primus 25/96 Thermocycler“ von MWG-Biotech durchgeführt (zum Ablauf der Reaktionszyklen s. Abschnitt 3.2.2.). Folgende Chemikalien und Reagenzien wurden benutzt:

DMSO (Dimethylsulfoxid) (Sigma: D-8418)
 DNTPs (Sigma: Deoxynucleotid Set, DNTP-100)
 Taq-Polymerase (Eurogentec: Goldstar DNA Polymerase, ref.no. ME-0064-05; 5U/μl)

Primerpaare NS1 (=nu-ssu-0038-5'; Gargas & DePriest 1996) / 18L (Hamby et al. 1988) sowie nu-ssu-0072-5' / nu-ssu-1750-3' (Gargas & DePriest 1996).

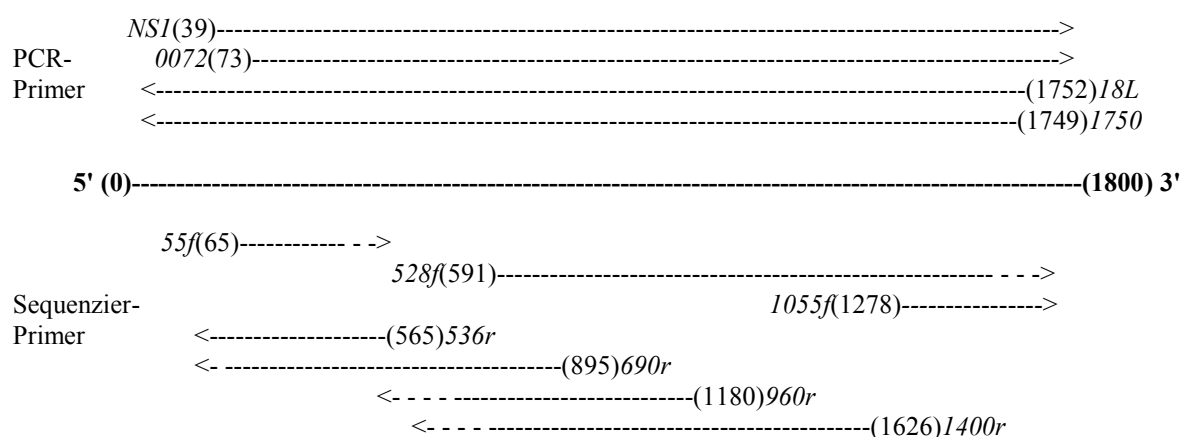
Sequenzier-Reaktionen: Die Sequenzier-Reaktionen ähneln im Prinzip PCR-Reaktionen. Bestimmte DNA-Abschnitte werden unter Verwendung spezifischer Primer in zyklischen Reaktionen vervielfältigt (zum genauen Ablauf siehe Abschnitt 3.2.2.). Die Sequenzier-Reaktionen wurden mit einem „Primus 25/96 Thermocycler“ von MWG-Biotech durchgeführt. Folgende Kits und Primer wurden benutzt:

PCR-Reinigungs-Kit (QIAGEN: QIAquick PCR Purification Kit, cat.no. 28104)
 Sequenzier-Kit (Amersham Pharmacia Biotech: Fluorescence Cycle Sequencing Kit, RPN 2438)
 Shrimps Alkali Phosphatase (Amersham Pharmacia Biotech, E70092Z)
 Sequenzierprimer (MWG Biotech: gelabelt IRD 800 für LI-COR 4200 Laser Sequencer):

forward direction	55f	5' - GCC ATG CAT GTC TAA GT - 3'
	528f	5' - CGG TAA TTC CAG CTC C - 3' (Gunderson et al. 1987)
	1055f	5' - GGT GGT GCA TGG CCG - 3'

reverse direction *1400r* 5' - ACG GGC GGT GTG T(AG) C - 3' (Gunderson et al. 1987)
 960r 5' - CCC GTG TTG AGT CAA A - 3'
 690r 5' - AGA ATT TCA CCT CTG - 3'
 536r 5' - GAA TTA CCG CGG CTG CTG - 3'

Wenn nicht anders angegeben, wurden die Primersequenzen von T. Friedl (Göttingen) erstellt. Folgendes Schema gibt einen vereinfachten Überblick zur Richtung und Überlappung der verwendeten PCR- und Sequenzierprimer (*kursiv*) sowie deren Position (in Klammern) im Gen der kleinen ribosomalen Untereinheit relativ zur 18S rDNA Sequenz von *Saccharomyces cerevisiae*.



Sequenzierung: Die Sequenzierung wurde an einem LI-COR 4200 Laser Sequencer den Bedienungsanleitungen folgend auf 66 cm Polyacrylamid-Gelen durchgeführt. Die Gellösung hatte folgende Zusammensetzung:

5,00 ml TBE Puffer (0,1 l einer 10× Lösung: 16,2 g Tris + 2,75 g Borsäure + 0,93 g EDTA + 0,1 l H₂O)
 32,00 ml H₂O
 21,00 g Harnstoff
 4,60 ml Long Ranger Gel Solution
 0,50 ml DMSO
 50,00 µl TEMED
 0,35 ml 10% iges APS

APS (Ammoniumpersulfat) (ICN: cat.no. 193988)

Borsäure (Sigma: B-6768)

DMSO (Dimethylsulfoxid) (Sigma: D-8418)

EDTA (Ethylendiamintetraessigsäure, Dinatriumdihydrat) (Sigma: E-5134)

Harnstoff (ICN: cat.no. 194857)

Long Ranger Gel Solution (FMC BioProduct: cat.no. 50611)

Sterilfilter (Sarstedt: Filtropur S 0.45, ref.no. 83.1826)

Tris (ICN: cat.no. 819623)

TEMED (Tetramethylethyldiamin) (Sigma: T-7024)

Die Auswertung der erhaltenen Gel-Bilder erfolgte mit dem Programm BaseImagIR™ 4.0 für einen LI-COR 4200 Laser Sequencer.

Alignment: Die Teilsequenzen wurden mit Hilfe des „Sequence Editor and Analysis Program“ von Olson (1990) zu einer Gesamtsequenz verbunden. Die Behebung von Sequenzierfehlern und die Beurteilung von unsicher aligned Basenpositionen erfolgten, soweit möglich, manuell, indem die überlappenden Bereiche (s.o.) verglichen wurden. Gegebenenfalls wurden die Sequenzierreaktionen wiederholt. Die erhaltenen consensus-Sequenzen wurden in ein Alignment eingelesen, das etwa 80 über GenBank recherchierte Ascomyceten-Sequenzen enthielt.

3. Methoden

3.1. Wahl der Taxa

Die Auswahl der Arten für molekularbiologische Zwecke wurde wesentlich durch die Verfügbarkeit von Untersuchungsmaterial bestimmt. Davon unabhängig mußten Taxa Eingang in die Untersuchungen finden, die die Merkmalsbreite der Lichinaceae genügend abdecken würden. Daß heißt, die Taxonauswahl wurde so getroffen, daß sich die charakteristischen Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Lichinaceae in Morphologie, Anatomie, Ascoma-Bau und Ascoma-Anlage sowie im Ascustyp darin widerspiegeln. Auf diese Weise sollte auch gewährleistet werden, daß die Lichinaceae in den Verwandtschaftsanalysen als *a priori* monophyletische Innengruppe repräsentativ vertreten sind. Sollte sich zeigen, daß diese *a priori* Annahme falsch war, würde die breite Taxonauswahl das Auffinden kleinerer, monophyletischer Einheiten innerhalb der Lichinaceae gewährleisten.

Als potentielle Außengruppe wurden Vertreter der Coccocarpiaceae (*Spilonema*), Collemataceae (*Leptogium*), Peltulaceae (*Peltula*), Heppiaceae (*Heppia*) und Gloeopheppiaceae (*Gloeopheppia*, *Pseudopeltula*) in die Untersuchungen mit einbezogen.

Es wurde auch Typusmaterial untersucht. Jedoch lag das Ziel der Arbeit nicht in der monographischen Bearbeitung einzelner Gattungen und ihrer Arten (v.a. nicht solcher Gattungen mit sehr vielen Arten), sondern vielmehr in dem Versuch, den Merkmalsumfang, die Breite möglichst vieler Gattungen der Lichinaceae zu erfassen, um sie schließlich klarer voneinander abgrenzen zu können.

3.2. Datenerfassung

3.2.1. Klassische Merkmale

Zur Untersuchung einzelner Proben wurde ein Formblatt erstellt, in dem alle relevanten Beobachtungen zu Morphologie, Anatomie, Haupt- und Nebenfruchtformen, Ascus, Sporen sowie Angaben zur Ökologie und Verbreitung zusammengestellt wurden. Neben qualitativen Angaben wurden auf diese Weise anatomische und morphologische Details jeder Probe durch Messungen dokumentiert. Die Untersuchung anatomischer Strukturen wurde lichtmikroskopisch mittels Differential-Interferenzkontrast (DIC) an Gefriermikrotomschnitten von 14-26 µm Dicke durchgeführt. Die Schnitte wurden entweder

in ungefärbtem und/oder in mit Lactophenol Baumwollblau (LPCB) gefärbtem Zustand betrachtet. Alle Messungen erfolgten an gefärbten, semi-permanenten LPCB-Präparaten. Zur Bestimmung der Iodreaktion der Hymenialgallerte sowie der Ascuswand wurden Schnitte reifer Fruchtkörper mit LUGOLscher Lösung behandelt. Dies erfolgte wie üblich mit und ohne Vorbehandlung durch verdünnte Kalilauge. Um die Reaktionen der obersten, oft gefärbten Teile des Hymeniums und des Eigenrandes zu testen, wurden entsprechende Schnitte mit Kalilauge behandelt. Die Eigenfärbung der Gallerte der Zellen des Cyanobionten, die besonders in den Randpartien der Lager deutlich sein kann, wurde sowohl in saurem wie alkalischem Milieu getestet. Einfache Versuche mit organischen Lösungsmitteln, wie Aceton oder Methanol sowie Salzsäure und Kalilauge wurden durchgeführt, um die Eigenschaften der in die Gallerte der Cyanobionten eingelagerten Granulae zu klären. Die Behandlung grauer oder weißlich bereifter Lageroberflächen mit Salzsäure sollte klären, ob es sich bei dem Reif um ausgeschiedenes Calciumoxalat oder um aufgelagerte Calciumcarbonat-Kristalle handelt, bzw. ob die „Bereifung“ durch Lichtreflexe in den obersten, abgestorbenen Lagerschichten (Epinekralschicht) bewirkt wurde.

3.2.2. Molekulare Untersuchungen

DNA-Extraktion: Zur Extraktion genomischer DNA wurde luftgetrocknetes, frisches oder bis maximal 10 Jahre altes Herbarmaterial benutzt. Die eingesetzte Menge schwankte zwischen 1 und 25 mg. Das Material wurde eingewogen und in 1,5 ml Eppendorf-Reaktionsgefäßen mittels paßgenauem Micropistill unter flüssigem Stickstoff gründlich zermörsert. Alle weiteren Schritte folgten einem modifizierten CTAB/DTAB, Phenol/Chloroform-Protokoll:

1. Zugabe von bis zu 400 µl DTAB-Puffer zur staubfein zermörserten Probe; Aufschlemmen der Probe
2. Inkubation für 5 min bei 65°C im Wasserbad unter gelegentlichem Durchmischen
3. Zugabe von 1 Vol. PC (bis zu 400 µl); 2 min vorsichtig ausschütteln
4. Zentrifugieren bei 13000 U/min für ca. 5 min
5. obere wäßrige Phase in frisches 1,5 ml Eppendorf Reaktionsgefäß geben; Volumen notieren
6. Zugabe von 1/9 Vol. vorgewärmtem CTAB-Puffer; durchmischen
7. Inkubation für 5 min bei 65°C im Wasserbad; kontinuierlich durchmischen
8. Zugabe von 1 Vol. 100% igem Chloroform; 2 min vorsichtig ausschütteln
9. Zentrifugieren bei 13000 U/min für ca. 10 min
10. obere wäßrige Phase vorsichtig in frisches 1,5 ml Eppendorf Reaktionsgefäß geben; Volumen notieren
11. Zugabe von 1/2 Vol. 100% igem Isopropanol; vorsichtig durchmischen
12. Fällung bei Raumtemperatur für 20-45 min oder bei 4°C im Kühlschrank oder auf Eis

13. Zentrifugieren bei 13000 U/min für 20 min und bei 4°C in einer Kühlzentrifuge
14. Überstand verwerfen, Pellet mit ca. 200 µl 70% igem Ethanol vorsichtig waschen, Ethanol vorsichtig bis auf kleinen Rest abpipettieren
15. vorsichtiges Eintrocknen der Probe in Vakuumentrifuge od. im Exsikkator
16. Lösen des Pellets in 20-25 µl TE-Puffer oder Aqua dest.
17. RNA-Verdauung mit RNase A

PCR (polymerase-chain-reaction): Das DNA-Extrakt wurde für die PCR-Reaktionen stufenweise von 1:1 bis 1:100 verdünnt, da die Konzentration der im Extrakt enthaltenen DNA je nach Qualität und Menge des Ausgangsmaterials schwankte sowie vom Erfolg der Extraktion selbst abhing. Es wurden Reaktionsvolumina von 50 µl mit folgender Zusammensetzung benutzt:

30,00 µl Aqua bidest.

1,50 µl 50 µM MgCl₂

5,00 µl 10× PCR-Puffer

2,25 µl 100% iges DMSO

1,25 µl 10 µM dNTPs

2,50 µl 10 µM Primer 1 (NS1 od. nu-ssu-0072-5')

2,50 µl 10 µM Primer 2 (18L od. nu-ssu-1750-3')

5,00 µl DNA-Extrakt in variierender Verdünnung von 1:1 bis 1:100

2,00 µl Taq-Polymerase (1 Vol. DNA-Polymerase + 9 Vol. PCR-Puffer (1 Vol. 10× PCR-Puffer + 9 Vol. H₂O)).

Folgender Reaktionsablauf wurde benutzt:

5 min DNA-Denaturierung bei 94°C → Reaktionsansätze auf Eis, Zupipettieren der Taq-Polymerase → 30 Zyklen (1 min DNA-Denaturierung bei 94°C → 2,5 min Primer annealing bei 50°C → 2,5 min Amplifikation bei 72°C). Die Autextention pro Zyklus betrug 5 s, der letzte Schritt war 7 min lang bei 72°C.

Der Erfolg der PCR-Reaktionen wurde mittels gängiger Agarose-Gelelektrophorese überprüft und dokumentiert.

Sequenzierreaktion:

1. PCR-Produktreinigung

5 µl ungereinigtes PCR-Produkt + 2 µl Shrimps Alkali Phosphatase (15 min 37°C, 15 min 80°C) od. Reinigung der PCR-Produkte mit PCR-Purification-Kits

2. Mastermix

12,5µl Ansatz = 9,5 µl H₂O + 2 µl gereinigtes PCR-Produkt + 1 µl 2 µM Primer

3. Sequenzier-Kit

je 1 µl der Lösungen A, C, G, T auf 4 Reaktionsansätze + je 2,8 - 3,0 µl Mastermix

4. Chill-out liquid wax

mit ca. 7 µl je Ansatz Reaktionsvolumen verschließen

5. eigentliche Sequenzierreaktion

25 Zyklen: 1 min DNA-Denaturierung bei 94°C → 45 s Primer annealing bei 55°C → 45 s Amplifikation bei 72°C

6. Reaktionsabbruch

2,0 µl Stoppuffer des Sequenzier-Kits (formamidhaltig).

Von den nach Reaktionsabbruch vorhandenen ca. 6 µl Probenlösung wurde jeweils 1 µl zum Auftragen auf das Polyacrylamid-Gel benötigt, so daß Wiederholungen möglich waren.

3.3. Datenauswertung

3.3.1. Manuelle Analyse morphologisch-anatomischer Daten nach phylogenetisch-systematischer Methodik

In einem ersten Schritt wurden nichtmolekulare Daten manuell ausgewertet. Es wurde nicht der gesamte erhobene Merkmalsumfang berücksichtigt sondern nur ein Teil, um die Übersichtlichkeit zu wahren. Ziel war in erster Linie, die Innengruppe klar zu umreißen, eine Außengruppe zu bestimmen sowie die Merkmalspolarisationen durchzuführen. Abschließend wurde versucht, alle verfügbaren nichtmolekularen Daten einer repräsentativen Auswahl von Taxa einer ersten Stammbaumanalyse zu unterziehen. Die Merkmale von 62 Taxa der Lichinales wurden nach der Liste in Abschnitt 4.2.3. zusammengestellt (Datenmatrix in Abschnitt 8.C).

Zur phylogenetisch-systematischen Methodik siehe Ax (1988), Forey et al. (1992), Hennig (1982), Sudhaus & Rehfeld (1992), aber auch Lorenzen (1993, 1994).

3.3.2. Rechnergestützte Auswertung klassischer und molekularer Daten

Als Alternative zu Punkt 1 sowie zur Auswertung der molekularen Daten wurden rechnergestützte Analysen mit dem Programm „PAUP* 4.0 Phylogenetic Analyses using Parsimony (*and other methods)“ von Swofford (1999) auf einem Apple Power Macintosh sowie auf einem origin-Hochleistungsrechner des Regionalen Hochschulrechenzentrums Kaiserslautern (RHRK) durchgeführt.

Die Analyse **morphologischer Daten** in PAUP wurde ausschließlich mit *parsimony*-Methoden durchgeführt und hatte folgenden Ablauf:

1. alle Merkmale wurden zunächst als ungeordnet definiert und gleich gewichtet; keine Merkmalspolarisation
2. wie 1. nur mit abgestufter Gewichtung der Merkmale
3. alle Merkmale wurden geordnet und somit die Wege der Zustandsänderung der Merkmale entsprechend der Merkmalsliste (4.2.3.) definiert; gleiche Gewichtung der Merkmale
4. wie 3. nur mit abgestufter Gewichtung
5. die Zustandsänderung der Merkmale wurde (soweit möglich) mit benutzerdefinierten *stepmatrixes* oder *character state trees* vorgenommen. Grundlage dafür waren Außengruppenvergleiche mit *Peltula* (s. 4.2.1. Wahl der Außengruppe). Die Lesrichtung der Merkmalsänderung wurde somit definiert.

Die **molekularen Daten** wurden mit *distance-* (*neighbor joining*), *parsimony-* und *likelihood-* Methoden analysiert. Alle Sequenzdaten wurden standardmäßig als ungeordnet definiert. Aus dem Sequenz-Alignment wurden mittels dreier verschiedener Masken bestimmte Bereiche oder einzelne Nucleotidpositionen (v.a. *ambiguously aligned sites*) ausgeklammert und die Auswirkungen auf die Stammbaumtopologie überprüft. Die Stammbaumsuche wurde ohne oder unter topologischen Bedingungen (*topological constraints*) durchgeführt. *Likelihood-* Tests implementiert in PAUP (Kishino & Hasegawa 1989) wurden angewendet, um die Signifikanz der Unterschiede zwischen den Stammbäumen ohne bzw. mit *topological constraints* zu bestimmen. Für die *likelihood-* Analysen wurde zunächst mit dem Programm „Modeltest 3.0“ (Posada & Crandell 1998) nach dem passenden Basen-Substitutionsmodell gesucht.

3.3.3. Kombinierte Analyse der klassischen und Sequenzdaten

Es gibt zwei gegensätzliche Auffassungen zur Analyse von Daten unterschiedlicher Art in einem gemeinsamen Datensatz. Einerseits wird empfohlen, unterschiedliche Datensätze stets getrennt zu analysieren (z.B. Tibell 1998) oder nur dann zu vereinigen, wenn deren phylogenetische Information nicht signifikant unterschiedlich ist, was durch eine Reihe von statistischen Tests (z.B. *partition homogeneity test* in PAUP) zunächst geprüft werden soll (vgl. Lutzoni & Vilgalys 1995). Sind die Datensätze signifikant verschieden (was oft der Fall ist), müssen sie getrennt analysiert werden. Mit consensus-Methoden sucht man nach den vorhandenen Übereinstimmungen (*taxonomic congruence*), wird aber durch die reduzierte Auflösung in einem consensus-Kladogramm stets einen Informationsverlust hinnehmen müssen. Auf der anderen Seite wird ungeachtet des möglicherweise unterschiedlichen Gehalts

an phylogenetischer Information in zwei unabhängigen Datensätzen deren kombinierte Analyse empfohlen (z.B. Kluge & Wolf 1993, Tehler 1995). Damit soll alle in einem gegebenen Datensatz terminaler Taxa (also Arten oder Gene) verfügbare Information in eine einzige Analyse einfließen, um zu einer einzigen oder gegebenenfalls mehreren gleich sparsamen Phylogenien zu gelangen, die dann in jedem Falle durch die höhere Auflösung mehr Information enthält (*total evidence*).

In vorliegender Arbeit wurden beide Wege beschritten, um die Stärken und Schwächen, die beide Ansätze besitzen, zu berücksichtigen.

3.3.4. Statistische Absicherung der rechnergestützten Stammbaumanalysen

Die am häufigsten in der phylogenetischen Praxis angewendeten Verfahren sind *bootstrap*-Analysen (Felsenstein 1985, Felsenstein & Kishino 1993). Dabei handelt es sich allerdings um ein Verfahren, in dem die *resample*-Technik keiner (im statistischen Sinne) echten Stichprobenerhebung entspricht. Ähnliches gilt für *jackknife*-Verfahren. Die erhaltenen *bootstrap*-Werte und *jackknife*-Prozente stellen demnach keine echten Vertrauensintervalle für die in einem Stammbaum aufgelösten Äste dar. Es hat sich allerdings bei der Bewertung von *bootstrap*-Analysen durchgesetzt, Äste ab 95% Unterstützung als gesichert zu betrachten. Es werden gegebenenfalls aber auch niedrigere Zahlen akzeptiert.

Ein zweiter Weg zur statistischen Absicherung phylogenetischer Analysen sind Tests, die in den Programmen PAUP oder Modeltest implementiert sind. Zum Vergleich von Stammbaumanalysen mit bzw. ohne *topological constraints* werden die *likelihood scores* der Stammbäume aus den jeweiligen Berechnungen auf signifikante Unterschiede getestet (Kishino-Hasegawa-Test in PAUP). Auf ähnliche Weise können unterschiedliche Stammbaumtopologien (gefunden z.B. durch unterschiedliche Analyseverfahren) und deren *likelihood scores* auf Signifikanz getestet werden (Kishino-Hasegawa-Test in PAUP). In Modeltest wird ausgehend von einem zuvor in PAUP berechneten Stammbaum und den unter Annahme verschiedener Basensubstitutionsmodelle ermittelten *likelihood scores* das am besten zum vorliegenden Datensatz passende Modell festgestellt.

4. Ergebnisse

4.1. Deskriptiver Teil

Es wird zunächst ein Überblick zum Merkmalsumfang der Lichinaceae gegeben. Die erhaltenen rein deskriptiven Befunde stimmen mit denen aus grundlegenden Arbeiten (u.a. Henssen 1963a, 1979, Henssen et al. 1981, Henssen et al. 1987, Moreno 1988, Moreno & Egea 1991) überein.

4.1.1. Morphologie des vegetatives Lager

Die Lager der Lichinaceae sind gewöhnlich sehr klein. Während krustige Thalli einige cm² Fläche bedecken können, sind isolierte, schuppige Thalli oft nur 0,5-5 mm groß. Selten gibt es zusammengesetzte Lager oder Einzelthalli, die eine Größe deutlich über 2 cm erreichen. Zu den größten und makroskopisch auffälligsten Lichinaceae gehören folgende Arten: *Thyrea latissima*, *Digitothyrea divergens* (Taf. 2a), *D. polyglossa*, *D. rotundata*, *Lichina pygmaea* (Taf. 1a), *Lichinella cribellifera* (Taf. 3c), *L. nigrifella*, *Paulia perforata* (Taf. 1c) oder *Jenmania goebelii*. Die große Mehrzahl der Lichinaceae ist jedoch eher unauffällig und sehr klein.

Die Lagerfarbe wird durch die Färbung der Gallerte der Zellen des Cyanobionten bestimmt (Taf. 4a, b, d, e, f, h), während die Pilzhyphen i.a.R. keine Färbung aufweisen. In trockenem Zustand sind die Lager schwärzlich, bei Befeuchtung oder stärkerer Vergrößerung werden schwarzgrüne, olivgrüne, schwarzbraune, braune, braunrote oder dunkelviolette Töne sichtbar. Selten finden sich grau bis weißlich bereifte Lager (Taf. 2b, Taf. 3e, f). Die Lagerkonsistenz ist spröde in trockenem Zustand und gallertig bei Befeuchtung, was von dem bei Gallertflechten üblichen beträchtlichen Anschwellen des Lagers begleitet ist.

Die Wuchsformen sind vielfältig. Es gibt alle Wuchsformtypen, die auch von Flechten im allgemeinen bekannt sind: strauchig (= fruticos) sind z.B. *Lichinella stipatula* (Taf. 3d), *Digitothyrea divergens* (Taf. 2a), *Paulia caespitosa* (Taf. 3b) sowie die meisten *Peccania*- (Taf. 3a) und *Synalissa*-Arten; fädig (= filamentös) sind *Ephebe*, *Zahlbrucknerella* (Taf. 1f), *Lichinodium* und *Thermutis*; blättrige (= foliose) Lager besitzen z.B. *Lichinella cribellifera* (Taf. 3c), *Thyrea pachyphylla* und *Digitothyrea rotundata*; schuppige (= squamulöse) Lager haben *Paulia gibbosa* (Taf. 2c), *Anema decipiens*, *Phylliscidium monophyllum* sowie manche *Pterygiopsis*- und *Phylliscum*-Arten (Taf. 2e); krustige (= crustose) Thalli entwickeln *Cryptothele*, *Pyrenopsis* (Taf. 2h), *Lemmopsis*, einige *Lempholemma*-, *Porocyphus*- (Taf. 2g)

und *Pterygiopsis*-Arten (Taf. 1h), *Psorotichia* (Taf. 1g) und *Thelignya*. Der Lagerrand kann verschieden gestaltet sein: undeutlich, glatt, körnig, effiguriert oder placodiod.

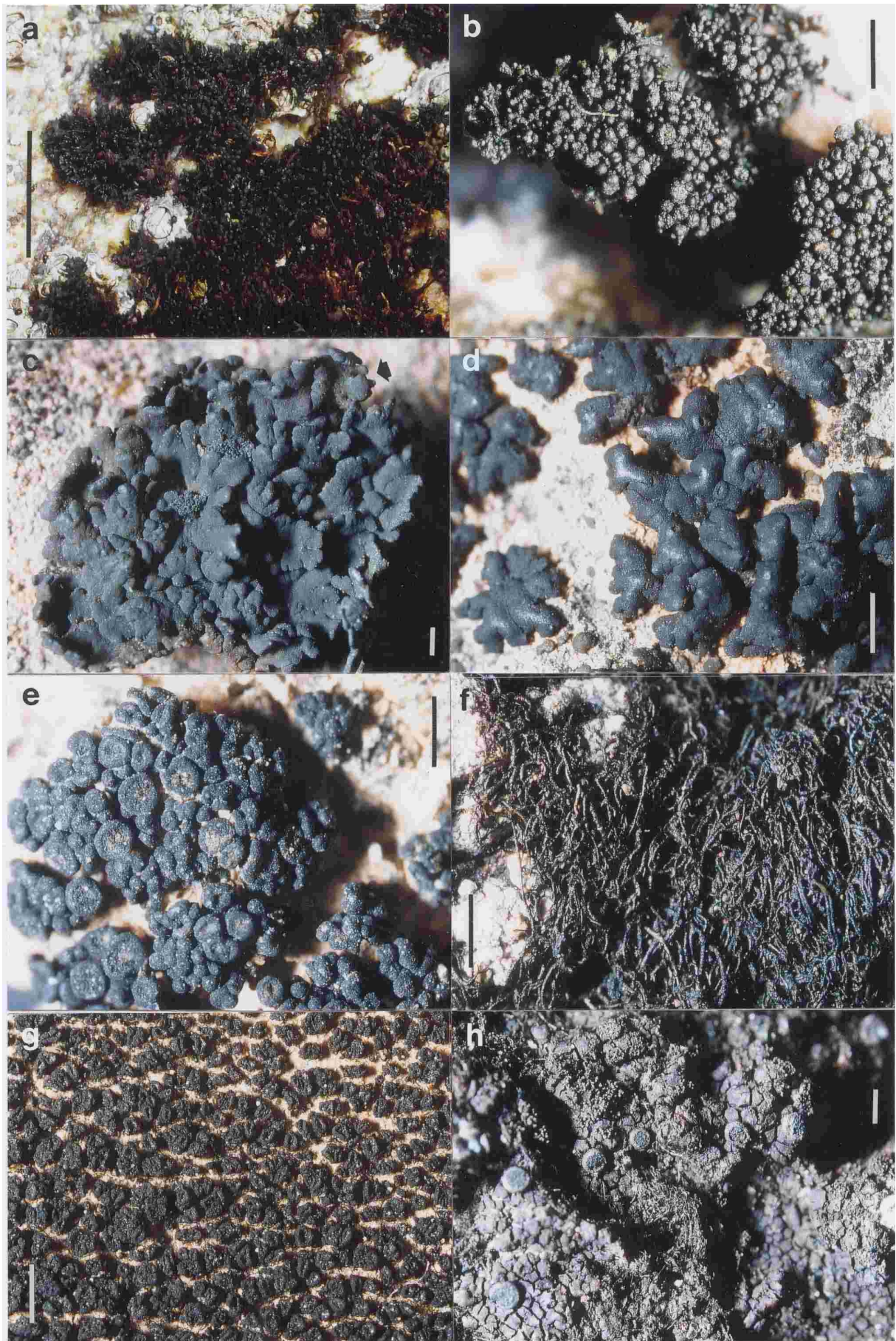
Die Lageroberfläche kann glatt bis warzig oder gefeldert (= tessellat, Taf. 2c) sein, eben bis uneben oder von kugeligen (Taf. 2a), stiftförmigen bis korallinischen (Taf. 1h) oder schuppenartig flachen Auswüchsen (Isidien) bedeckt sein. Selten ist die Lageroberfläche von flachen Lobuli bedeckt (Taf. 1c).

Tafel 1, S. 26: Morphologie in den Lichinaceae. a - *Lichina pygmaea*. Lager strauchig, Loben flach; Bretagne Frankreich), Schultz 04011. b - *Lichina confinis*. Lager strauchig, Loben rund, Apothecien terminal, Scheibe punktförmiger, Karelien (Rußland), Schultz 13122. c - *Paulia perforata*. Lager schuppig-peltat, Lobuli dachziegelig, Apothecien sehr klein, Scheibe punktförmig (Pfeil), Sokotra (Jemen), Schultz 14045e. d - *Lempholemma* spec. Lager kleinschuppig-peltat, Apothecien sitzend, Scheibe offen, Sokotra (Jemen), Schultz 14045a. e - *Peccania cerebriformis*. Lager schuppig-peltat, Loben aufrecht u. gewunden, Apothecien sitzend, Scheibe breit, Kuweit, Brown 50064. f - *Zahlbrucknerella patagonica*. Lager fädig, niederliegend, Kenia, Frisch 95/K7. g - *Psorotichia murorum*. Lager krustig, Apothecien zu 2-5, Scheibe vertieft, Lagerrand dick, Arizona (USA), Garvie. h - *Pterygiopsis guyanensis*. Lager krustig-areoliert, Isidien stiftförmig bis koralloid, Apothecien sitzend, Guyana, Scheplitz. Balken in a 1 cm; in b-h 1 mm.

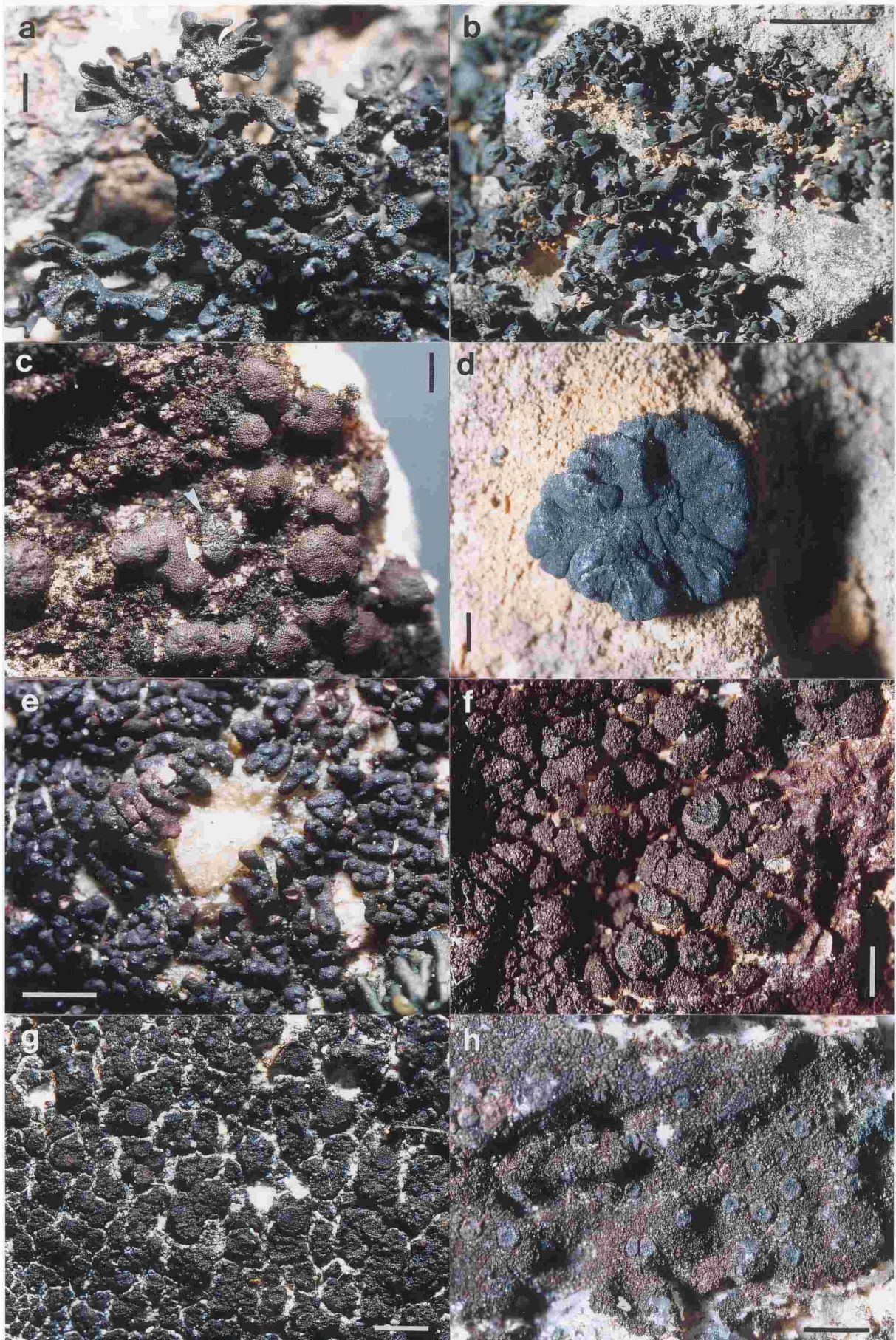
Tafel 2, S. 27: Morphologie in den Lichinaceae. a - *Digitothyrea divergens*. Lager strauchig, Loben flach u. zungenförmig, „Isidien“ kugelig, Jemen, Schultz 14001. b - *Thyrea confusa*. Lager strauchig-blättrig, Loben breit, abgerundet, pruinös, Sokotra (Jemen), Schultz 14043a. c - *Paulia myriocarpa* (Pfeil), *P. gibbosa*. Lager schuppig-peltat, Oberfläche fein od. grob tessellat, Venezuela, Büdel & Schultz 24046a, b. d - *Paulia aldabrensis*. Lager schuppig-peltat, Oberfläche ± eben, Rand gekerbt, Sokotra (Jemen) Schultz 14029a. e - *Phylliscum vermiformis*. Lager kleinschuppig bis subfruticos, Schuppen gestreckt, gebogen, Apothecien sitzend, Scheibe punktförmig. Venezuela, Büdel & Schultz 24046h. f - *Metamelanea melambola*. Lager krustig, Apothecien eingesenkt, Scheibe breit, rauh durch Näbel, Venezuela, Büdel & Schultz 24061a. g - *Porocyphus coccodes*. Lager krustig, unregelmäßig areoliert, Apothecienscheibe offen, Deutschland, Schultz 03166b. h - *Pyrenopsis* spec. Lager körnig-krustig oder winzig-areoliert, Apothecien angedrückt, Lagerrand breit, Venezuela, Büdel & Schultz 24067a. Balken in a, c-h 1 mm; in b 1 cm.

Tafel 3, S. 28: Morphologie in den Lichinaceae, *Gloeoheppia*, *Heppia* u. *Peltula*. a - *Peccania coralloides*. Lager strauchig, Loben gabelig verzweigt u. rund, Apothecien terminal mit breiter Scheibe, Arizona (USA), Schultz 16076b. b - *Paulia caespitosa*. Lager strauchig, Loben an der Basis unregelmäßig, apikal traubig verzweigt, Queensland (Australien), Elix 42467. c - *Lichinella cribellifera*. Lager blättrig, Loben abgerundet u. faltig, mit Thallinocarp (Pfeil), Arizona (USA), Schultz 16029a. d - *Lichinella stipatula* (links). Lager kleinstrauchig; *Gloeoheppia turgida* (rechts). Lager schuppig-peltat, Loben aufgeblasen; Jemen, Schultz 14010c, f. e - *Heppia despreauxii*. Lager schuppig-rosettenförmig, Loben gelblich olivgrün, weißlich breift u. rissig, auf dichter Matte von *Scytonema* spec., Jemen, Schultz 14004a. f - *Heppia solorinoides*. Lager schuppig-rosettenförmig, tiefe Risse im dicken oberen Cortex, Jemen, Schultz 14013l. g - *Peltula auriculata*. Lager schuppig-peltat, Loben ohrförmig, Apothecien sitzend, Guyana, Scheplitz. h - *Peltula richardsii*. Lager schuppig, Apothecien eingesenkt, Arizona (USA), Schultz 16011d. Balken in a-h 1 mm.

Tafel I



Tafel 2



Tafel 3



4.1.2. Anatomie des vegetativen Lagers

Der morphologischen Vielfalt steht eine beträchtliche Variabilität in der inneren Lagerstruktur zur Seite. Die gängige Umschreibung der Lichinaceae-Lager als „gallertig, homöomer“ wird diesem Umstand in keiner Weise gerecht. Allerdings fehlen geschichtete, heteromere Lager mit oberem Cortex, ausgeprägter Photobiontenschicht, Medulla und gegebenenfalls unterem Cortex sowie Rhizinen u.ä. Allerdings können rein homöomere Lager von solchen mit einem Zentralstrang unterschieden werden (Taf. 4b-d). Die Hyphen der Zentralstränge können dicht gepackt sein (*Peccania coralloides*), locker verwoben sein mit vereinzelt Photobiontenzellen darin (*Thyrea pachyphylla*) oder springbrunnenartig gestaltet sein (*Lichinella stipatula*, *Lichina pygmaea* u.a.; Taf. 4c). Dazwischen gibt es alle Übergänge. Paraplectenchymatische Lager besitzen kleine, rundliche Hyphenzellen (ca. 5 µm) und kleine Photobiontenzellen (ca. 5-7,5 µm) mit dünner Gallerthülle. Solche Lager erscheinen im mikroskopischen Schnitt kompakt (*Psorotichia* (Taf. 4e), *Lemmopsis*, *Porocyphus*). Netzige Anordnung der Hyphen bedingt eine lockere Erscheinung. Die Hyphenzellen sind dann meist länglich-eckig bis gestreckt (ca. 5-10 × 1,5-2,5 µm). Die Photobiontenzellen sind meist größer (7,5-20 µm) und oft von einer mächtigen Gallerte umgeben (z.B. *Anema*, *Paulia* (Taf. 4a), *Phylliscum*, *Phyllisciella*, *Synalissa*).

Daneben gibt es einige Sonderbildungen. Springbrunnen- oder fontänenartige Zentralstränge gibt es bei fruticosen und subfruticosen Flechten wie *Lichinella stipatula*, *L. flexa*, *L. robusta*, *Lichina*-Arten (Taf. 4c) oder *Porocyphus lichinelloides*. Ein fächerförmiges Geflecht ist bei *Pterygiopsis* und manchen *Porocyphus*-Arten verwirklicht. Die Hyphenzellen und Photobiontenzellen sind dann dicht gepackt und stehen in ± senkrechten Reihen. Sie sind klein und oft etwas eckig.

Die Fixierung der Lager in weichem Substrat (z.B. Boden) erfolgt meist über Rhizohyphen, die aus den unteren Lagerteilen austreten und sich kaum von normalen Lagerhyphen unterscheiden, oder es werden Bündel solcher Hyphen gebildet. Auf hartem, glattem Fels sitzen die Flechten meist mit einer gelatinösen Haftscheibe auf, oder die Thalli sind mit einem kleinen, kompakten Umbilicus oder Stiel (Taf. 3b) befestigt.

4.1.3. Bau der Ascomata

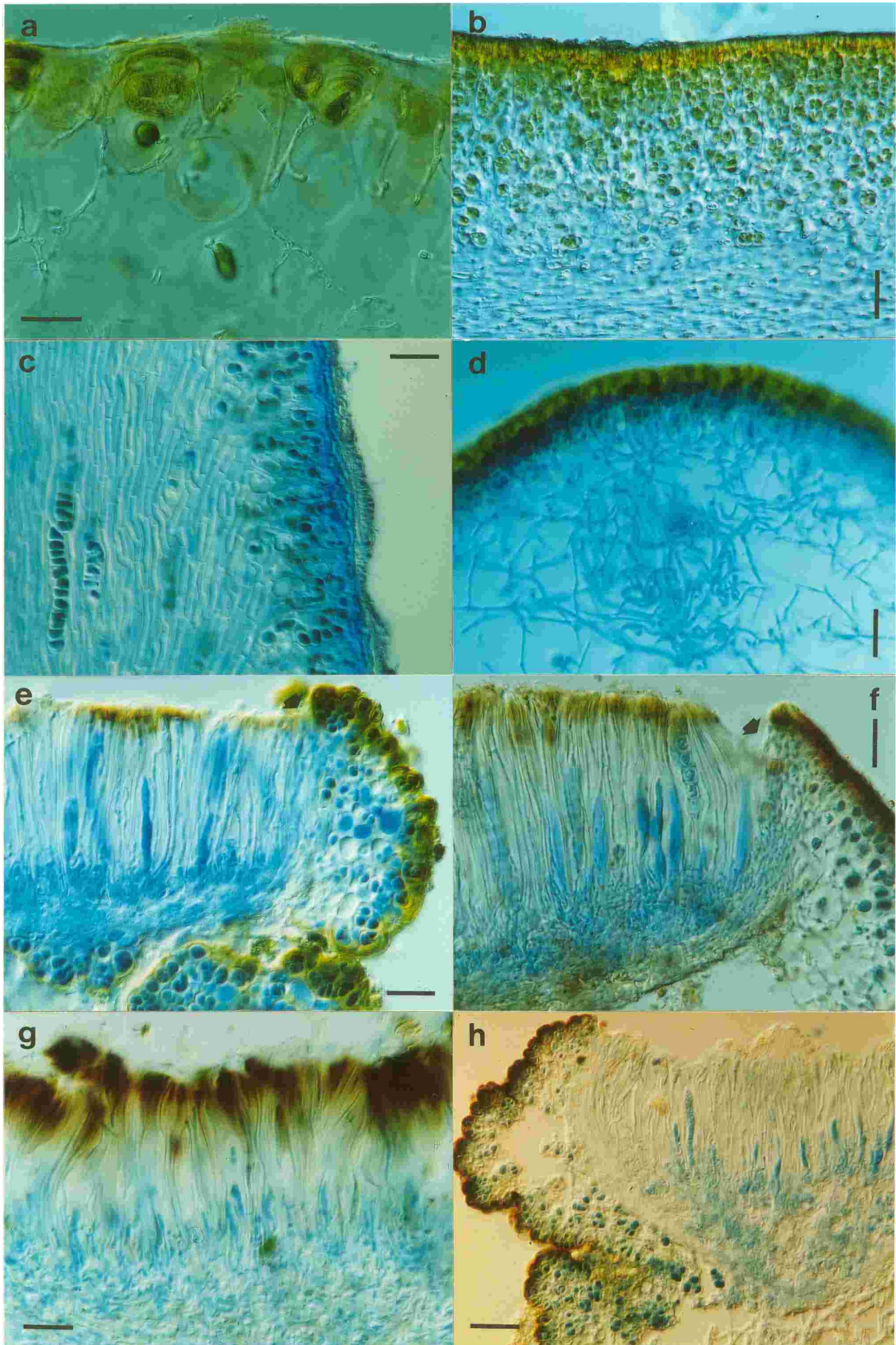
Es werden Apothecien als Teleomorphen entwickelt. Die Scheiben können von breit und offen (Taf. 1d, g, h, Taf. 2a) über eingesenkt bis punktförmig variieren. In letzterem Falle ähneln sie stark Perithecien (z.B. *Phylliscum demangeonii*, *Paulia perforata* (Taf. 1c)). Der äußere und innere Bau der Apothecien hängt wesentlich vom Reifegrad ab. Wesentliche Unterschiede in

der ontogenetischen Anlage können an reifen Fruchtkörpern oft nicht mehr nachvollzogen werden.

Die Berandung der Apothecien ist im allgemeinen zeorin (Definition nach Henssen & Jahns 1973). Selten unterbleibt die Bildung eines Eigenrandes (*excipulum proprium*), so daß lecanorine Apothecien entstehen. Das Verhältnis von Lager- zu Eigenrand kann erheblich variieren. Bei *Porocyphus*-Arten haben juvenile Apothecien oft nur einen dünnen Eigenrand, während er zuletzt deutlich verdickt ist und der Lagerrand dann zurücktritt. Der Eigenrand ist in solchen Fällen oft als heller Ring zwischen der Scheibe und dem dunklen Lagerrand erkennbar. Selten unterbleibt die Bildung eines Lagerrandes. Das ist bei *Metamelanea* der Fall, wo die Ascomata zwischen vertikal gestellten Thalluspaketen entstehen. Die reifen Apothecien besitzen dann zwar anscheinend einen flachen Lagerrand, dieser ist aber oft durch einen Spalt vom Eigenrand getrennt. *Lichinodium ahlneri* und *Thermutis velutina* besitzen *Scytonema* als Photobiont, und die Hyphen des Mycobionten umspinnen die Trichome des Photobionten ± mantelartig. Die Apothecien entstehen im oder seitlich am Hyphenmantel, so daß keine Zellen des Photobionten die Apothecien von außen umhüllen können, weshalb bei beiden Arten der Lagerrand fehlt. Bei *Ephebe* und *Zahlbrucknerella* sowie *Lichinodium saxicola* durchdringen die Hyphen des Mycobionten die Trichome des Photobionten. Die Ascomata werden in den Trichomen angelegt und die Zellen des Photobionten werden in den Rand der Apothecien eingebunden (Taf. 51).

Tafel 4, Seite 31: Anatomie in den Lichinaceae und *Gloeoheppia*. a - *Paulia perforata*. Querschnitt, ungefärbt, Hyphen locker netzig, Zellen des Photobionten sehr groß, Gallerte geschichtet u. durch Pigmentablagerungen granuliert, Sokotra (Jemen), Mies 12596. b - *Jenmania goebelii*. Querschnitt, ungefärbt, oben: dünner Cortex, 1-2 Reihen rechteckiger Zellen; darunter: kleine Zellen des Photobionten u. ± senkrecht orientierte Hyphen; unten: gelatinöser Zentralstrang, Hyphen quer getroffen, Guyana, Kato (TNS). b - *Lichina pygmaea*. Längsschnitt, gefärbt, links: Trichom des Photobionten (Rivulariaceae); mitte: kompakter Zentralstrang nach rechts springbrunnenartig auffächernd; rechts: Photobionten und dünner Cortex aus 1-2 Reihen rundlicher Zellen, Bretagne (Frankreich), Schultz 04011. d - *Digitothyrea divergens*. Längsschnitt, gefärbt, oben: Lagerperipherie mit kompakt netzigen Hyphen; links u. rechts: locker netzige Hyphen des Zentralstranges; mitte: Ascoma-Primordium mit Ascogonen, Jemen, Schultz 14001. e - *Psorotichia* spec. Querschnitt, gefärbt, unreife Asci, Paraphysen, ohne *excip. prop.* (Pfeil), Lagerrand mit paraplectenchymatischer Anatomie aus rundlichen kleinen Zellen, Baja California (Mexiko), Büdel 20123. f - *Thyrea porphyrella*. Querschnitt, gefärbt, reife, dickwandige Sporen, *excip. prop.*, Hyphen verflochtenen (Pfeil), Rand des Lagers rötlich, Anatomie netzig, Brasilien, Porembski 2914. g - *Peccania coralloides*. Querschnitt, gefärbt, Hymenium fleckig, Arizona (USA), Schultz 16076b. h - *Gloeoheppia polyspora*. Querschnitt, gefärbt, *excip. prop.* hyalin, Ascus polyspor, Anatomie subgelatinös mit Hohlräumen, Arizona (USA), Schultz 16038a. Balken in a 20 µm; in b-g 25 µm; in h 50 µm.

Tafel 4



4.1.4. Ascoma-Ontogenie

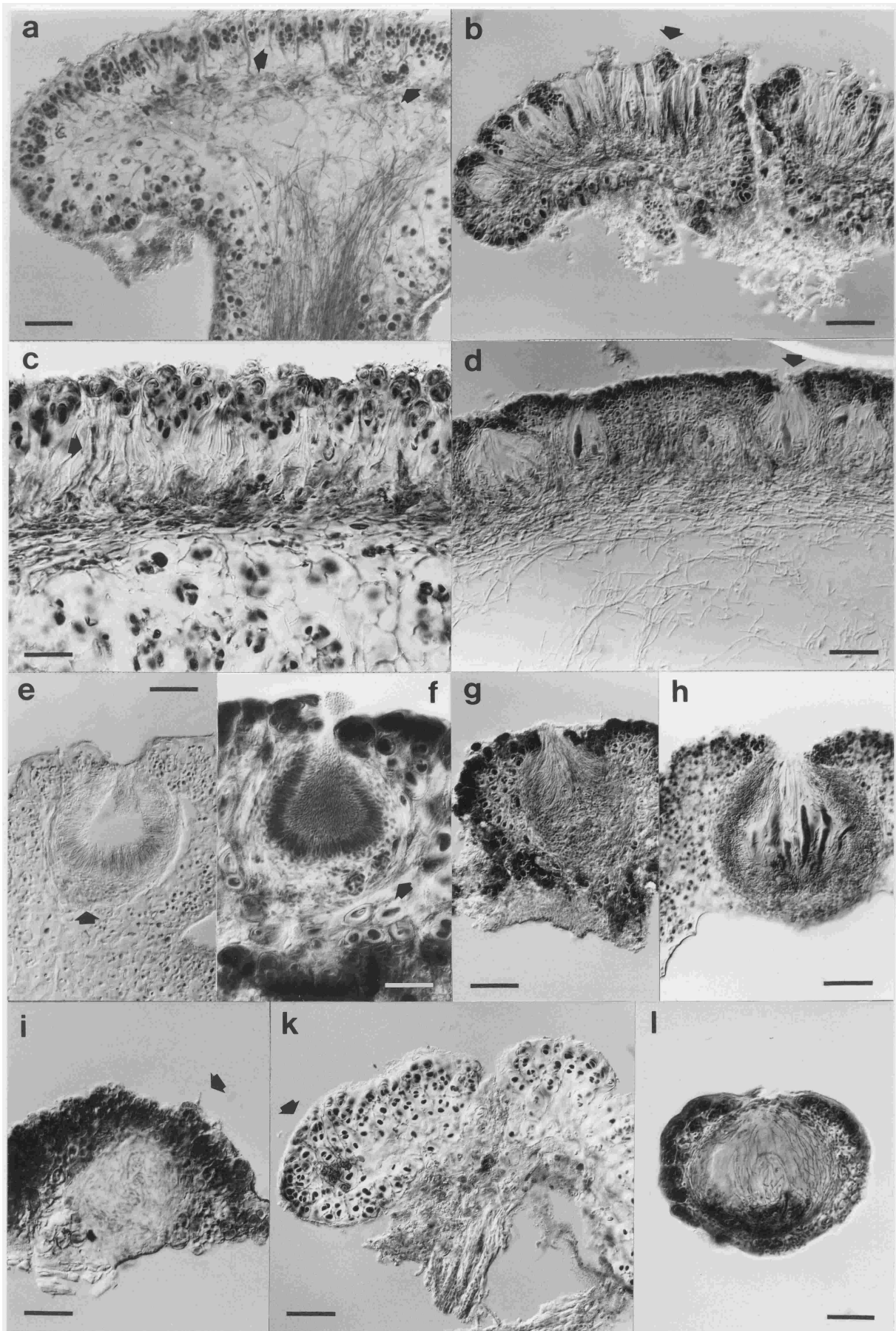
Nach Henssen (1963a) gibt es bei den Lichinaceae drei Grundwege der Ascoma-Entwicklung: Knäueltyp, Pycnoascocarpien (= Pycnoascomata) und Thallinocarpien (= Thallinoascomata). Alle drei Wege wurden intensiv beobachtet. Die Anlage der Apothecien erfolgte innerhalb der Art sehr konstant. Daß heißt, sie wurden immer nur nach einem Grundweg angelegt. Es wurde keine „Zwischenstufen“ gefunden, wie sie z.B. von Henssen (1963a, 1973) beschrieben wurden. Tabelle 1 gibt einen Überblick zu den Ontogenese-Wegen und deren Variationen.

Ontogenie-Typ	Varianten	Varianten
Knäuel	Anlage eines Knäuels generativer Hyphen; darin bilden sich Ascogone u. Trichogynen (Taf. 4d u. 5i)	Ascogone u. Trichogynen entstehen frei im Lager (Taf. 5k) u. danach erst das Knäuel
Pycnoascocarp	Ascogone in „knäuelartigem“ Gebilde unter od. in Pyknidien entstehend, diese schnell vergehend (Taf. 5e), Einwandern der jungen Ascii in die Pyknidienhöhle unterbleibt od. ist undeutlich	Ascogone entstehen frei unter einem Pyknidium, Trichogynen u. junge Ascii ragen früh in Höhle intakter Pyknidien, verlängerte Konidiophoren (Taf. 5g) als primäre Paraphysen Reste oft sichtbar (Taf. 5h),
Thallinocarp	Ascogone entstehen frei (Taf. 5a), Knäuel ist reduziert, ebenso das Hymenium; Ascii u. wenige Paraphysen liegen ± frei unter einer durchgehenden od. geschlossen Schicht von sterilem Lagergeflecht	Ascogone entstehen frei, Knäuel ist reduziert, es bilden sich sog. Teilhymenien (Taf. 5d), d.s. kleine Pakete mit Ascii u. Paraphysen, die punktförmig die Lageroberfläche durchbrechen u. von sterilen Lagerteilen seitlich getrennt sind

Tab. 1: Ascoma-Ontogenie bei den Lichinaceae; Entwicklungstypen und Variationen.

Taf. 5, Seite 33: Fruchtkörper-Ontogenie in den Lichinaceae. a-d Thallinocarpien. a - *Lichinella algerica*. Fruchtkörperanlage, Ascogone frei unter Lageroberfläche, Trichogynen (Pfeil), Jemen, Schultz 14071b. b - *Lichinella myriospora*. Reifer Fruchtkörper, Lager fleckenartig (Pfeil) auf „Hymenium“, Arizona (USA), Schultz 16041f. c - *Lichinella iodopulchra*. Juveniler Fruchtkörper, „epihymeniale Schicht“ noch durchgehend, Paraphysen (Pfeil), Kuwait, Schultz 15001c. d - *Lichinella cribellifera*. Reifer Fruchtkörper, „Teilhymenien“ seitlich getrennt, Scheiben „punktförmig“, Ascii von unregelmäßiger Gestalt (Pfeil), Arizona (USA), Schultz 16029a. e-h Pycnoascocarpien. e - *Lempholemma polyanthes*. Abortives Pyknidium, darunter Ascogone in knäuelartigem Gebilde (Pfeil), links oberhalb davon Trichogyne, Arizona (USA), Schultz 16011a. f - *Phylliscum macrosporum*. Intaktes Pyknidium, Ascogone (Pfeil) direkt zw. Pyknidienwand u. Lager, Venezuela, Büdel & Schultz 24070f. g - *Porocyphus coccodes*. Junges Pycnoascoma, Konidiophoren zu prim. Paraphysen gestreckt, Arizona (USA), Schultz 16034a. h - *Phylliscum* spec. Junges Apothecium, unreife Ascii u. erste sek. Paraphysen, Wand des ehemaligen Pyknidiums mit Resten von Konidiophoren, Arizona (USA), Büdel 19057b. i-l Knäueltyp. i - *Psorotichia polyspora*. Kugeliges Primordium mit geknäuelten Ascogonen, Spitze einer Trichogyne (Pfeil), Venezuela, Büdel & Schultz 24051e. k - *Phloeopeccania pulvinulina*. Junge Lagerschuppe, Ascogone frei entstanden aber zu mehreren gehäuft, s. auch farblose Gallertscheide, Sokotra (Jemen), Schultz 14025b. l - *Zahlbrucknerella patagonica*. Junges Apothecium, reich verzweigte primäre Paraphysen, Kenia, Frisch 95/K7.

Tafel 5



4.1.5. Ascus und Ascosporen

Die Mehrzahl der Lichinaceae entwickelt **Asci** mit dünner, einschichtiger, nichtamyloider Wand und passiver Sporenfreisetzung durch apikales Aufreißen. Moreno & Egea (1991) beschrieben einige Ascustypen anhand lichtoptischer Befunde. Es gibt graduelle Unterschiede in der Dicke der Wand, in der Form des Ascus selbst und in der Entwicklung einer gelatinösen Haube. Die Asci werden dem prototunicaten Typ zugerechnet, obwohl bei diesem Typ die Sporenfreisetzung durch Zerfall der Wand und nicht durch apikales Aufreißen erfolgt. In der Praxis wird jedoch auch der Ascus der Lichinaceae als prototunicat bezeichnet. Strukturell-funktionell verschieden ist der unitunicat-rostrate Ascus von *Euopsis*, *Harpidium* und *Pyrenopsis* (Henssen et al. 1987). Die Ascuswand ist dicker, ihre innerste Schicht dehnbar und amyloid. Die Sporenfreisetzung erfolgt aktiv.

Die Ascusform variiert zwischen zylindrisch, schlank bis breit keulig, wobei die Asci selten über 100 µm Länge und 25 µm Breite erreichen. Der Apex der Asci ist abgerundet, nur in der *Phylliscum demangeonii*-Gruppe sowie bei *Cryptothele* gibt es zugespitzte Asci. Bei *Lichinella* entwickelt sich eine ± deutliche gelatinöse, nichtamyloide Haube auf dem Apex.

Die **Ascosporen** aller Lichinaceae sind hyalin und einzellig. Der Sporenhalt kann sich allerdings teilen und eine Septierung der Sporen vortäuschen. Die Sporengestalt variiert unerheblich zwischen kugelig, breit oval bis länglich oval oder bohnenförmig. Die Sporenpole sind abgerundet. Die Sporengröße schwankt zwischen 5-25(-30) × 2,5-15(-20) µm. Es dominieren Größen von 7,5-15 × 5-10 µm. Selten sind die Sporen mehr als doppelt so lang wie breit. Die Sporengröße variiert in Abhängigkeit von der Reife z.T. erheblich. Unreife Sporen sind eher kugelig, während die reifen Sporen breit oval sind. Die Sporenwand ist meist sehr dünn. Seltener ist sie bis 2,5-4(-5) µm dick (*Paulia*, *Pyrenopsis*, *Thyrea* (Taf. 4f)). Die Sporenzahl variiert z.T. erheblich. Es überwiegen 8-sporige Asci (*Psorotichia*, *Paulia*, *Peccania*, *Thyrea* u.a.). Polysporie ist jedoch weit verbreitet (*Lichinella*, *Zahlbrucknerella*, *Ephebe*, *Phloeopeccania*, *Phylliscum*, *Pterygiopsis*, *Cryptothele*). Im Unterschied zu *Peltula*, werden jedoch stets weniger als 64 Sporen gebildet. Die Sporenzahl scheint innerhalb einer Gattung nicht fixiert zu sein. Gewöhnlich ist sie jedoch artspezifisch. Nur sehr selten kommen unterschiedliche Zahlen von Sporen bei ein und derselben Art vor (z.B. *Phylliscum demangeonii*, *Phloeopeccania pulvinulina*).

4.1.6. Bau der Conidiomata

Alle Lichinaceae entwickeln Pyknidien als Anamorphe. Diese können Typ I (*Lecanactis*-Typ) oder Typ II (*Roccella*-Typ) zugeordnet werden (Vobis 1980). Die Pyknidienwand ist hyalin,

besteht aus wenigen verflochtenen Hyphen. Die Pyknidien sind kugelig, birnenförmig oder oval. Selten ist die Wand eingestülpt, so daß die Höhlung gekammert (= cerebriform) erscheint (z.B. *Lichina pygmaea*, *Heppia*-Arten). Die Größe schwankt zwischen 50-200 µm. Selten ist das Ostiolum oder die gesamte Pyknidienwand ± deutlich gefärbt (*Thelignya*, *Thermutis*, *Zahlbrucknerella*). Die Pyknosporen sind größtenteils klein, immer farblos, elliptisch oder stäbchenförmig und messen $2-5 \times 1-1,5$ µm. Kugelige Pyknosporen sind selten. Ausnahmen sind jene bei *Cryptothele*, *Peccania*, *Phyllisciella*, *Phylliscum demangeonii* und *Lichinodium ahlneri*. Hier sind sie fädig oder sichelig und messen $15-40 \times 1-1,5$ µm. Die Pyknosporen entstehen an unverzweigten oder schwach verzweigten Konidiophoren und werden einzeln terminal von langgestreckten konidiogenen Zellen abgeschnürt und gehören somit zum Typ II nach Vobis (1980). Bei *Peccania* gehören die Konidiophoren zu Typ III und die Pyknosporen entstehen an terminal verzweigten Konidiophoren.

4.1.7. Photobionten

Die Lichinaceae besitzen sehr viele verschiedene Cyanobakterien als Photobionten. Es dominieren coccale Formen wie z.B. *Chroococcidiopsis*, *Myxosarcina* (Büdel & Henssen 1983, Henssen & Büdel 1984b) und *Gloeocapsa*. Unter den trichalen Cyanobakterien kommen *Stigonema* (in *Ephebe*), *Scytonema* (in *Thermutis*, *Lichinodium*, *Zahlbrucknerella*), einige Rivulariaceae (*Dichothrix* und *Calothrix* in *Lichina*, *Porocyphus*, *Calotrichopsis*) sowie *Nostoc* (in *Lempholemma*) vor.

Die Bestimmung der Photobionten im lichenisierten Zustand ist problematisch. Molekulare Untersuchungen konnten die Identität der Photobionten einiger Lichinaceae klären: *Chroococcidiopsis* in *Paulia aldabrensis* und drei *Lichinella*-Arten (Jaeger 2000) Die Ergebnisse waren überraschend, da die Cyanobakterien im lichenisierten Zustand eine völlig andere Gestalt aufwiesen als freilebend oder in Kultur.

Es gibt drei Arten, die Grünalgen als Photobionten besitzen. *Harpidium rutilans* und *H. nashii* besitzen obligat trebouxioide Grünalgen, bei *Euopsis granatina* dagegen kommt neben coccalen Cyanobakterien, fakultativ *Trebouxia* vor.

4.1.8. Ökologie und Verbreitung

Lichinaceae besiedeln alle flechtentypischen Habitats bis auf Borke oder Rinde (Ausnahmen: *Lecidopyrenopsis corticola*, *Lichinodium*). Ein Schwerpunkt der Habitatsbesiedelung liegt in Sickerwasserfurchen auf Fels oder überrieselten bis luftfeuchten, beschatteten Steilflächen. Blanker Boden wird selten besiedelt (*Peccania*-Arten). Häufiger ist das Vorkommen in

sandgefüllten Felsritzen. Eine Reihe Arten besiedelt amphibische Süßwasserhabitats (*Ephebe* spp., *Jenmania goebelii*, *Pterygiopsis*-Arten, *Thelignya lignyota*). Nur zwei Arten besiedeln marine Habitats: *Lichina pygmaea* im unteren Supralitoral (Balanidenzone) und *Lichina confinis* im oberen Supralitoral (mit *Verrucaria* spp., *Caloplaca* spp.). Eine gewisse Bevorzugung basischer Substrate (Kalkstein u.ä.) gegenüber sauren scheint vorzuliegen.

Lichinaceae sind weltweit verbreitet von der Arktis bis in die Antarktis, von Meeresküsten und dem Tiefland bis ins Hochgebirge. Ein deutlicher Schwerpunkt sind allerdings die mediterranen, halbariden bis vollariden Gebiete der Erde. In den halb- bis vollhumiden tropischen Regionen kommen sie nur in vergleichsweise trockenen Kleinhabitats wie Inselbergen vor (Büdel et al. 1994, 1997, Schultz et al. 2000e).

Die Verbreitungsmuster der Lichinaceae-Arten sind vielfältig. Oft sind die Funddaten noch unzureichend. Einen ausgeprägten Endemismus scheint es nicht zu geben, was u.U. auch mit der weltweiten Verbreitung der cyanobakteriellen Photobionten zusammenhängen kann. Manche Gruppen könnten allerdings als Paläoendemiten gelten. Einige Arten der Gattung *Paulia* besiedeln trockene, tropische Insel- oder Küstenstandorte und zeigen eine deutlich disjunkte, weltweite Verbreitung (Schultz et al. 1999, Schultz et al. 2000c). Ähnliche Verbreitungsmuster besitzen bestimmte xerophytische Moose, deren Ursprung im Zentrum des prä-Gondwana Kontinentes von Pangäa vermutet wird (Frey & Kürschner 1988). Die paläoklimatischen Bedingungen waren trocken, so daß vermutet werden kann, daß die heutigen Verbreitungsschwerpunkte der *Paulia*-Arten (und wohl auch mancher anderer Lichinaceae) Reliktstandorte sind, die durch plattentektonische Bewegungen auseinandergedriftet sind. Dieser Umstand könnte auch erklären, warum auf der Insel Sokotra, die sonst eine sehr reiche endemische Flora und Fauna besitzt, keine endemischen *Paulia*-Arten gefunden wurden (Schultz et al. 1999). Weitere Beispiele großräumiger Disjunktionen sind *Lichinella mauretanicus* aus der Westsahara (Lange 1958) und *Peccania cerebriformis* von Lanzarote und Nordwestafrika (Henssen & Büdel 1984b), die inzwischen im Südjemen und Kuwait nachgewiesen wurden (Schultz 1998, Schultz et al. 2000b).

Folgende Tabelle gibt eine abschließende Übersicht der Merkmalsbreite der Lichinaceae.

Morphologie/Anatomic		Ontogenie			
		Hyphenknäuel		Pycnoascomata	
krustig	locker netzig	<i>Phloeopeccania p.p.</i>		<i>Lempholemma p.p.</i> <i>Cryptothele</i>	
	dicht netzig bis paraplectenchym.	<i>Lemmopsis</i> <i>Leprocollema</i> <i>Psorotichia</i> <i>Thelignya</i> <i>Euopsis*</i>		<i>Pyrenopsis*</i> <i>Harpidium*</i>	
	fächerförmig	<i>Lichinella p.p.</i> <i>Porocyphus p.p.</i> <i>Pterygiopsis</i>		<i>Porocyphus p.p.</i>	
blättrig	locker netzig	<i>Paulia p.p.</i> <i>Lempholemma p.p.</i> <i>Phloeopeccania p.p.</i>	<i>Lichinella p.p.</i> <i>Peccania p.p.</i>	<i>Anema p.p.</i> <i>Phylliscum</i> <i>Phyllisciella</i>	
genabelt	dicht netzig		<i>Digitothyrea p.p.</i>		<i>Thyrea p.p.</i> <i>Jenmania osorioi</i>
schuppig	paraplectenchym.	Lichinaceae gen. sp.		<i>Phylliscidium</i>	
subfruticos fruticos		<i>Synalissa</i> <i>Paulia p.p.</i> <i>Lempholemma p.p.</i>	<i>Peccania p.p.</i> <i>Jenmania goebelii</i> <i>Digitothyrea p.p.</i> <i>Lichina p.p.</i> <i>Lichinella p.p.</i>	<i>Anema p.p.</i>	<i>Porocyphus p.p.</i> <i>Lichina p.p.</i> <i>Thyrea p.p.</i>
filamentös	unberindet	<i>Zahlbrucknerella</i>		<i>Ephebe</i>	
	berindet oder Hyphenmantel	<i>Zahlbrucknerella</i> <i>Lichinodium p.p.</i>		<i>Calotrichopsis</i> <i>Lichinodium p.p.</i> <i>Thermutis velutina</i>	
		homöomer	heteromer	homöomer	heteromer
Lagerschichtung					

Tab. 2: Merkmalsvariabilität in der Familie Lichinaceae und den Gattungen. * Gattungen mit rostraten Asci.

4.1.9. Sequenzdaten

Nach online Datenbankabfragen (GenBank, BLAST) sind bisher keine Sequenzen von Lichinaceae oder Lichinales publiziert wurden (04.10.2000). Die Übersicht enthält alle sequenzierten Arten sowie Angaben zur Herkunft der Proben (Sequenzen in Anhang 8.E).

Art

Anema nummularium (Duf. ex Dur. & Mont.) Nyl. ex Forss.
Digitothyrea divergens (Henss.) Moreno & Egea
Digitothyrea polyglossa (Nyl.) Moreno & Egea
Ephebe brasiliensis (Vain.) Henss.
Heppia adglutinata (Kremp.) Massal.
Heppia conchiloba Zahlbr.

Probendaten

Willems, Herb. Willems 10642/08, Spanien 1989
 Schultz, Herb. Schultz 14023a, 14024, Sokotra 1997
 Schultz, Herb. Schultz 16124, Baja California 1999
 Sipman, B 41324, Guyana 1996
 Büdel, Herb. Büdel 20151, Baja California 1993
 Nash, ASU 40618, Arizona 1998

<i>Heppia despreauxii</i> (Mont.) Tuck.	Nash, ASU 40532, Arizona 1998
<i>Jenmania goebelii</i> Wächter	Kato, TNS, Guyana 1999
<i>Lempholemma</i> spec.	Mies, Herb. Mies 14067, Sokotra 97
<i>Lichina confinis</i> (O.F. Müller.) C.A. Ag.	Schultz, Herb. Schultz 04015a, Bretagne 1999
<i>Lichina pygmaea</i> (Lightf.) C.A. Ag.	D. Schultz, Herb. Schultz 04011, Bretagne 1999
Lichinaceae gen. spec.	Mies, Herb. Mies 12989, Sokotra 1993
<i>Lichinella cribellifera</i> (Nyl.) Moreno & Egea	Büdel & Nash, Herb. Büdel 19009a, Arizona, 1988
<i>Paulia aldabrensis</i> Henss.	Schultz, Herb. Schultz 14029a, Sokotra 1997
<i>Paulia caespitosa</i> Tretiach & Henss.	Elix, CANB 42467, Australien 1997
<i>Paulia perforata</i> (Pers.) Asah.	Schultz, Herb. Schultz 14045e, Sokotra 1997
<i>Peccania arizonica</i> Tuck. ex Herre	Nash, ASU 42757, Arizona 1999
<i>Peccania coralloides</i> (Massal.) Massal.	Schultz, Herb. Schultz 16076b, Arizona 1999
<i>Peccania fontqueriana</i> Moreno & Egea	Schultz, Herb. Schultz 16127, Arizona 1999
<i>Peltula obscurans</i> var. <i>hassei</i> (Zahlbr.) Wetm.	Schultz, Herb. Schultz 16015e, Arizona 1999
<i>Peltula radicata</i> Nyl.	Schultz, Herb. Schultz 15002, Kuweit 1998
<i>Phloeopeccania pulvinulina</i> J. Steiner	Schultz, Herb. Schultz 14014a, Südjemen 1997
<i>Psorotichia murorum</i> Massal.	Garvie, Arizona, 1999
<i>Psorotichia polyspora</i> Schultz & Büdel	Büdel & Schultz, Herb. Büdel 24057e, Venezuela 1996
<i>Psorotichia schaereri</i> (Massal.) Arnold	Schultz, Herb. Schultz 16048a, Arizona 1999
<i>Pterygiopsis guyanensis</i> Schultz, Poremb. & Büdel	Scheplitz, Herb. Porembski, Guyana 1997
<i>Pyrenopsis</i> spec.	Büdel & Schultz, Herb. Büdel 24061b, Venezuela 1996
<i>Stromatella bermudana</i> (Riddle) Henss.	Schultz, Herb. Schultz 16055f, Arizona 1999
<i>Thyrea confusa</i> Henss.	Schultz, Herb. Schultz 03187c, Deutschland 1998
<i>Thyrea pachyphylla</i> (Müll. Arg.) Henss.	Marsh, Herb. Büdel 20133, Mexiko 1993

Folgende Introns wurden gefunden (Sequenzen in Anhang 8.D). Die Positionsangaben sind relativ zur 18S-Sequenz von *Saccharomyces cerevisiae*.

Position	369	563	1166	1429
<i>Psorotichia schaereri</i>	60bp			
<i>Anema nummularium</i>		588bp	ca. 390bp	
<i>Pterygiopsis guyanensis</i>		416bp	946bp	
<i>Pyrenopsis</i> spec. a		673bp		504bp
<i>Phloeopeccania pulvinulina</i>				414bp
Lichinaceae gen. spec.				ca. 590bp

4.2. Analytischer Teil

4.2.1. Wahl der Außengruppe?

Die Lichinaceae werden derzeit mit den Familien Peltulaceae und Gloeopheppiaceae in die Ordnung der Lichinales gestellt. Die Gattung *Peltula* unterscheidet sich von allen Lichinaceae durch ein geschichtetes, subgelatinöses Lager (Besitz eines unteren Cortex, einer Medulla sowie einer Photobiontenschicht), polysporen Asci (> 64 Ascosporen) sowie durch den unitunicat-rostraten Ascustyp. Rostrate Asci sind unter den Lichinaceae nur von *Euopsis*, *Harpidium* und *Pyrenopsis* bekannt. Auffällige Gemeinsamkeiten bestehen in der Anlage der Ascomata (ascohymental, hemiangiocarp, Ascogone i.d.R. in einem Knäuel generativer Hyphen angelegt), im Bau der Pyknidien, Pyknosporen und Konidiophoren sowie in Ökologie und Verbreitung (Schwerpunkt offene oder sandverkrustete Felsflächen in ariden bis semiariden Regionen bzw. vergleichbaren Kleinhabitaten in humiden bis semihumiden oder temperaten Regionen).

Die Gloeopheppiaceae sind den Lichinaceae noch ähnlicher als die Peltulaceae, und die Abgrenzung dieser von Henssen (1995) errichteten Familie ist schwierig. Charakteristisch ist ein subgelatinöses, unberindetes Lager mit kompakt netziger Anatomie und der Tendenz zur Bildung von Hohlräumen. Merkmale der Haupt- und Nebenfruchtformen, Ökologie und Verbreitung gleichen denen der Lichinaceae.

Die Familie der Heppiaceae wird traditionell unter den Lecanorales s.str. geführt (Eriksson 2000). Eigentümlich ist die Anatomie aus streng senkrecht orientierten und sehr kräftigen Hyphen. In der Regel ist ein oberer und/oder unterer Cortex ausgebildet, die Lagerkonsistenz ist subgelatinös oder selten gelatinös. Die Anlage der Ascomata erfolgt in einem Geflecht generativer Hyphen, die ebenfalls senkrecht stehen im Unterschied zu den verwobenen Knäueln bei *Peltula*, *Gloeopheppia* oder den Lichinaceae. Die vertikale Struktur der Ascomaprimordien spiegelt möglicherweise jedoch lediglich die anatomischen Verhältnisse im vegetativen Lager wieder, da die generativen Hyphen aus Lagerhyphen gebildet werden. Ascustyp und Pyknidien gleichen denen der Lichinaceae. Auch in Ökologie und Verbreitung gibt es große Übereinstimmungen.

Andere lichenisierte Ascomyceten aus den Lecanorales s.l. (z.B. die cyanobakteriellen Coccocarpiaceae, Collemataceae und Placynthiaceae) zeigen fundamentale Unterschiede in Ascustyp, Pyknidien, Konidiophoren, Konidien, Paraphysen, Lagerbau u.s.w. Sie sind daher für die Außengruppenwahl ungeeignet.

Interessanterweise nehmen die Peltulaceae bezüglich Ascustyp und Lagerbau eine vermittelnde Position zwischen den Lichinaceae und anderen cyanobakteriellen Flechtengruppen ein (s.o.). Somit erscheinen die Peltulaceae als geeignete Außengruppe für die Lichinaceae, da die Gloeophepiaceae und Heppiaceae (mit Ausnahme der Anatomie) den Lichinaceae zu nahe stehen.

Die Analyse von Sequenzdaten der 18S rDNA repräsentativer Vertreter der Familien Lichinaceae, Heppiaceae und Peltulaceae bestätigte die Monophylie der Lichinales inklusive *Heppia* sowie zeigte *Peltula* in basaler Stellung (Fig. 2, S. 41) (Schultz et al. 2000a).

Nach obigen Ausführungen erscheint die Wahl von *Peltula* als Außengruppe in einer phylogenetischen Merkmalsanalyse der Lichinaceae gerechtfertigt.

4.2.2. Monophylie der Innengruppe?

Mit der Vereinigung der Familien Lichinaceae und Ephebaceae (Henssen 1963a) sowie dem Einschluß der Pyrenopsidaceae (Henssen 1979), Harpidiaceae (Henssen et al. 1987) und der Gattungen *Lempholemma*, *Lemmopsis* und *Leprocollema* aus den Collemataceae konnten wesentliche Nachteile der künstlichen vielfach auf Merkmalen des Photobionten fußenden Klassifikation Zahlbruckners überwunden werden. Daraus folgte allerdings auch, daß die Familie Lichinaceae in ihrem Merkmalsumfang nun überaus heterogen ist, was seine Entsprechung in der vergleichbar hohen Zahl von Gattungen (akzeptiert sind ca. 35) für nur etwa 250 beschriebene Arten findet. Daran änderte auch die spätere Ausgliederung der Gloeophepiaceae durch Henssen (1995) nichts.

Da die Lichinaceae sich nicht auf wenigstens ein Merkmal, welches als Autapomorphie gelten könnte, gründen lassen, liegt die Vermutung nahe, daß die Gruppe nicht monophyletisch ist. Um dennoch eine phylogenetische Analyse der Innengruppe durchzuführen, konnten zwei Wege beschritten werden (vgl. Sudhaus & Rehfeld 1992).

1. Erweiterung der Innengruppe bis sie sich als mutmaßlich monophyletisch begründen läßt oder
2. Verkleinerung der Innengruppe und Beschränkung der Analyse auf eine Teilgruppe, die sich dann als hypothetisch monophyletisch begründen läßt.

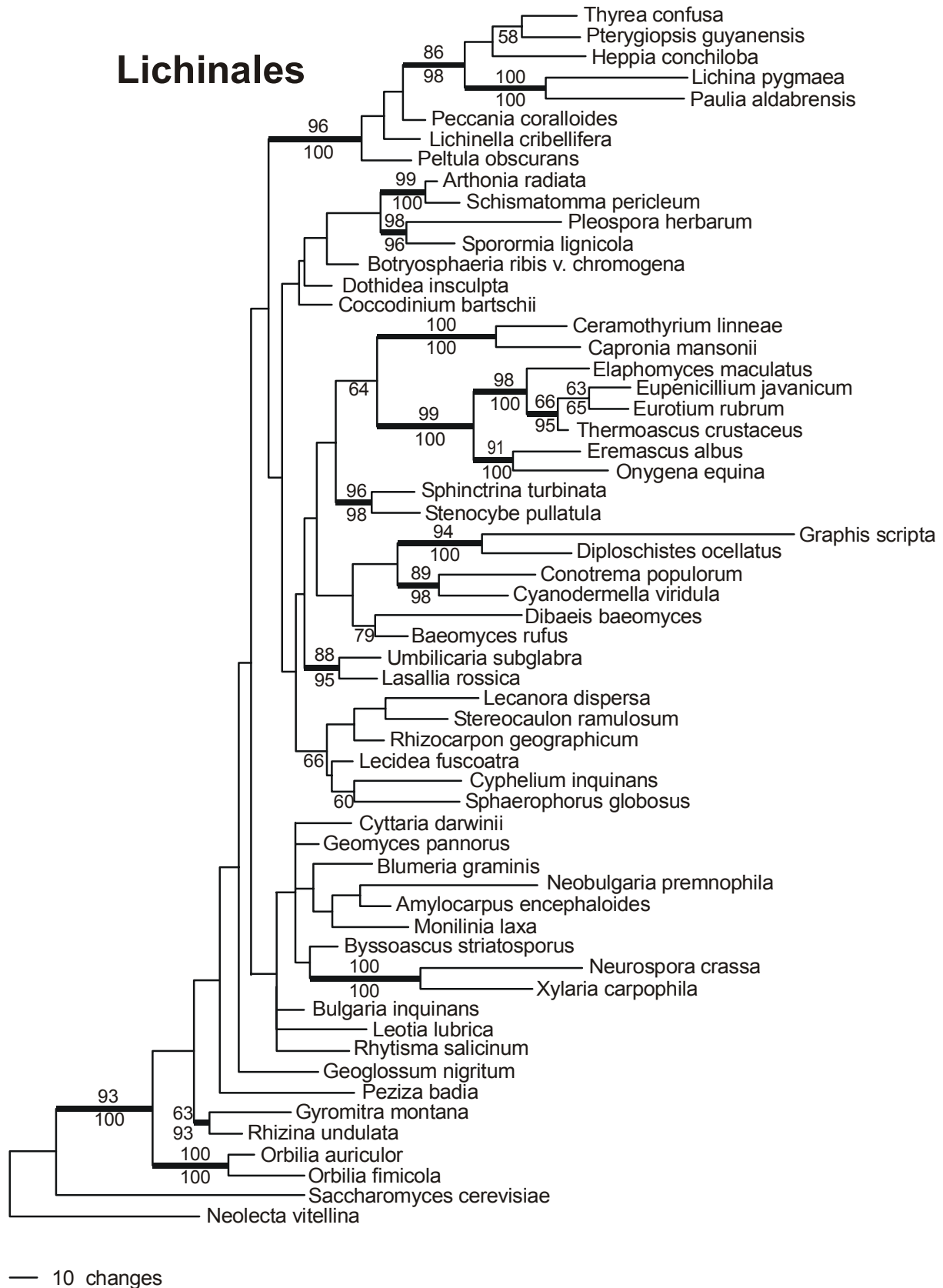


Fig. 2: 18S rDNA consensus-Phylogenie nach *parsimony* und *neighbor joining*; bootstrap-Werte nach 500 replicates; nach Schultz et al. (2000a).

Schultz et al. (2000a) konnten zeigen, daß die Lichinales (inklusive *Heppia*) monophyletisch sind und daß *Peltula* in einer Schwestergruppenbeziehung zu allen restlichen Lichinales steht (Fig. 2, S. 41). Mit Alternative 1 konnte nun die Innengruppe für die phylogenetische Merkmalsanalyse der Lichinaceae neu definiert werden (also inklusive *Heppia*) und ließ sich eine Autapomorphie finden (Reduktion des rostraten zum prototunicaten Ascus), mit der die Innengruppe als mutmaßlich monophyletisch begründbar wurde.

Es muß allerdings darauf hingewiesen werden, daß der Konflikt im Merkmal rostrater Ascus damit nicht behoben oder aufgelöst ist. Die einmalige Reduktion des rostraten Ascus zum prototunicaten zwingt zur Annahme der unabhängigen Entstehung des rostraten Ascus in *Pyrenopsis*, *Hapidium* und *Euopsis*. Desweiteren bleibt der Konflikt im Merkmal Ontogenie-Typ bestehen, da *Euopsis* einem anderen Typ folgt als *Pyrenopsis* und *Hapidium*. Würde man alle drei Gattungen von den restlichen Lichinaceae und *Heppia* trennen, könnten letztere zwar konfliktfrei auf die Reduktion zum prototunicaten Ascus begründet werden, es entstünde jedoch der Zwang zur Annahme der mehrfachen Entstehung des Ontogenie-Typs Pycnoascomata (s. auch 1. Einleitung).

4.2.3. Merkmalsliste und -homologisierung

Die Liste basiert teilweise auf jenen in Tehler (1988, 1990, 1994, 1995). Sie wurde an den Merkmalsatz der Lichinaceae angepaßt.

Morphologie-Wuchsform

1. Thallus

- 0 schuppig, schuppig-umbilicat, rosettig-umbilicat, tessellat oder mit vielen dicht zusammenschließenden Lobuli
- 1 krustig, filmartig
- 2 folios
- 3 fruticos
- 4 filamentös

2. Wuchs krustig

- 0 areoliert, Areolen glatt, rauh, eben, uneben - nicht tessellat
- 1 filmartig dünn
- 2 effus
- 3 effiguriert bis placoid
- 4 Areolen tessellat

3. Wuchs schuppig bis umbilicat

- 0 schuppig, schuppig-umbilicat, ohne Felder oder Lobuli, d.h. Thallusoberfläche \pm ungegliedert
- 1 umbilicat, tessellat oder mit dicht zusammenschließenden Lobuli, Oberfläche daher gegliedert

4. Wuchs folios

- 0 einlappig, ungeteilt
- 1 viellappig, geteilt

5. Wuchs fruticos

- 0 kleinstrauchig, rasig, Anatomie oft homöomer
- 1 echt strauchig, diskrete Loben, Anatomie i.d.R. deutlich geschichtet

6. Wuchs filamentös

- 0 Trichome des Photobionten von Hyphen durchsetzt, Zellverband des Photobionten dadurch stark gelockert
- 1 Trichome von Hyphen umspinnen, Hyphenmantel

Thallus

7. Oberfläche

- 0 epruinös
- 1 pruinös

8. Befestigung

- 0 Stränge von verklebten Rhizohyphen oder Umbilicus
- 1 Rhizohyphen, d.s. Hyphen, die aus Lager basal austreten und ins Substrat, meist Erde, einziehen
- 2 gelatinöse Haftscheibe
- 3 ohne bes. Befestigungsorgane

9. Sorale

- 0 fehlend
- 1 vorhanden

10. Isidien (hier als stiftförmige bis koralloide, kugelige oder schuppige unberindete Auswüchse der Thallusoberfläche verstanden)

- 0 fehlend
- 1 vorhanden

Thallusanatomie

11. Cortex

- 0 vorhanden
- 1 fehlend

12. Besitz von Algenschicht und echtem Mark

- 0 vorhanden
- 1 fehlend (homöomer od. allenfalls mit Zentralstrang)

13. Hyphensysteme

- 0 einförmig netzig, locker od. kompakt
- 1 Springbrunnen oder Fächer (abhängig vom Wuchs)
- 2 Basalstrang

14. Zentralstrang (inkl. Springbrunnen)

- 0 fehlend
- 1 locker, einige Algenzellen eingeschlossen
- 2 kompakt, mehrreihig, ohne Algenzellen

15. Gallertscheide (ohne Hyphen)

- 0 ohne
- 1 mit

16. Hyphenanordnung allg. (exkl. Cortex)

- 0 dicht netzig, Hyphenzellen kurz bis länglich, eckig
- 1 locker netzig, Hyphenzellen länglich, eckig, selten rundl., oft gestreckt
- 2 kompakt, Hyphenzellen i.d.R. rund, also paraplectenchymatisch
- 3 streng senkrecht (*Heppia*)

Ascoma-Morphologie

17. Besitz von Ascomata

- 0 vorhanden
- 1 fehlend

18. Form

- 0 rund, discoid
- 1 perithecioid, Scheibe punktförmig
- 2 Thallinocarp, rundlich oder unregelmäßig
- 3 discoid, aber ohne jegliche Berandung

19. Lage

- 0 eingesenkt
- 1 sitzend, Basis breit
- 2 gestielt, Basis eingeschnürt

20. Lagerrand

- 0 vorhanden
- 1 von Beginn an fehlend, da Ascoma außerhalb des Lagers entsteht

Ascoma-Anatomie

21. Eigenrand

- 0 vorhanden
- 1 fehlend

22. Eigenrandfarbe

- 0 farblos
- 1 deutlich gefärbt

23. Eigenrandanatomie

- 0 lose verflochten, Hyphen +/- den Tahllushyphen entsprechend
- 1 Hyphen sehr dünn, in dicker gelatinöser Matrix
- 2 Hyphen dick, kompakt, in gelatinöser Matrix

24. Einschub steriler Hyphen in alte Hymenien

- 0 fehlend
- 1 vorhanden

25. Subhymenium

- 0 basal glatt abschließend
- 1 als Stiel in einen Zentralstrang verlängert oder zumindest nicht basal glatt abschließend

26. Hymenialreaktion

- 0 hemiamyloid (I+blau → rot, KI+ blau)
- 1 ohne Reaktion

27. Färbung des Hymeniums

- 0 farblos od. obere Teile leicht gelblich-bräunlich
- 1 auffällig rotfleckig
- 2 grünlich

Hamathecium

28. Paraphysen oder Besitz steriler Hüllhyphen

- 0 vorhanden
- 1 fehlend (sek. reduziert)

29. primäre Paraphysen

- 0 primäre Paraphysen vorhanden, aus generativem Geflecht entstehend, später meist mit sekundären Paraphysen
- 1 primäre Paraphysen fehlend, da Hyphenknäuel reduziert (Pycnoascomata), daher, wenn überhaupt, nur sekundäre Paraphysen gebildet
- 2 primäre Paraphysen fehlend, da Hyphenknäuel reduziert (Thallinocarp), daher, wenn überhaupt, nur sekundäre Paraphysen gebildet

30. Besitz von Periphysoiden

- 0 fehlend
- 1 vorhanden

31. Besitz verlängerter Konidiophoren als Ersatz primärer Paraphysen

- 0 fehlend
- 1 vorhanden

Ontogenie

32. Ontogenie-Typ nach Henssen (1963a)

- 0 Knäuelstadien
- 1 Pycnoascoma
- 2 Thallinocarp

33. generatives Geflecht

- 0 Ascogone in Knäuel angelegt
- 1 Ascogone entstehen frei, erst später von Knäuel umhüllt
- 2 Knäuel fehlt, Ascogone ± frei unter Pyknidien angelegt

34. Transformation der Pyknidienwand in ein *excipulum proprium*

- 0 fehlend
- 1 vorhanden

35. Thallinocarp

- 0 fehlend
- 1 vorhanden

36. Teilhymenien in Thallinocarprien

- 0 fehlend
- 1 vorhanden, aber nicht deutlich getrennt, Subhymenium durchgehend
- 2 vorhanden, deutlich getrennt, Subhymenium auch getrennt

Ascus

37. Sporenfreisetzung (Funktion)

- 0 aktiv
- 1 passiv

38. Jodreaktion (Struktur)

- 0 Wand mit I+ innerer expansibler Schicht
- 1 Wand ohne I+ innere expansible Schicht

39. Wanddicke (Ascustyp)

- 0 Wand dick, funktionell zweischichtig, elastische innere Wandschicht, unitunicat-rostrat
- 1 Wand dick, funktionell einschichtig, prototunicat, apikal aufreißend
- 2 Wand sehr dünn, funktionell einschichtig, prototunicat, apikal aufreißend

40. Gestalt

- 0 Apex abgerundet, Asci ± keulig, mit gallertiger Haube
- 1 Apex abgerundet, Asci ± zylindrisch-schlank, ohne gallertige Haube
- 2 Apex zugespitzt, Asci ± zylindrisch, ohne gallertige Haube

Ascosporen

41. Sporenanzahl

- 0 polyspor
- 1 octospor

42. Sporengröße

- 0 weniger als 10 µm lang und bis 5 µm dick
- 1 über 10 µm lang und über 5 µm dick

43. Sporenform

- 0 breit oval (Verhältnis Länge : Breite maximal doppelt, also bis 2:1)
- 1 länglich oval (Verhältnis Länge : Breite mindestens doppelt, also ab 2:1)

44. Sporengestalt

- 0 elliptisch
- 1 kugelig
- 2 gebogen, bohnenförmig

45. Sporenwand

- 0 dünn, <1 µm
- 1 dick, >1 µm, oft geschichtet wirkend schon im Ascus

Conidioma

46. Pyknidienbesitz

- 0 vorhanden
- 1 fehlend

47. Pykno-sporengröße

- 0 weniger als 5 µm lang
- 1 über 15 µm lang

48. Pykno-sporengestalt

- 0 elliptisch-stäbchenförmig, gerade
- 1 fädig, gewöhnlich sichelig gekrümmt
- 2 kugelig

49. Konidiophoren

- 0 einfach
- 1 verzweigt

50. Färbung der Pyknidienwand

- 0 farblos
- 1 deutlich gefärbt

51. Gestalt der Pyknidienwand

- 0 im Alter convolut
- 1 nicht convolut, einfach

Photobiont

52. Typ des Photobionten

- 0 Cyanobakterium, obligat
- 1 Grünalge, obligat od. fakultativ

53. Typ des Cyanobakteriums

- 0 einzellig, coccoid
- 1 *Scytonema*
- 2 *Stigonema*
- 3 Rivulariaceae
- 4 *Nostoc*

Ökologie54. Substrat

- 0 saxicol, silikatisch
- 1 saxicol, kalkhaltig-basisch
- 2 saxicol, vulkanisch
- 3 terricol, silikatisch
- 4 terricol, kalkhaltig-basisch
- 5 corticol, lichenicol

55. Habitat

- 0 terrestrisch, sporadisch feucht
- 1 amphibisch-limnisch
- 2 amphibisch-marin
- 3 ombrophob

4.2.4. Manuelle Merkmalsanalyse

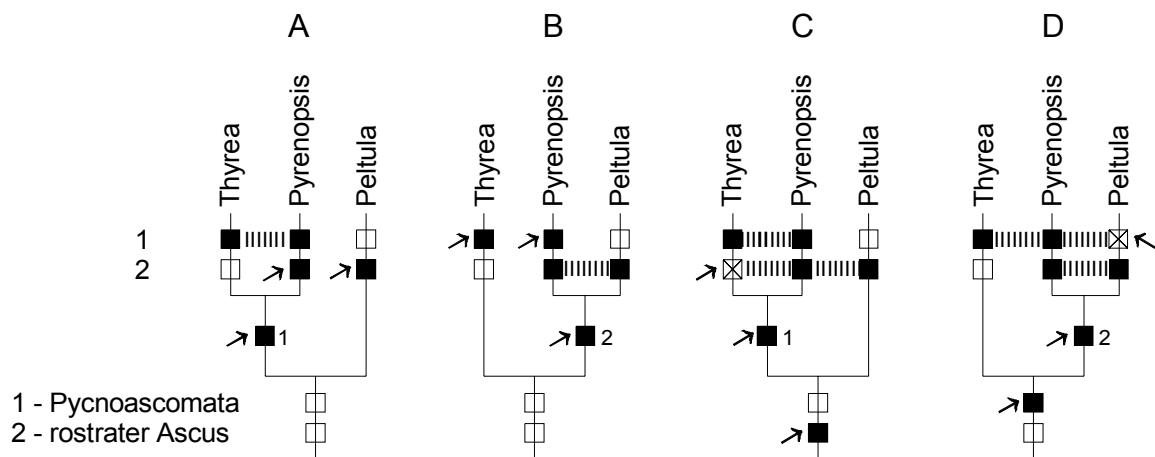
Es bestehen (u.a.) Konflikte in den Merkmalskomplexen Ascustyp und Ascoma-Entwicklung, da deren Verteilung innerhalb der Lichinales nicht enkaptisch ist, d.h. sie sich weder vollständig ein- noch ausschließen. Es konnten daher mehrere konkurrierende, gleich sparsame Verwandtschaftshypothesen formuliert werden. Diese können sich im Verzweigungsschema unterscheiden, oder sie sind identisch. In letzterem Fall unterscheiden sich aber in der Beurteilung der Negativmerkmale: entweder primäres oder sekundäres Fehlen. Die Lösung solcher Konflikte ist schwierig. Lorenzen (1993, 1994) hat dafür ein methodisches Vorgehen entwickelt, welches zur Lösung derartiger Merkmalskonflikte beitragen kann.

Die folgenden, nicht enkaptischen Merkmalsverteilungen I, II und III lassen sich durch jeweils vier konkurrierende, gleich sparsame (drei Schritte = Anzahl der Pfeile) Verwandtschaftshypothesen als Kladogramme A, B, C und D darstellen. Die Pfeile markieren jeweils das **Entstehen** eines Merkmals. Die leeren Blöcke bedeuten ein **primäres Fehlen** des entsprechenden Merkmals. Die gefüllten Blöcke sind **apomorphe** Merkmale entweder autapomorph (dann mit Pfeil) oder synapomorph in der Hierarchiestufe darüber (dann mit senkrechten Linien verbunden). Durchkreuzte Blöcke signalisieren ein **sekundäres Fehlen**

des Merkmals infolge Reduktion oder Umkehr in den ancestralen Zustand (immer mit Pfeil, also eine Autapomorphie).

I	Thyrea*	Pyrenopsis	Peltula
1. Pycnoascomata	+	+	-
2. rostrater Ascus	-	+	+

* Statt *Thyrea* könnten auch alle anderen Lichinales mit Pycnoascomata außer *Harpidium* (rostrater Ascus) benutzt werden.

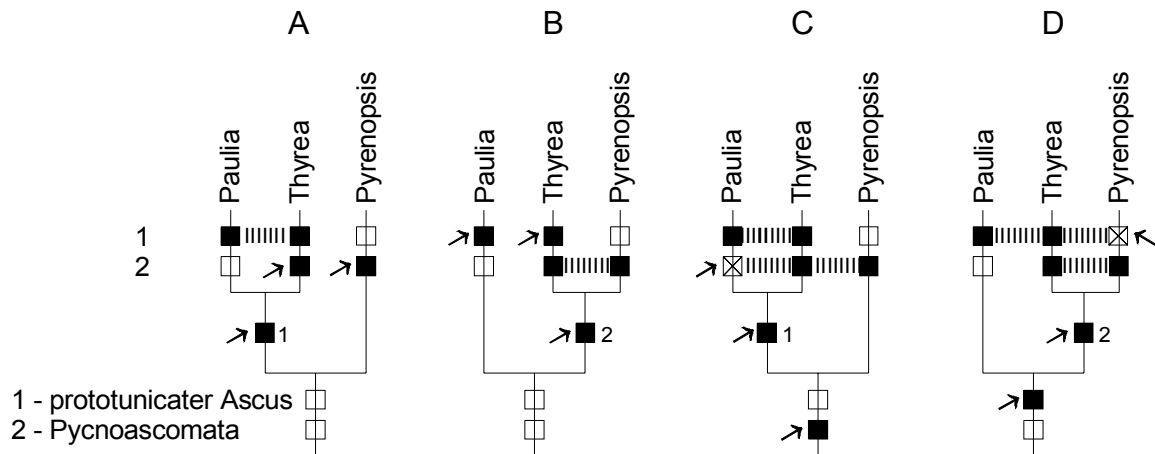


Die Alternativen B und D können abgewiesen werden, da unitunicat-rostrate Asci nicht erst in den Lichinales evolviert wurden. Alternative A wird abgewiesen, da sie die unabhängige Evolvierung des unitunicat-rostraten Ascus innerhalb der Lichinales sogar zweimal fordert. Alternative C kann akzeptiert werden, wenn der unitunicat-rostrate Ascus einmal in den Lichinales evolviert wurde und für *Thyrea* ein sekundäres Fehlen angenommen wird (im Unterschied zur Alternative des primären Fehlens!).

Merkmalssatz II kann analog zu obigem Vorgehen mit den folgenden vier Kladogrammen dargestellt werden.

II	Paulia*	Thyrea*	Pyrenopsis
1. prototunicater Ascus	+	+	-
2. Pycnoascomata	-	+	+

* Statt *Paulia* können alle Lichinales mit prototunicatem Ascus und ohne Pycnoascomata oder Thallinocarpien, für *Thyrea* auch alle anderen Lichinales mit prototunicatem Ascus und Pycnoascomata außer *Harpidium* (rostrater Ascus) benutzt werden.

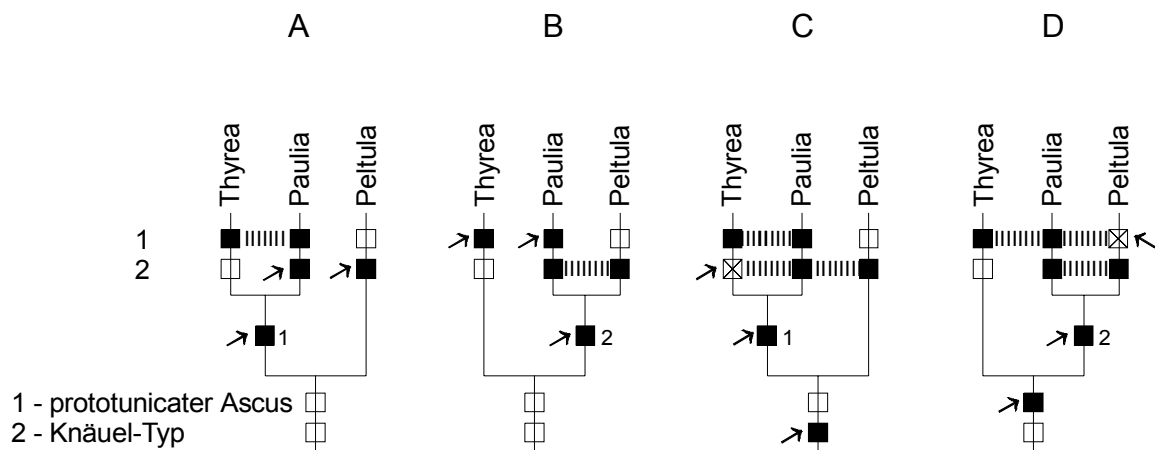


Die Alternative A kann abgewiesen werden, da die Anlage von Pycnoascomata bei vielen verschiedenen Gattungen der Lichinaceae vorkommt und eine ziemlich konservierte Serie von Transformationen beim Umbau von Pyknidien in Apothecien durchläuft. Damit ist ein mehrfach unabhängiges Entstehen dieses Merkmales höchst unwahrscheinlich. Alternative C kann abgewiesen werden, da sie erst den Erwerb des komplexen Merkmals Pycnoascomata für nahezu alle Lichinales annimmt und schließlich den Verlust dieses Merkmals für über die Hälfte dieser Gruppe fordert. Die Alternativen B und D können akzeptiert werden, wobei der prototunicate Ascus entweder zweimal unabhängig (B) oder nur einmal und dann unter Annahme des sekundären Fehlens bei *Pyrenopsis* (D) evolviert wurde.

Merkmalssatz III kann ebenso in vier konkurrierenden Diagrammen dargestellt werden.

III	Thyrea*	Paulia*	Peltula
1. prototunicater Ascus	+	+	-
2. Knäueltyp	-	+	+

* Statt *Thyrea* können alle Lichinales mit prototunicatem Ascus aber ohne Knäueltyp oder Thallinocarpien; für *Paulia* auch alle anderen Lichinales mit prototunicatem Ascus und Knäueltyp außer *Euopsis* (rostrater Ascus) benutzt werden.



Die Alternative A kann abgelehnt werden, da es die mehrfach unabhängige Evolvierung des Knäueltyps annimmt, eines Merkmals, das bereits außerhalb der Lichinales verwirklicht ist. Alternative B nimmt die Entstehung des Knäueltyps zwar nur einmal an, ist aber aus obigem Grund kaum wahrscheinlicher. Alternative D kann abgelehnt werden, da sie für *Peltula* eine zweimalige Umkehr im Merkmal Ascus fordert. Alternative C kann akzeptiert werden, wenn für *Thyrea* ein sekundäres (!) Fehlen des Merkmals Knäueltyp akzeptiert wird.

Die Argumentationsbasis mit den Merkmalen Ascustyp und Ontogeneseweg allein ist wenig begründet. Durch Ersetzen jeweils eines der Merkmale durch andere nicht enkaptisch verteilte Merkmale der Lichinales (Lagerbau, Sporenanzahl) lassen sich jedoch eine Reihe von Argumenten finden, die gegen eine nahe Verwandtschaft von *Peltula* mit den restlichen Lichinalen bzw. für eine nahe Verwandtschaft aller Lichinales außer *Peltula* sprechen. Auf dieser Grundlage wird für den Merkmalskonflikt Ascus/Ascoma-Ontogenie folgende Hypothese favorisiert:

Pycnascomata sind nur einmal entstanden. Der Knäueltyp der Fruchtkörperanlage wurde bei allen anderen Lichinalen von *Peltula* bzw. dem gemeinsamen Vorfahren übernommen. Die unitunicat-rostraten Asci in *Pyrenopsis*, *Euopsis* und *Harpidium* sind unabhängig von *Peltula* entstanden.

Figur 3 zeigt einen Stammbaum der Peltulaceae, Heppiaceae, Gloeopheppiaceae und Lichinaceae auf der Grundlage obiger Überlegungen. Die Beziehungen stützen sich auf eine erste grobe Analyse der Verteilung klassischer Merkmale. Der Stammbaum ist nicht vollständig aufgelöst (Heppiaceae, Gloeopheppiaceae) und enthält einige Konflikte in der Merkmalsverteilung (siehe Legende).

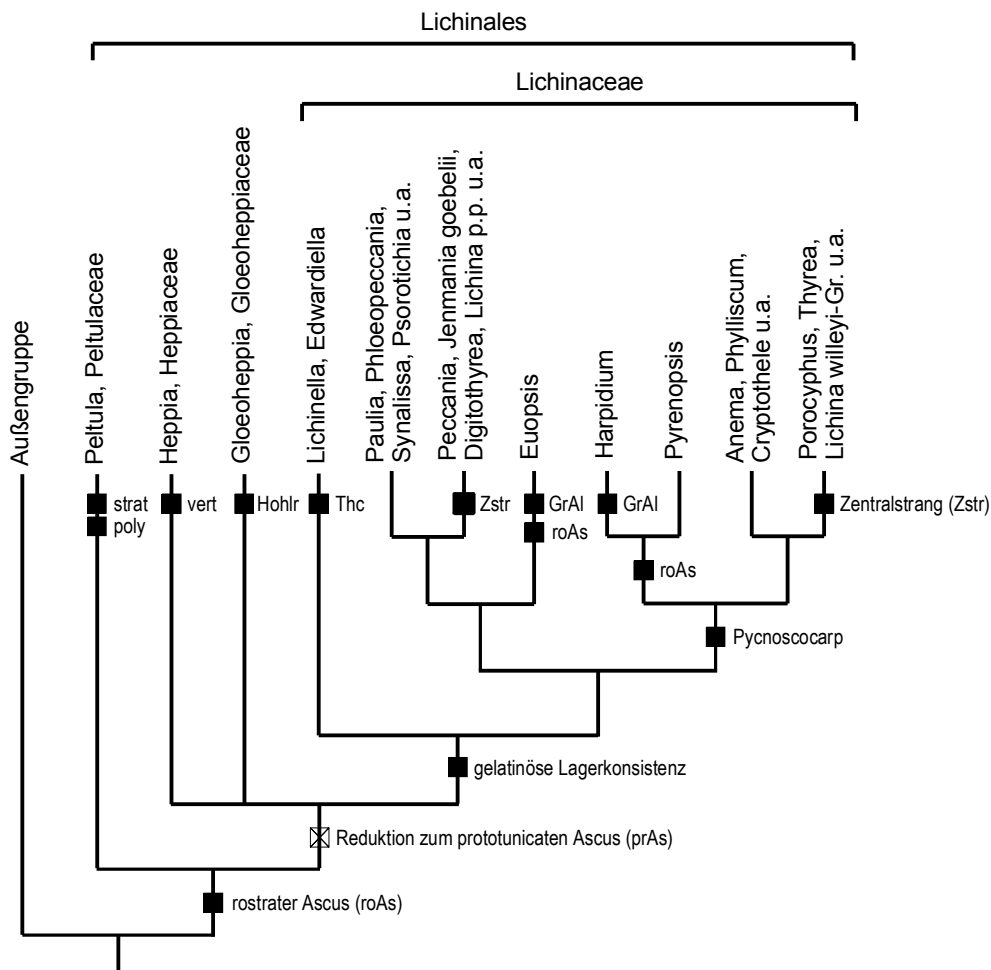


Fig. 3: Erste manuelle Stammbaumanalyse der Lichinales anhand einer kleineren Merkmalsauswahl. roAs = rostrater Ascus (!); strat = echt geschichtetes Lager; poly = Sporen >64; prAs = Reduktion zum prototunicaten Ascus; vert = streng vertikale Anatomie; Hohlr = Hohlräume im Lager (?); Thc = Thallinocarp; Zstr = Zentralstrang (!); GrAl - Grünalgen (!). Merkmalskonflikte mit (!), fragliche Merkmale mit (?) markiert.

Anschließend wurde ein stark aufgelöster Stammbaum erstellt, dem knapp 30 Merkmale zugrunde lagen. Der Übersicht halber wurde der Stammbaum in zwei Teile zerlegt, die die Gruppe der Knäuelbildner (Fig. 4a, S. 53 oben) und die der Pycnoascoma-Bildner (Fig. 4b, S. 53 unten) umfassen.

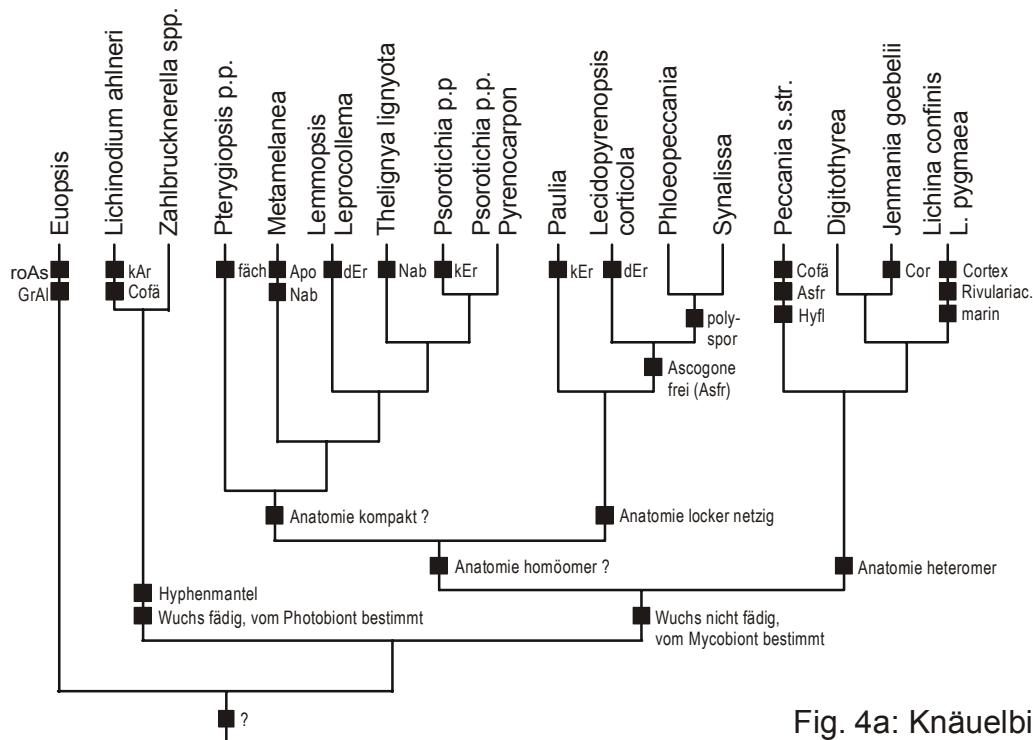


Fig. 4a: Knäuelbildner

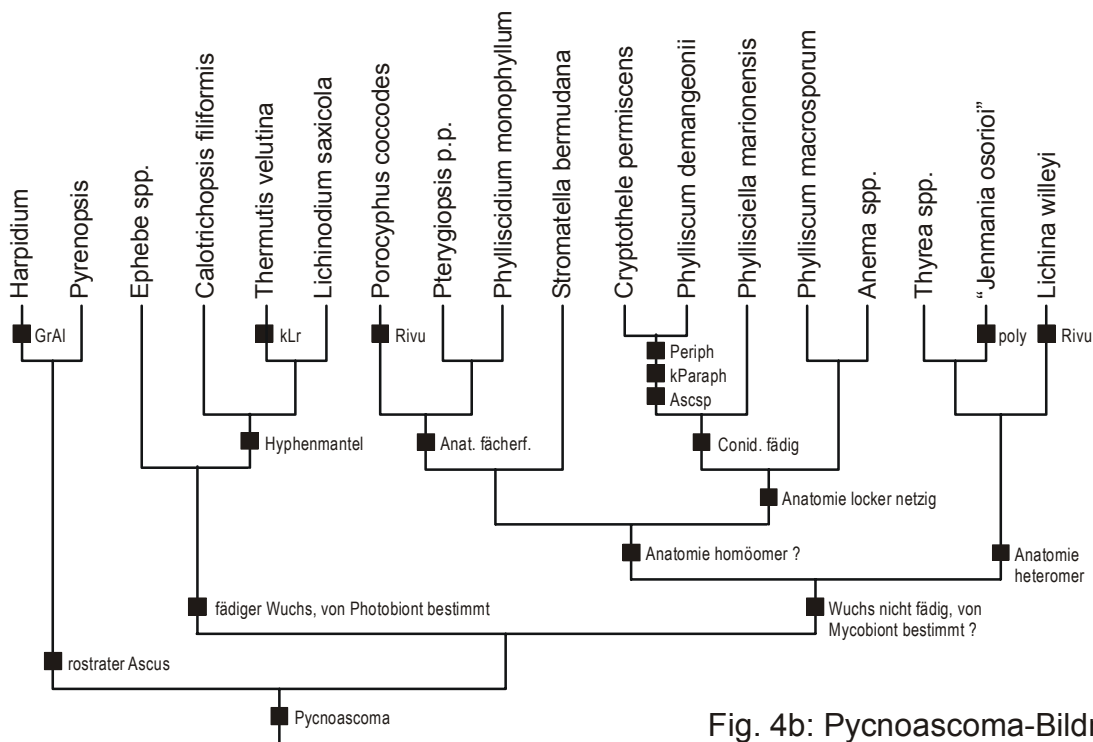


Fig. 4b: Pycnoascoma-Bildner

Fig. 4a: Manuelle Verwandtschaftshypothese für Knäuelbildner (oben). roAs = rostrater Ascus; GrAl = Grünalgen; kAr = kein Apothecienrand; Cofä = Conidien fädig; fäch = fächerförmige Anatomie; Apo = Apothecien zw. den Lobuli angelegt; Nab = Apothecienscheibe genabelt; dEr = dicker Eigenrand; kEr = kein Eigenrand; Asfr = Ascogone frei; Hfl = Hymenium rot- bis braunfleckig; Cor = Cortex. **Fig. 4b:** Manuelle Verwandtschaftshypothese für die Pycnoascoma-Bildner (unten). GrAl = Grünalgen; kLr = kein Lagerrand; Rivu = Rivulariaceae als Photobiont; Periph = mit Periphysoiden; kParaph = keine Paraphysen; Ascsp = Ascus zugespitzt; poly = 16-32 Sporen. Einige Merkmale konfliktbehaftet (roAs, GrAl, Cofä, Hyphenmantel, fädiger Wuchs, Rivu, poly, kEr, Nab, Asfr, Anatomie locker netzig, Anatomie fächerförmig, Anatomie heteromer) od. unsicher (?).

4.2.5. Rechneranalyse der klassischen Daten

Alle Analysen erfolgten in PAUP mittels *parsimony*. Die Merkmale von 57 Lichinaceae, drei *Heppia*- und zwei *Peltula*-Arten wurden nach der Liste in Abschnitt 4.2.3. in einer Datenmatrix zusammengestellt. Darunter sind auch jene Arten, von denen Sequenzdaten vorlagen. Zusätzlich wurden etwa 30 weitere Taxa erfaßt, um die Lichinaceae in ihrem ganzen Merkmalsumfang möglichst vollständig zu repräsentieren.

Die Anzahl verfügbarer Merkmale (55) war allerdings zu gering, um die vollständige Datenmatrix mit 62 Taxa aufzulösen. Die ersten Analysen ergaben über 1000 Stammbäume. Trotz variiertes Analysebedingungen in Merkmalstyp und -gewichtung blieb die Auflösung der gewonnenen Stammbäume sehr gering, was durch die hohe Zahl von Homoplasien (v.a. Anatomie, Sporenmerkmale etc.) bedingt wurde. Aus diesem Grunde wurde die Taxonauswahl wieder eingengt. Folgende Wege wurden dabei beschränkt:

1. begrenzte aber annähernd repräsentative Auswahl
2. nur die Gruppe der Pycnoascoma-Bildner
3. nur die Gruppe der Knäuelbildner
4. nur jene Taxa, von denen auch molekulare Daten vorlagen.

Der Schwerpunkt lag dabei auf Punkt 4, da auch eine kombinierte Analyse vorgesehen war (s. 4.2.7.). Die Ergebnisse der nach Datentyp getrennten Analysen konnten auf diese Weise mit denen der Analyse eines gemeinsamen Datensatzes verglichen werden. Die restlichen Punkte standen mehr im Zusammenhang mit der manuellen Stammbaumanalyse.

1. begrenzte, annähernd repräsentative Taxonauswahl

Bei einer Anzahl von 28 Arten war immer noch mit einer sehr geringen Auflösung der Stammbäume zu rechnen. Von den 55 Merkmalen wurden 5 ausgeklammert (17, 36, 47, 52, 53). Von den verbliebenen 50 Merkmalen waren vier konstant, 13 *parsimony uninformative* und 33 *parsimony informative*. Alle Merkmale waren ungeordnet und zunächst gleich gewichtet. Die Berechnung ergab 1189 gleich sparsame Bäume von 156 Schritten, einem CI von 0,423 und einem RI von 0,605. Einer der Stammbäume wird exemplarisch in Figur 5a (S. 56) dargestellt.

Bei starker Gewichtung der Merkmale wurde die Analyse wiederholt. Es wurden 54 gleich sparsame Bäume gefunden von 456 Schritten, einem CI von 0,447 und RI von 0,678. Figur 5b (S. 56) zeigt einen der Bäume als Beispiel.

In beiden Stammbäumen (Fig. 5a, b; S. 56) standen sich die Gruppen der Knäuel- und Pycnoascoma-Bildner gegenüber. Die Taxa mit rostraten Asci (*Euopsis*, *Harpidium*, *Peltula Pyrenopsis*) standen jeweils im Zentrum der Verzweigungsschemata. Bei dem gewichteten Stammbaum (Fig. 5b) wurde dies besonders deutlich. Es zeigte sich auch, daß bereits bei gleicher Gewichtung aller Merkmale etwaige Übereinstimmungen der Taxa im Wuchs oder in der Anatomie eindeutig von den Gemeinsamkeiten in der Ascoma-Entwicklung überlagert wurden. Beispiele sind die durch den Ontogenie-Typ getrennten Positionen von *Thyrea confusa* und *Digitothyrea divergens*, *Anema nummularium* und *Paulia aldabrensis*, *Lichina willeyi* und *Lichina pygmaea*. Innerhalb der Knäuelbildner bzw. Pycnoascoma-Bildner konnten jedoch Gruppierungen ausfindig gemacht werden, die auf dem gemeinsamen Besitz v.a. anatomischer Merkmale fußten. Beispiele sind die Äste von *Thyrea confusa* und „*Jenmania osorioi*“ (Wuchs + heteromere Anatomie), *Lichina pygmaea* und *Jenmania goebelii* (Cortex), *Phloeopeccania pulvinulina* und *Paulia aldabrensis* (locker netzige Anatomie) oder *Phyllisciella marionensis* und *Phylliscum demangeonii* (polyspore Asci, fädige Konidien, locker netzige Anatomie).

Es mußte jedoch auch festgestellt werden, daß die Beziehungen generell schlecht gestützt wurden oder in consensus-Stammbäumen ganz verloren gingen.

In nachfolgenden Schritten wurden die Merkmalszustände geordnet und benutzerdefinierte Zustandsänderungen festgelegt (soweit dies möglich war). Die Analysenergebnisse waren jedoch sehr uneinheitlich und kaum reproduzierbar.

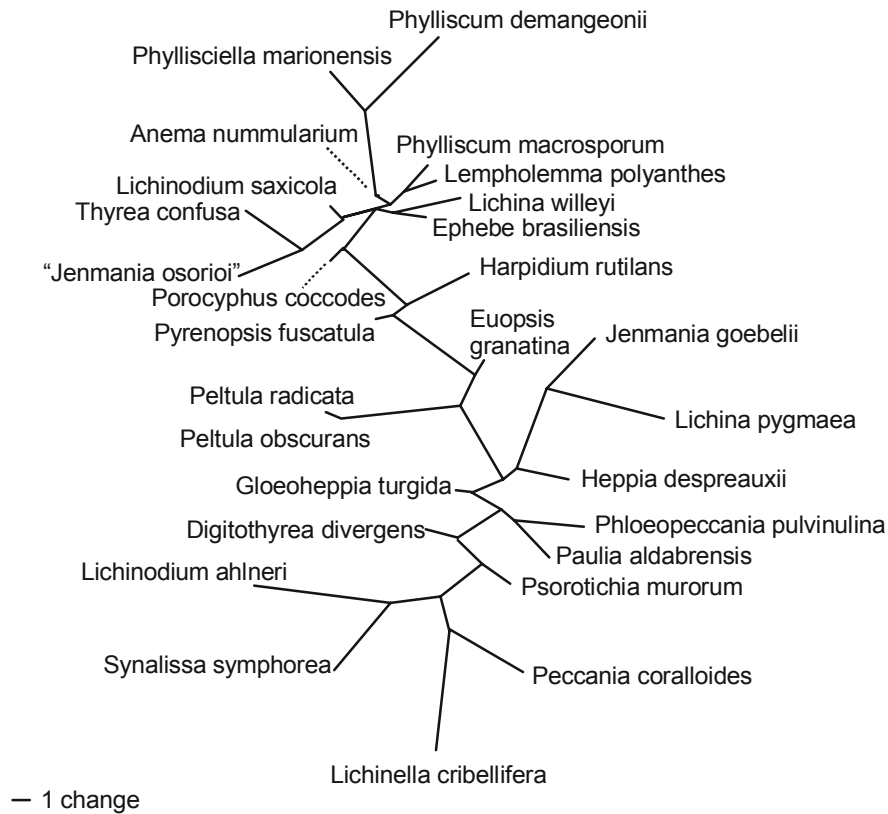


Fig. 5a: Einer von 1189 gleich sparsamen *unrooted* Stammbäumen nach *parsimony*-Analyse morphologischer Daten; alle Merkmale ungeordnet und gleich gewichtet.

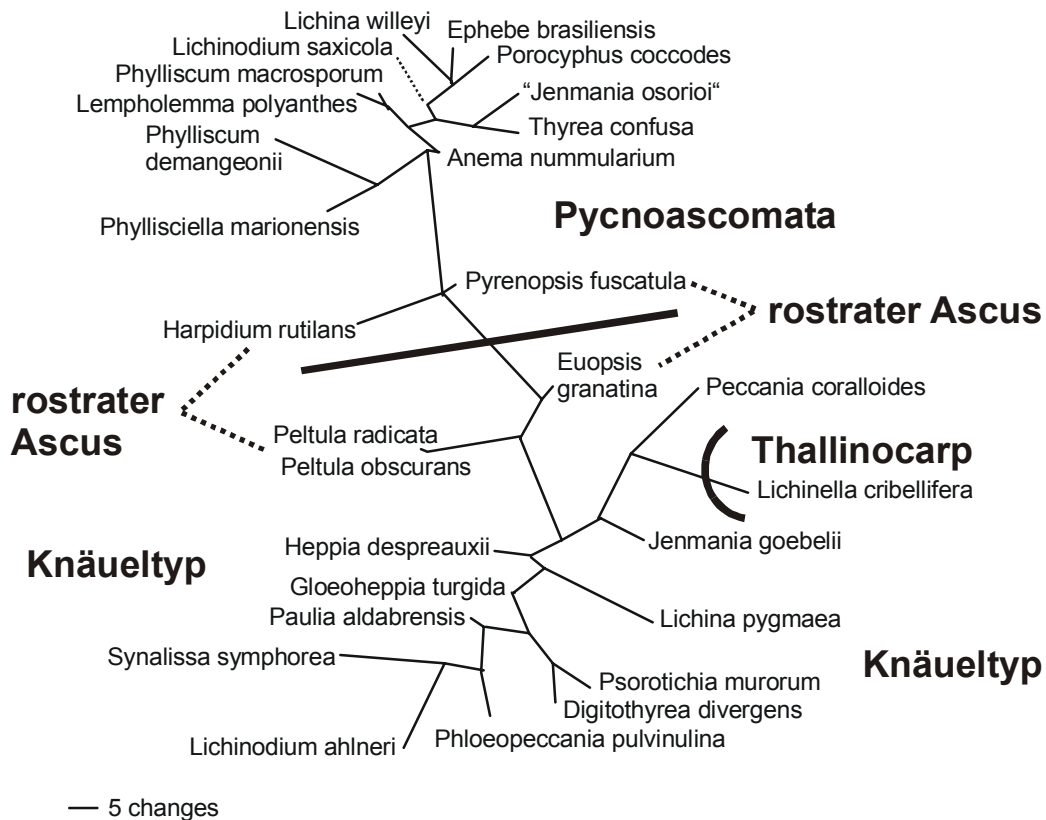


Fig. 5b: Einer von 54 gleich sparsamen *unrooted* Stammbäumen nach *parsimony*-Analyse morphologischer Daten; alle Merkmale ungeordnet aber stark gewichtet.

2. Gruppe der Knäuelbildner und 3. Gruppe der Pycnoascoma-Bildner

Diese Berechnungen umfaßten zwischen 35 (2.) und 25 (3.) Arten. Die Auflösung der zahlreichen erhaltenen Stammbäume war sehr gering, so daß dieser Ansatz nicht weiter verfolgt wurde.

4. Beschränkung auf jene Arten mit Sequenzdaten

Die Datenmatrix ist in Anhang 8.C wiedergegeben und umfaßte 30 Arten. Von den 55 Merkmalen wurden drei konstante oder unsichere ausgeschlossen (17, 36, 47); 9 waren konstant; 5 *parsimony uninformative* und 38 waren *parsimony informative*. Es wurden mehrere Analysen durchgeführt nach der in Abschnitt 3.3.2. angegebenen Abfolge. Ziel war es, die Auflösung der Kladogramme zu erhöhen und die Anzahl der Schritte, die die Merkmalsverteilung erklären, niedrig zu halten. Ersteres konnte vor allem durch Ordnen und Gewichten der Merkmalszustände erreicht werden, während dabei gleichzeitig die Anzahl der Schritte zunahm. Ähnliche Effekte hatte die Verwendung benutzerdefinierter Modelle für die Art der Zustandsänderung bei einzelnen Merkmalen.

Die höchste Auflösung hatte eine Analyse mit geordneten Merkmalszuständen und starker Gewichtung. Folgende Wichtung (1, 2, 3, 4 und 8) wurde vorgenommen:

- 1: 52-55 (Photobionten, Ökologie)
- 2: 1-10, 17-20 (Wuchsform)
- 3: 11-16, 21-27, 28-31, 41-45, 46-51 (Anatomie, Conidiomata)
- 4: 37-40 (Ascus)
- 8: 32-36 (Ontogenie)

Die Berechnung ergab vier gleich sparsame Stammbäume von 442 Schritten, einem CI von 0,443 und RI von 0,707.

Figur 6 (S. 58) zeigt den consensus-Stammbaum mit *bootstrap*-Werten nach 500 Replika. Die Gruppe der Pycnoascoma-Bildner wurde darin ebenso wie die der Knäuelbildner aufgelöst. *Lichinella cribellifera* mit dem dritten Ontogenie-Typ stand ersterer Gruppe gegenüber. Die Unterstützung durch *bootstrap*-Werte war allerdings sehr gering. Lediglich einzelne Gattungen mit zwei oder mehr Arten (*Heppia*, *Digitothyrea*, *Lichina*, *Peccania*) wurden gut gestützt. Die Beziehungen der Gattungen untereinander waren jedoch durchweg schlecht gestützt oder gar nicht aufgelöst.

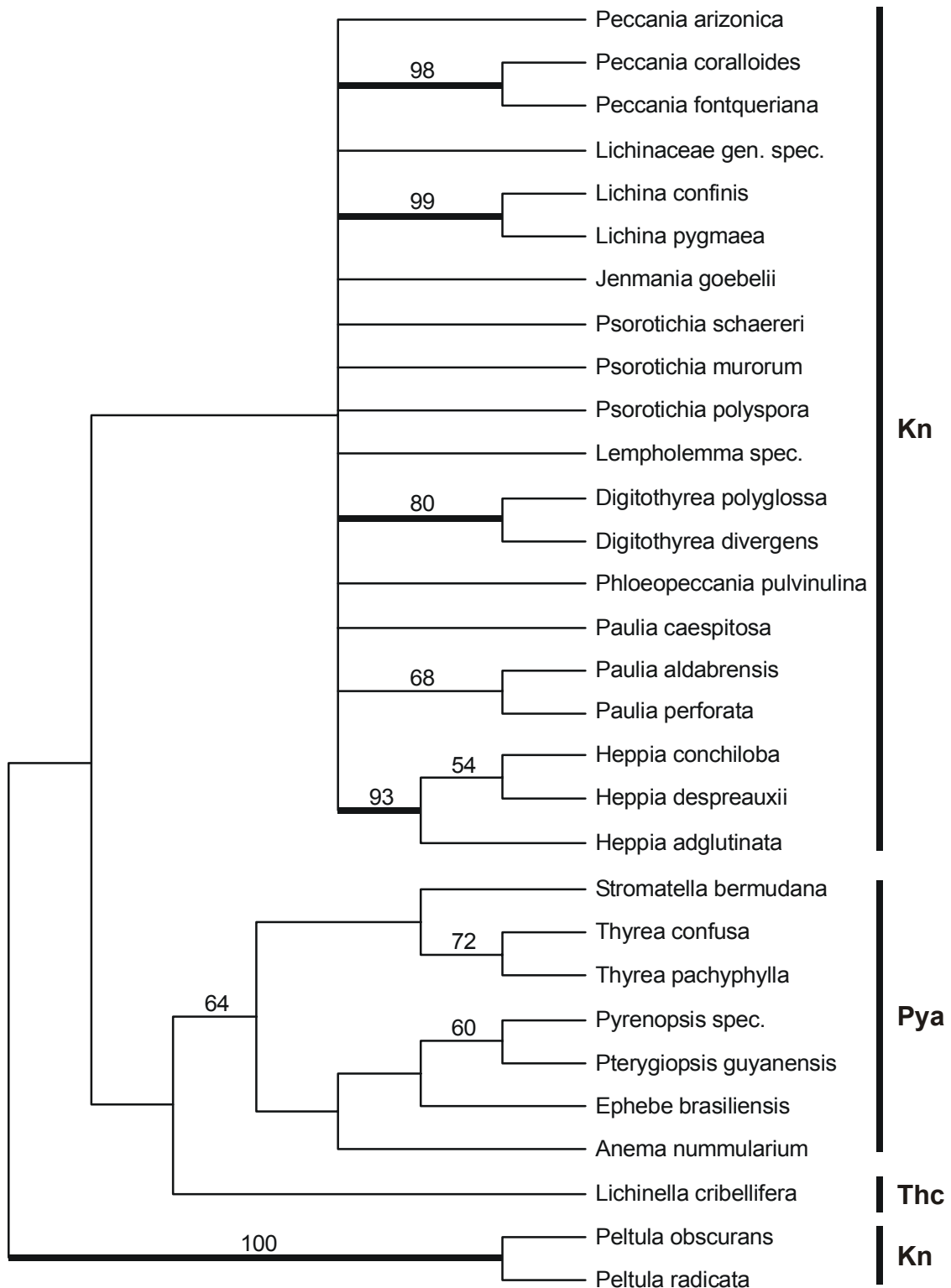


Fig. 6: Strict consensus-Stammbaum aus 4 gleich sparsamen Phylogenien nach Analyse morphologischer Daten; alle Merkmale geordnet und stark gewichtet; bootstrap-Werte nach 500 replicates. Kn = Knäueltyp, Pya = Pycnoascocarp, Thc = Thallinocarp.

4.2.6. Rechneranalyse der Sequenzdaten

Alle Analysen wurden mit PAUP (Swofford 1999) durchgeführt. Das Sequenzalignment ist in Anhang B enthalten. Es wurde eine Datenmaske verwendet, die 17 der insgesamt 1804 Basenpositionen ausschloß. Von den verbliebenen 1787 Positionen waren 1451 konstant, 126 *parsimony uninformative*, 210 *parsimony informative*. Alle Merkmale waren ungeordnet und gleich gewichtet.

Parsimony: Nach *heuristic search* (TBR branch swapping, stepwise addition closest od. 500 random addition sequences) wurden zwei Stammbäume gefunden von je 739 Schritten Länge, einem CI von 0,558 und einem RI von 0,66. *Bootstrap*-Werte wurden mit 500 Wiederholungen berechnet.

Figur 7 (S. 60) zeigt einen der beiden gleich sparsamen Bäume. Die Topologie differierte lediglich in den nicht gestützten Positionen von *Peccania arizonica* und *Lichinella cribellifera*. Alle anderen Verzweigungen waren identisch. Auffällig war, daß die Gattung *Heppia* in eine Gruppe mit jenen Lichinaceae fiel, die Pycnoascomata bilden (*Anema*, *Ephebe*, *Thyrea*, *Pterygiopsis*, *Pyrenopsis*, *Stromatella*). Weiterhin fiel auf, daß die Lichinaceae-Gattungen *Peccania* und *Lichinella* außerhalb der Mehrzahl der Lichinaceae clusterten. Diese Hauptgruppe war stark gestützt und enthielt auch *Heppia*. Alle Knäuelbildner unter den Lichinaceae (*Psorotichia schaeereri* bis *Paulia caespitosa*) aber mit Ausnahme von *Peccania* standen in einer Gruppe, die allerdings nicht unterstützt wurde.

Neighbor joining (Distanzverfahren): Die Suche erfolgte nach dem LogDet/paralinear-Parameter und ergab einen Stammbaum mit ME (*minimum evolution*) Wert von 0,38711. *Bootstrap*-Werte wurden mit 500 Wiederholungen berechnet.

Figur 8 (S. 61) zeigt den Stammbaum, der eine nur leicht veränderte Topologie gegenüber den Stammbäumen berechnet nach *parsimony* aufwies. Die Gruppe der Pycnoascoma-Bildner wurde nicht aufgelöst. Die Gruppe mit dem Knäueltyp clusterte zwar zusammen, erhielt aber mit 74% keine sehr starke Unterstützung in bootstrap-Analysen. Wiederum clusterten *Lichinella* und *Peccania* außerhalb einer sehr gut gestützten Hauptgruppe der Lichinaceae, die auch in dieser Analyse *Heppia* einschloß.

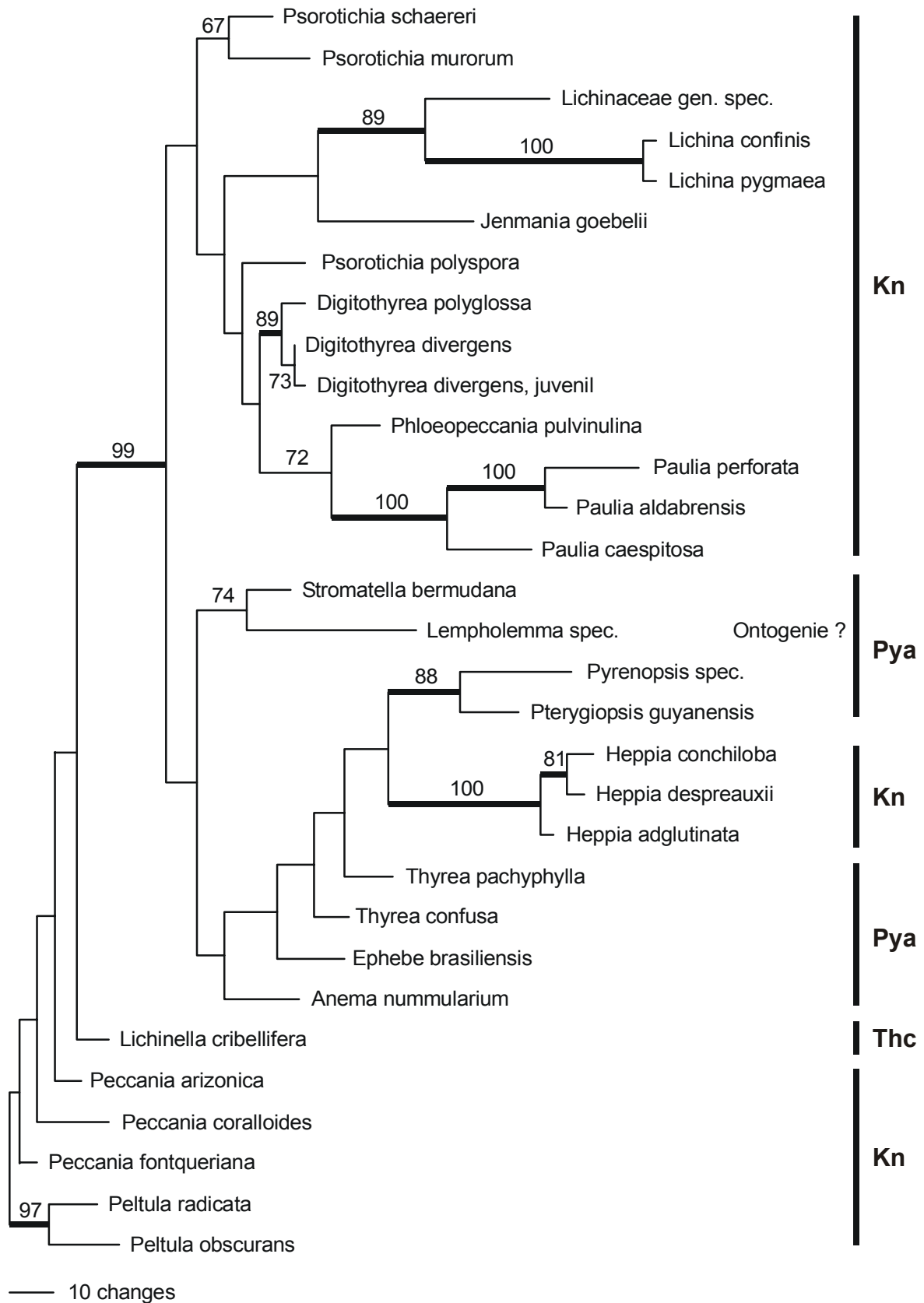


Fig. 7: 18S rDNA Phylogenie nach *parsimony*; der wahrscheinlichere von 2 gleich sparsamen Bäumen; bootstrap-Werte nach 500 replicates. Kn = Knäueltyp, Pya = Pycnoasocarp, Thec = Thallinocarp.

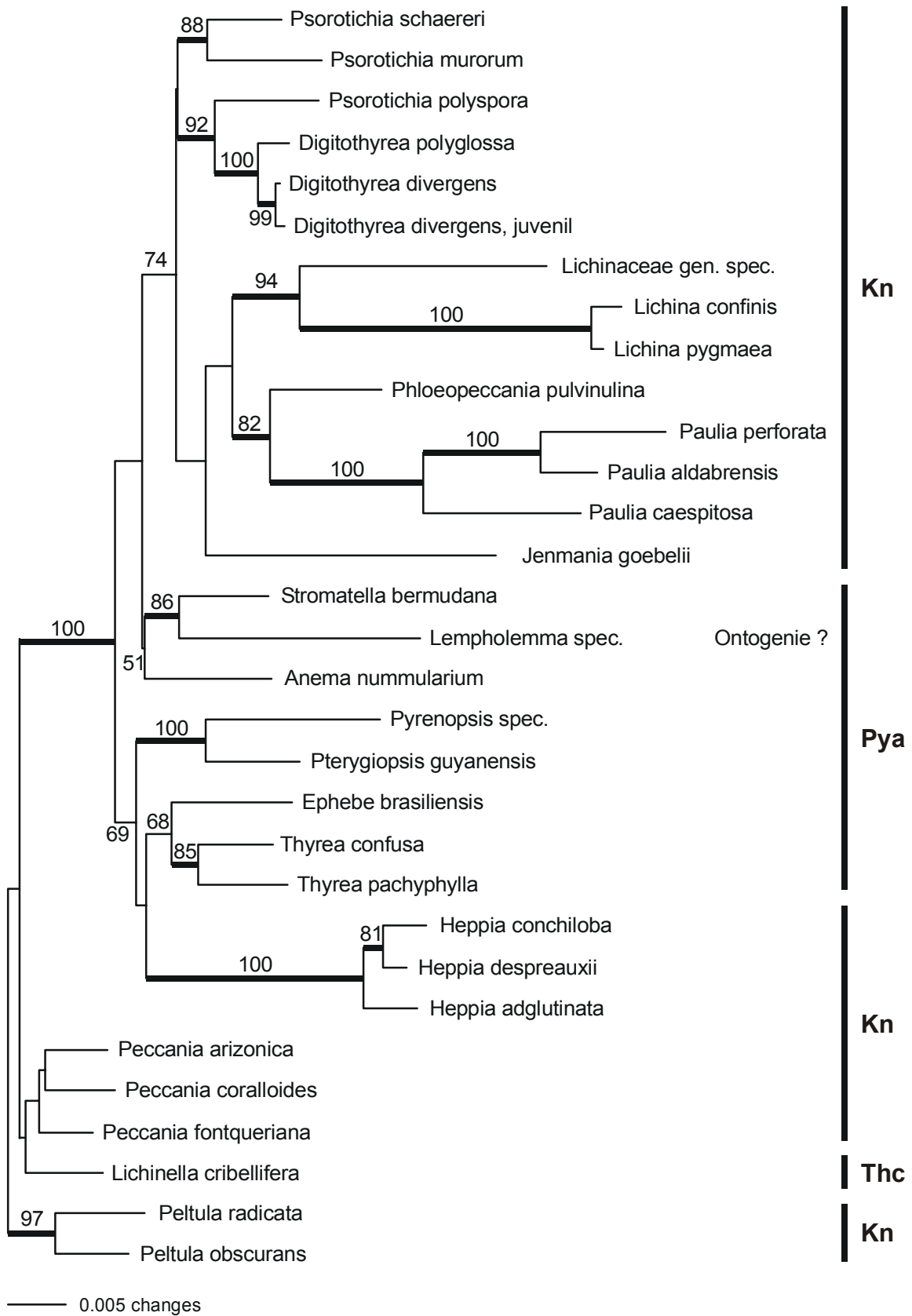


Fig. 7: 18S rDNA Phylogenie nach *neighbor joining*; der wahrscheinlichere von 2 gleich sparsamen Bäumen; bootstrap-Werte nach 500 replicates. Kn = Knäueltyp, Pya = Pycnoascocarp, Thc = Thallinocarp.

Likelihood: Für diese Berechnungen wurde zunächst eine vorläufige Analyse durchgeführt zur Ermittlung von *gamma distribution* (2,30469) und *shape-parameter* (0,116592). Der nach *heuristic search* (TBR branch swapping, 1 random addition sequence) gefundene Stammbaum wurde mit den ermittelten Parametern gespeichert. Die *transversion/transition-rate* entsprach der in den *likelihood*-Modellen nach Hasegawa-Kishino-Yano (Hasegawa et al. 1985) oder Felsenstein (1984). Die Berechnung wurde unter Annahme dieser Parameter wiederholt und die gefundenen Bäume auf signifikante Unterschiede zur ersten Analyse hin verglichen. Der beste gefundene Stammbaum ist in Figur 9 abgebildet. Bootstrap-Werte wurden aufgrund des enormen Zeitaufwandes für diese Berechnungen unter *likelihood* nicht ermittelt.

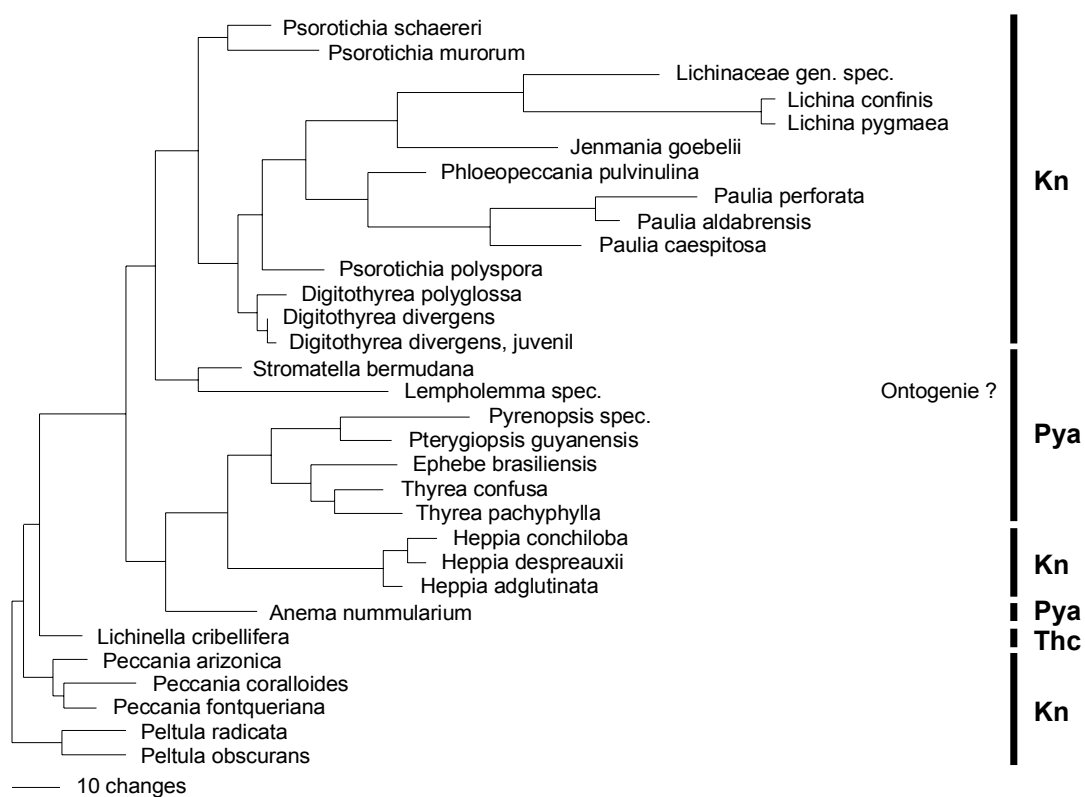


Fig. 9: 18S rDNA Phylogenie nach likelihood. Kn = Knäueltyp, Pya = Pycnoascocarp, Thc = Thallinocarp.

Für die vier aus den *parsimony*-, *distance*- sowie *likelihood*-Berechnungen erhaltenen Topologien wurden die Wahrscheinlichkeiten (*likelihood scores*) berechnet und auf signifikante Unterschiede hin verglichen (Test nach Kishino & Hasegawa 1989; implementiert in PAUP). Als *likelihood*-Modell wurde Hasegawa-Kishino-Yano (1985) gewählt. Tabelle 3 (S. 62) zeigt das Ergebnis.

Stammbaumberechnung nach ...	-ln likelihood	s.d.	T	P
maximum parsimony				
1. Baum	7186,01694	0,00000	0,0000	1,0000
2. Baum	7187,03441	5,21998	0,1949	0,8455
likelihood	7199,96520	28,10822	0,4962	0,6198
neighbor joining	7227,01004	30,73509	1,1711	0,2417

Tab. 3: Kishino-Hasegawa-Testergebnisse für vier 18S rDNA-Stammbaumtopologien berechnet nach *parsimony*, *distance* und *likelihood*.

Figur 10 (S. 64) zeigt den *strict consensus*-Stammbaum aus den vier Phylogenien. Es wurden einige klassische Merkmalskomplexe in das Kladogramm integriert, um die Homogenität bzw. Inhomogenität in der Verteilung dieser Merkmale in den Lichinaceae aufzuzeigen.

Komplex Ascoma-Ontogenie

Kn (hellgrau) - Die Arten mit **Knäueltyp** der Fruchtkörperanlage (i.w.S.) verteilen sich auf drei Bereiche.

- die monophyletische, aber in bootstrap-Analysen nicht gestützte Gruppe mit *Psorotichia*, *Digitothyrea*, *Lichina*, *Jenmania*, einer unbeschriebenen Art der Lichinaceae, *Phloeopeccania* und *Paulia*.
- die nicht aufgelöste Gruppe um *Peccania coralloides* und *P. fontqueriana* (= *Peccania* s.str.); und *P. arizonica* (ohne die charakteristischen Merkmale der Gattung aber mit kleinstrauchigem Wuchs).
- die Gattung *Heppia* mit drei Arten.

Py (mittelgrau) - Die Beziehungen in der Gruppe der **Pycnoascoma-Bildner** mit *Anema*, *Stromatella*, *Ephebe*, *Thyrea*, *Pyrenopsis* und *Pterygiopsis* sind nur teilweise aufgelöst, und es besteht eine Beziehung zu *Heppia*.

Thc (dunkelgrau) *Lichinella* bildet **Thallinocarpien** und clustert außerhalb der „Kerngruppe der Lichinaceae“ in einem nicht aufgelösten Verhältnis zu den *Peccania*-Arten.

(?) Der Ontogeneseweg der *Lempholemma*-Art konnte bislang nicht aufgeklärt werden.

Komplex Thallusanatomic

- A** - paraplectenchymatisch
- B** - heteromer (mit Zentralstrang)
- C** - locker netzig
- D** - streng senkrecht

Komplex Wuchsform

- crust** - krustig
- squam** - schuppig
- fol** - blättrig
- frut** - strauchig, reich verzweigt
- sfrut** - zwergig strauchig, kaum verzweigt
- filam** - filamentös

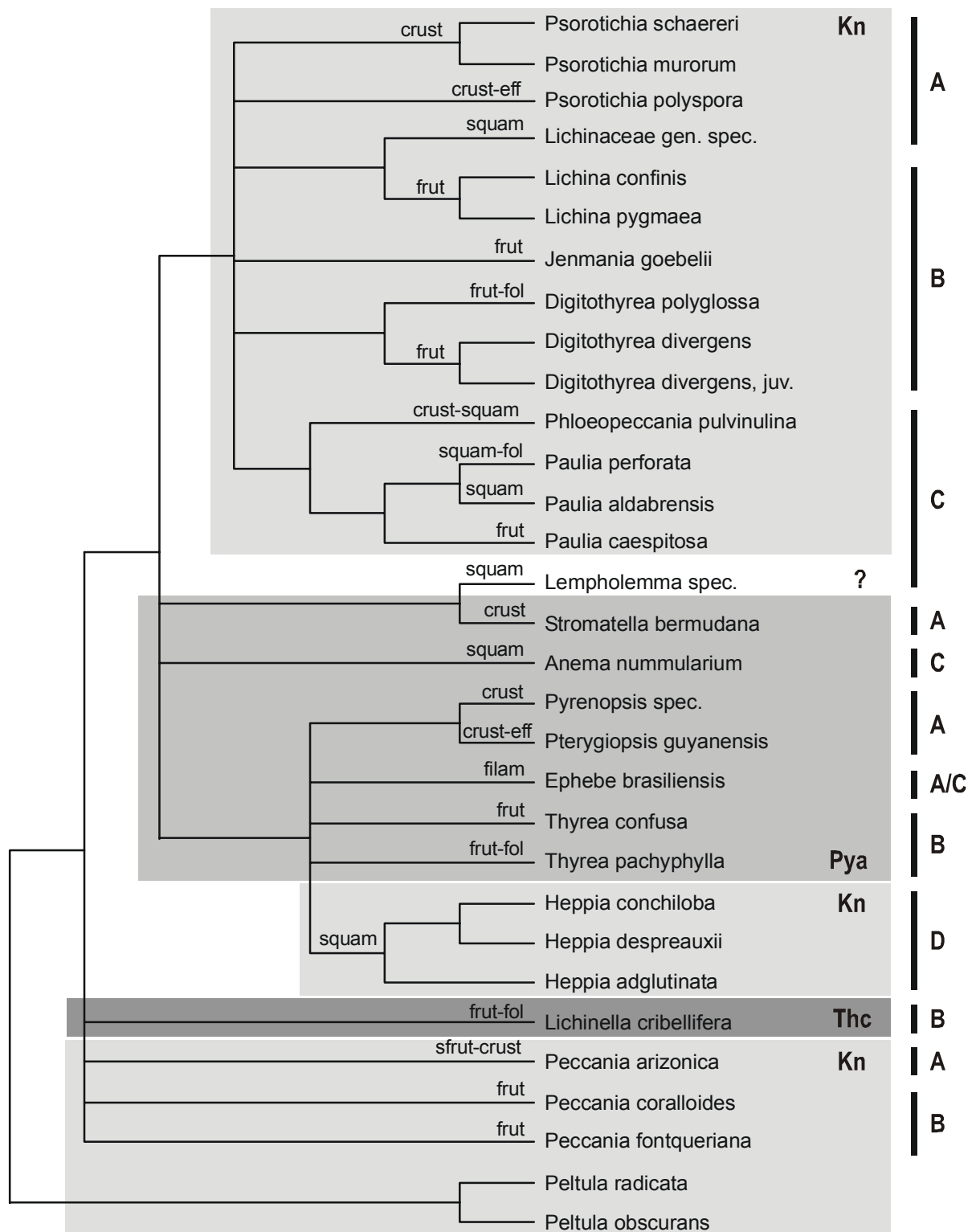


Fig. 10: Strict consensus-Stammbaum aus 18S rDNA-Analysen nach *parsimony*, *neighbor joining* und *likelihood* und Verteilung dreier morphologischer Merkmalskomplexe; nähere Erläuterungen im Text.

Mit „Modeltest 3.0“ (Posada & Crandall 1998) wurde schließlich das am besten zum Datensatz passende *likelihood*-Modell ermittelt: TrNef+I+G (Tamura & Nei 1993 + equal base frequencies + proportion of Invariable sites + Gamma distribution shape parameter).

Nach obigem Modell ergaben sich folgende Werte für den als Ausgangspunkt der *likelihood score*-Berechnung nach verschiedenen Basensubstitutionsmodellen ermittelten Stammbaum:

score: $-\ln L = 6700,5127$

Rate matrix:

R(a) [A-C] = 1,0; R(b) [A-G] = 3,9946; (c) [A-T] = 1,0; R(d) [C-G] = 1,0; R(e) [C-T] = 5,2639;
R(f) [G-T] = 1,0

Base frequencies:

equal frequencies

Among-site rate variation:

proportion of invariable sites (I) = 0,6544

Variable sites (G) Gamma distribution shape parameter = 0,6281

Eine Stammbaumberechnung unter Annahme dieser Parameter konnte aufgrund mangelnder Rechenkapazität nicht beendet werden.

Topological constraints: Aus den bisherigen Resultaten ergab sich eine Reihe weiterer Fragestellungen zur Verteilung nichtmolekularer Merkmale in den molekularen Stammbäumen. Um die Monophylie bestimmter Artengruppen basierend auf klassischen Merkmalen mittels molekularer Daten zu testen, wurden folgende Nullhypothesen formuliert, als *topological constraints* in die 18S rDNA Stammbaumanalyse eingebunden und diese anschließend wiederholt.

1. Monophylie aller Taxa mit Pycnoascomata (pycnoasc.)
2. Monophylie aller Taxa mit dem Knäueltyp der Ascoma-Anlage (i.w.S.) (knäuel1)
3. Monophylie aller Taxa mit dem Knäueltyp der Ascoma-Anlage aber ohne *Peccania* (knäuel2)
4. Monophylie aller Taxa mit dem Knäueltyp der Ascoma-Anlage aber ohne *Peccania* und *Heppia* (knäuel3)
5. Monophylie aller Taxa der Lichinaceae sensu Henssen, also exklusive *Heppia* (lichinac.)
6. Monophylie aller Taxa mit locker netziger, homöomerer Anatomie (homöomer)
7. Monophylie aller Taxa mit geschichteter, heteromerer Anatomie (d.h. mit Zentralstrang u.ä.) (heteromer)

8. Monophylie aller Taxa mit paraplectenchymatischer Anatomie (paraplect.)
9. Monophylie aller Taxa mit krustigem Wuchs (krustig)
10. Monophylie aller Taxa mit strauchig bis blättrigem Wuchs (str/blättr.)
11. Monophylie von *Peccania arizonica*, *P. coralloides* und *P. fontqueriana* (peccania s.l.)
12. Monophylie der Arten *Peccania coralloides* und *P. fontqueriana*, also exklusive *P. arizonica*, die von *Peccania* s.str. in einigen Merkmalen abweicht (peccania s.str.)
13. Monophylie der Gattung *Thyrea* s.l., also inkl. *Digitothyrea* (thyr/digitothyre.)
14. Monophylie der Gattung *Psorotichia* (psorotichia).

Die Stammbaumberechnung unter *topological constraints* erfolgte mittels *parsimony* unter gleichen sonstigen Bedingungen wie zuvor. Die Wahrscheinlichkeit des oder der so erhaltenen Stammbäume wurde gegen den wahrscheinlicheren der beiden gleich sparsamen Stammbäume aus der *parsimony*-Analyse ohne topologische Bedingung getestet (Kishino & Hasegawa 1989). Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse.

Constraints	-ln likelihood	T	P	Hypothese...
most parsimonious tree*	6961,94570			
1. pycnoasc.; 8 Bäume*	6969,03602 .. 6976,86928	0,3308 .. 0,6154	0,7409 .. 0,5384	nicht abgewiesen
2. knäuel1; 4 Bäume*	7055,48906 .. 7062,90678	2,7811 .. 3,4004	0,0055 .. 0,0010	abgewiesen
3. knäuel2; 1 Baum*	6980,83882	0,7350	0,4625	nicht abgewiesen
4. knäuel3; 1 Baum*	6980,83882	0,7350	0,4625	nicht abgewiesen
most parsimonious tree	7186,01694			
5. lichinac.; 12 Bäume	7247,76545 .. 7259,18912	2,0779 .. 2,7044	0,0379 .. 0,0069	abgewiesen
6. homoeomer; 22 Bäume	7453,18223 .. 7464,56458	6,0099 .. 6,6778	alle <0,0001	abgewiesen
7. heteromer; 7 Bäume	7460,88656 .. 7472,13929	6,1989 .. 6,6407	alle <0,0001	abgewiesen
8. paraplect.; 7 Bäume	7478,84319 .. 7482,53442	5,7577 .. 5,9588	alle <0,0001	abgewiesen
9. krustig; 6 Bäume	7513,71993 .. 7518,24039	6,0716 .. 6,6431	alle <0,0001	abgewiesen
10. str/blättr.; 24 Bäume	7599,10824 .. 7616,44009	7,1511 .. 7,6809	alle <0,0001	abgewiesen
11. peccania s.l.; 6 Bäume	7187,46369 .. 7194,51955	0,1761 .. 0,4800	0,8907 .. 0,6313	nicht abgewiesen
12. peccania s.str.; 14 B.	7187,46360 .. 7195,71484	0,1374 .. 0,5047	0,8907 .. 0,6138	nicht abgewiesen
13. thyr/digitothyre.; 15 B.	7296,27724 .. 7301,31435	2,8627 .. 3,2253	0,0042 .. 0,0013	abgewiesen
14. psorotichia; 1 Baum	7208.60243	0,8183	0,4133	nicht abgewiesen

Tab. 4: Kishino-Hasegawa-Testergebnisse für den *likelihood score*-Vergleich zwischen dem *most parsimonious tree* und den *constraint trees*. * Für die Berechnung dieser Bäume wurde die Sequenz von *Lempholemma* spec. ausgeklammert, da deren Ontogeneseweg nicht aufgeklärt werden konnte.

4.2.7. Kombinierte Analyse von Sequenz- und morphologischen Daten

Vor der gemeinsamen Analyse morphologischer und molekularer Daten wurde ein *partition-homogeneity*-Test (implementiert in PAUP) durchgeführt. Der P-Wert nach 700 *random replicates* lag bei ca. 0,44. Damit sind beide Datensätze nicht signifikant voneinander verschieden.

Die Datenmatrices aus 4.2.5. und 4.2.6. wurden zu einer einzigen Matrix zusammengeführt, welche schließlich 1859 Merkmale umfaßte. Davon wurden wiederum 17 Basenpositionen ausgeklammert sowie drei konstante oder problematische morphologische Merkmale (17, 36, 47). Von den verbliebenen 1839 Merkmalen waren 1460 konstant, 131 *parsimony uninformative* und 248 *parsimony informative*.

Die Stammbaumanalyse mit allen Merkmalen ungeordnet und bei gleicher Gewichtung lieferte 8 Stammbäume von 901 Schritten, einem CI von 0,525 und einem RI von 0,628. Bootstrap-Werte wurden durch 500 replicates ermittelt.

Figur 11 (S. 68) zeigt den *consensus*-Stammbaum. Unterschiede in der Topologie bestanden nur in der Position von *Peltula* relativ zu *Peccania* und *Lichinella*. Der Stammbaum ähnelte denen aus der Analyse der Sequenzdaten, nur daß *Heppia* nun aus der Gruppe der Pycnoascoma-Bildner herausfiel. Die starke Unterstützung durch bootstrap-Werte für eine Gruppierung von *Heppia* mit der Mehrzahl der Lichinaceae (ohne *Lichinella*, *Peccania*) blieb dagegen bestehen.

In einer **zweiten** Analyse wurden die morphologischen Merkmale gewichtet (wie in 4.2.5.) und die Berechnung wiederholt. Es wurde ein einziger Stammbaum berechnet von 1307 Schritten, einem CI von 0,507 und RI von 0,644. Der Baum war zwar erheblich länger als jene der ersten Analyse unter gleicher Gewichtung - dafür war er aber vollständig aufgelöst.

Figur 12 (S. 69) zeigt den Stammbaum mit bootstrap-Werten nach 500 Wiederholungen. Die Topologie des Stammbaums ist ähnlich wie die bei der Berechnung ohne Gewichtung. Die Gattung *Heppia* stand nun wie in den molekularen Phylogenien mit den Pycnoascoma-Bildnern auf einem Ast, der aber nicht gestützt wurde. Auffällig war allerdings, daß die in bisherigen Analysen stark gestützte Gruppierung von *Heppia* mit den Lichinaceae exklusive *Peccania* und *Lichinella* deutlich weniger unterstützt war.

In der **dritten** Analyse wurden die morphologischen Merkmale geordnet. Alle Merkmale blieben aber gleich gewichtet. Die Berechnung ergab drei gleich sparsame Stammbäume von 935 Schritten, einem CI von 0,509 und einem RI von 0,623. Die Topologien glichen jenen aus der ersten Analyse ohne Ordnung der Zustände morphologischer Merkmale.

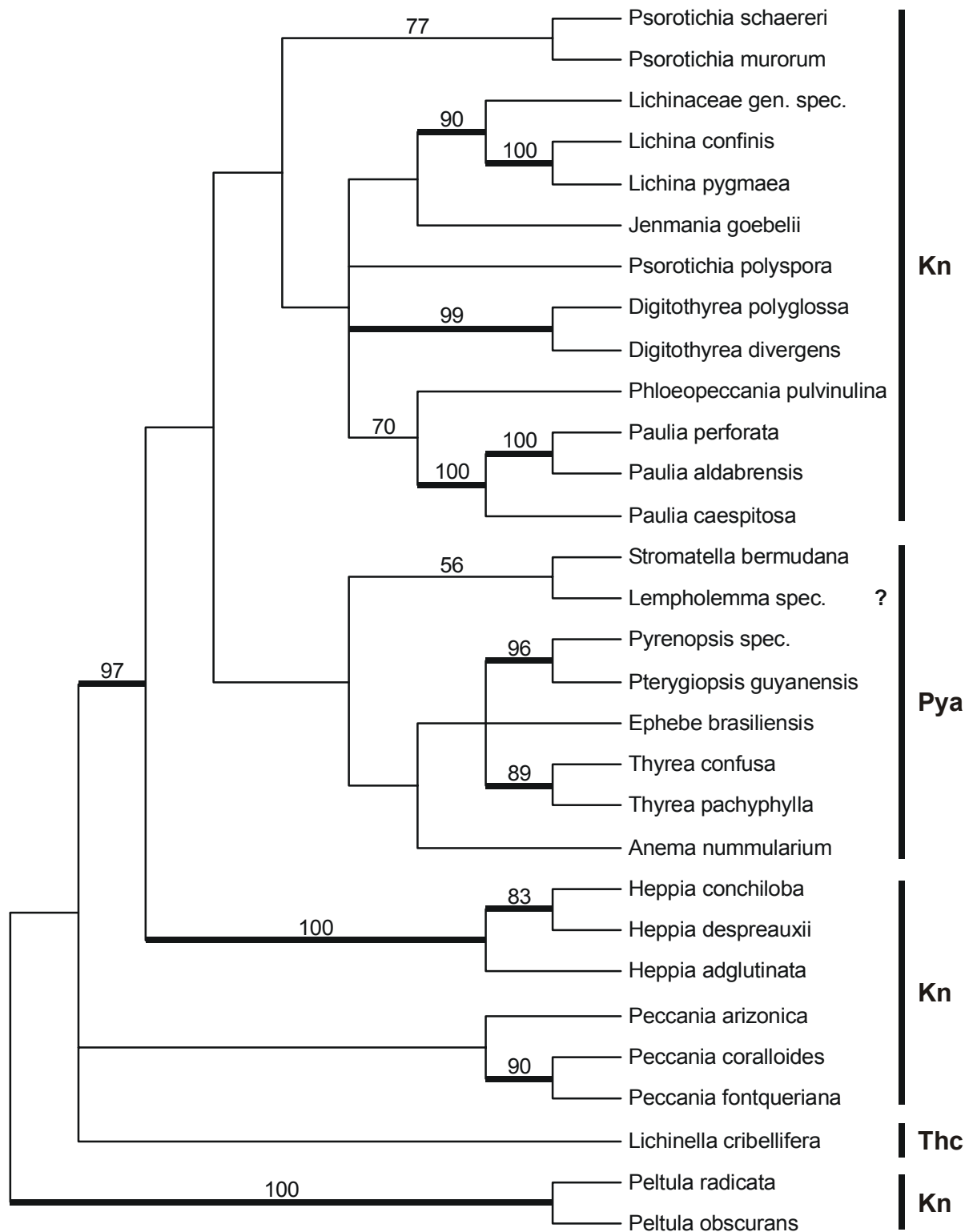


Fig. 11: Consensus-Stammbaum aus 8 gleich sparsamen Stammbäumen nach *parsimony*-Analyse einer gemischten Matrix aus 18S rDNA und morphologischen Daten; alle Merkmale ungeordnet und gleich gewichtet. Zahlen sind bootstrap-Werte nach 500 replicates. Kn = Knäueltyp, Pya = Pycnoascocarp, Thc = Thallinocarp.

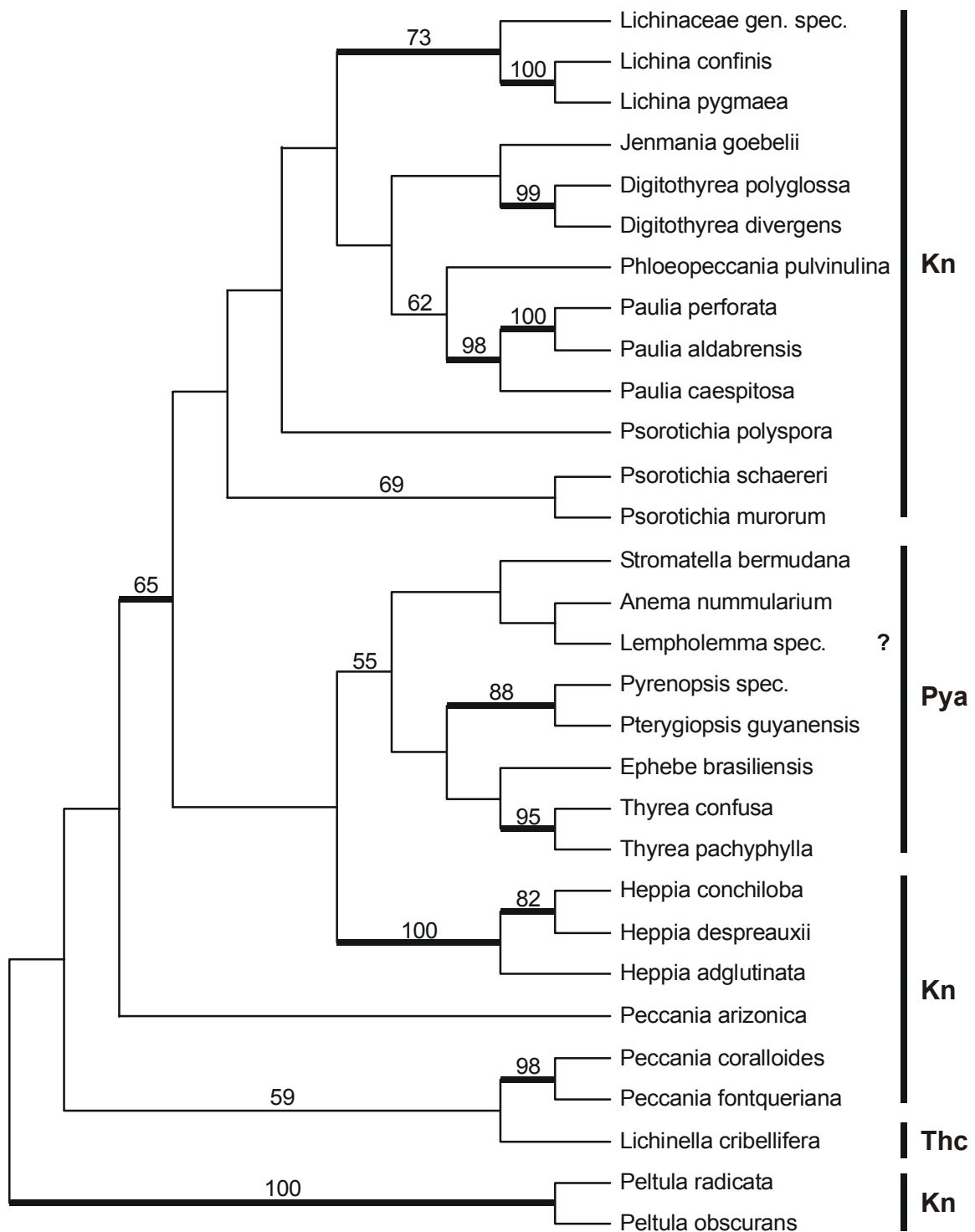


Fig. 12: Stammbaum nach *parsimony*-Analyse einer gemischten Matrix aus 18S rDNA und morphologischen Daten; alle Merkmale ungeordnet aber die morphologischen stärker gewichtet. Zahlen sind bootstrap-Werte nach 500 replicates. Kn = Knäueltyp, Pya = Pycnoascocarp, Thc = Thallinocarp.

In der **vierten** Analyse wurden wiederum Gewichte für die geordneten morphologischen Daten verteilt. Die Analyse ergab nur zwei Stammbäume. Diese hatten eine Länge von 1419 Schritten sehr ähnlicher Topologie wie zuvor und wurden daher nicht weiter untersucht.

Die kombinierte Analyse morphologischer und molekularer Daten ergab, daß die Berechnung bei unterschiedlicher Gewichtung und/oder Ordnung der Zustandsänderung für die morphologischen Merkmale nach Schritten längere Stammbäume liefert als die Berechnung ohne Gewichtung und/oder Ordnung. Allerdings waren diese längeren Stammbäume i.d.R. besser aufgelöst; in einem Fall sogar vollständig. Die Verteilung von Gewichten oder die Ordnung der Merkmalsänderungen führten zu einem leicht erniedrigten CI, während der RI leicht anstieg.

4.2.8. Formulierung einer integrierenden Verwandtschaftshypothese

Die Ergebnisse nach den verschiedenen bei der Stammbaumsuche verfolgten Wegen wiesen erstaunliche Übereinstimmungen auf (z.B. Gruppe der Pycnoascoma-Bildner). Bestimmte Fragestellungen ließen sich konfliktfrei beantworten. Daneben traten einige Diskrepanzen auf. Die Positionen der Gattungen *Peccania* und *Lichinella* in den morphologischen Stammbäumen standen z.T. in klarem Widerspruch zu den Ergebnissen der Sequenzanalysen. Ähnliches traf auf die Gattung *Heppia* zu. Nach Abwägung aller Befunde kristallisierten sich folgende Ergebnisse heraus:

- die Ascoma-Ontogenie spielt bei dem Versuch einer natürlichen Systematisierung in den Lichinales eine entscheidende Rolle, muß aber sehr differenziert betrachtet werden
- Wuchsform, Anatomie und Baumerkmale der Ascomata taugen nicht zur Auffindung großer monophyletischer Einheiten innerhalb der Lichinales; diese Merkmalskomplexe enthalten ein hohes Maß an parallelen Entwicklungen; unter dieser Annahme können sie aber zur Abgrenzung kleinerer natürlicher Einheiten beitragen
- die Lichinaceae mit Pycnoascomata bilden eine monophyletische Einheit
- mit dem Knäueltyp i.w.S. können keine monophyletischen Einheiten in den Lichinaceae begründet werden, da er wahrscheinlich von gemeinsamen Vorfahren bereits übernommen wurde (Symplesiomorphie)
- die Lichinaceae in ihrer derzeitigen Fassung sind nicht monophyletisch
- die Gattung *Heppia* ist näher mit der Mehrzahl der Lichinaceae verwandt als mit *Peltula*
- die Gattung *Lichinella* mit dem Ontogenie-Typ Thallinocarp ist sehr wahrscheinlich nicht unmittelbar mit der Hauptgruppe der Lichinaceae verwandt

- die Gattung *Peccania* ist sehr wahrscheinlich nicht unmittelbar mit der Hauptgruppe der Lichinaceae verwandt
- die basalen phylogenetischen Beziehungen zwischen den Teilgruppen der Lichinaceae s.l. (also inklusive *Heppia*, *Gloeoheppia*) sind unklar
- um den Peltulaceae eine gut begründete, monophyletische Schwestergruppe gegenüberzustellen, müssen die Lichinaceae erweitert werden, so daß sie die Heppiaceae und (sehr wahrscheinlich) die Gloeoheppiaceae einschließen. Diese Gruppe kann einigermaßen überzeugend auf das Merkmal prototunicater Ascus gegründet werden, wenn man ein paralleles Entstehen rostrater Ascus in *Euopsis* sowie *Harpidium* und *Pyrenopsis* akzeptiert.

Der Stammbaum in Figur 13 faßt die Ergebnisse zusammen. Auf die detaillierte Gliederung der „restliche Knäuelbildner“ und Pycnoascoma-Bildner wurde verzichtet. Bis auf die Position von *Peccania* würde diese Gliederung weitestgehend mit der in den manuell erstellten Stammbäumen übereinstimmen (Fig. 4a, b; S. 53).

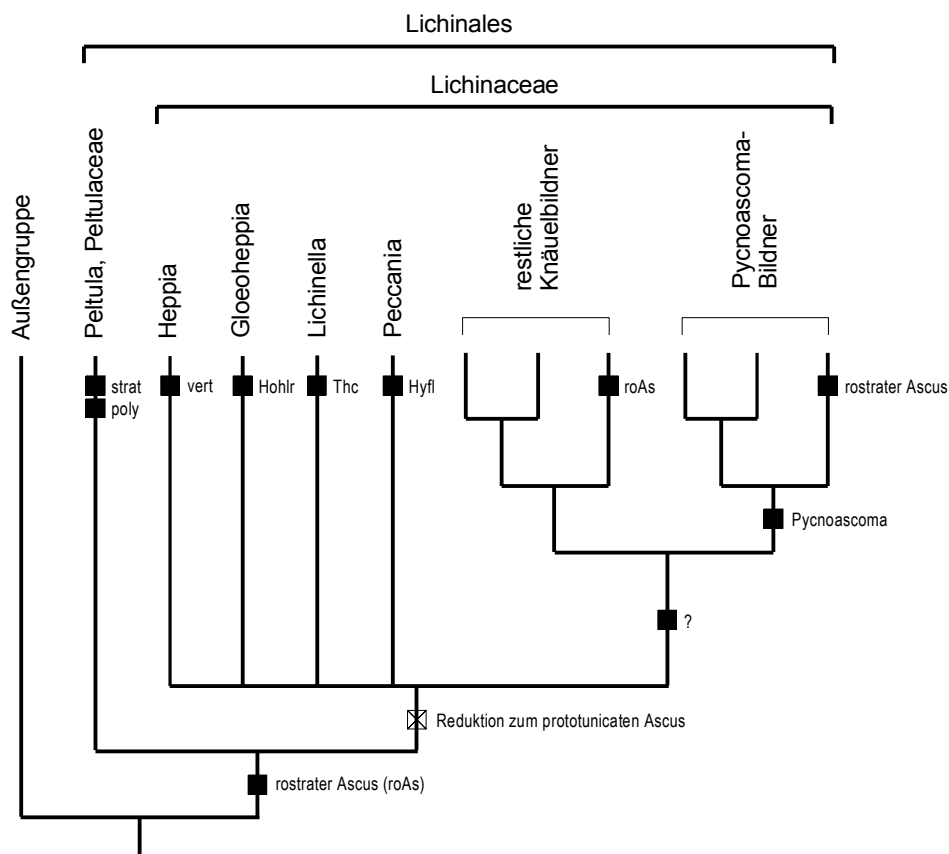


Fig. 13: Stammbaum basierend auf den zusammengefaßten Ergebnissen der Abschnitte 4.2.4.-4.2.7. roAs - rostrater Ascus (!); strat - echt stratifiziertes Lager; poly - Sporen >64; vert - streng senkrechte Anatomie; Hohlr - Hohlräume (?); Thc - Thallinocarp; Hyfl - rot- bis braunfleckiges Hymenium. Gut gestützte Äste in molekularen Untersuchungen sind die Lichinales, Lichinaceae i.w.S., *Peltula*, *Heppia* sowie die Befunde, daß *Lichinella* und *Peccania* außerhalb der Hauptgruppe der Lichinaceae i.e.S. clustern.

4.3. Klassifikatorisch-nomenklatorischer Teil

Im Zuge der Bearbeitungen wurden Unstimmigkeiten in der Gattungszuordnung mancher Arten festgestellt und sind z.B. im Schlüssel mit Anführungszeichen gekennzeichnet. Einige dieser Fälle konnten durch die Untersuchung des verfügbaren Typusmaterials geklärt werden. In diesen Fällen wurden die notwendigen Umkombinationen und Synonymisierungen bei den entsprechenden Gattungen in Abschnitt 4.3.4. vorgenommen. Allerdings verstehen sich alle neuen oder emendierten Namen nach Artikel 34.1. (b) des „International Code of Botanical Nomenclature“ (Tokyo-Code) als „provisional names“. Die gültige Publikation der Namensänderungen wird hiermit für eine spätere Veröffentlichung in Aussicht gestellt. Dies gilt auch für die Familiennamen und subordinierte Taxa.

4.3.1. Die Ordnung Lichinales

Die Emendierung der Ordnung nach vorliegenden Ergebnissen soll in Schultz et al. (2000a) vorgenommen werden.

Lichinales Henssen & Büdel, Syst. Ascomycet. 5: 138 (1986)

Die Familien Lichinaceae, Peltulaceae und Heppiaceae bilden eine monophyletische Gruppe. Das Schwestergruppenverhältnis der Lichinales ist in 18S rDNA Sequenzanalysen zwar nicht aufgelöst worden, nichtmolekulare Daten unterstützten aber die Lecanorales oder eine Teilgruppe daraus als Adelphotaxon (Schultz et al. 2000a). Sequenzdaten von Arten der Gloeopheppiaceae konnten nicht gewonnen werden. Nach Beurteilung von Struktur und Anlage der Apothecien sowie dem Ascustyp (s. Henssen 1995) kann diese Gruppe jedoch problemlos in den Lichinales verbleiben (s. auch 5.3.5.).

4.3.2. Die Familie Lichinaceae

Lichinaceae Nyl., Mem. Soc. Sc. Nat. Cherbourg 2: 8 (1854) em. Henss., Symb. Bot. Upsal. 18: 19 (1963)
em. nov. Schultz

Typusart: *Lichina pygmaea* (Lightf.) C.A.Ag. nom. cons.

Syn.: Ephebeaceae Th.Fr., Nova Acta Reg. Soc. Scient. Upsal. 3: 389 (1861)

Gloeopheppiaceae Henss., Lichenol. 27: 266 (1995)

Harpidiaceae Vězda ex Hafellner, Nova Hedwigia Beih. 79: 283 (1984)

Heppiaceae Zahlbr., in Engler & Prantl, Nat. Pflanzenfam. 1(1): 176 (1906)

Omphalariaceae (Massal.) Körb., Syst. Lich. Germ.: 422 (1855)

Porocyphaceae Korb., Syst. Lich. Germ.: 425 (1855)

Phylliscaceae Th.Fr., Nova Acta Reg. Soc. Scient. Upsal 3: 388 (1861)

Pyrenopsidaceae Th.Fr., Nova Acta Reg. Soc. Scient. Upsal. 3: 384 (1861).

Familie cyanokakterieller Flechten, sehr selten mit Grünalgen. Lager gewöhnlich gallertig, schwarz, klein, Sporen einfach, hyalin, 8-32. Die Lichinaceae enthalten die Familien Lichinaceae sensu Henssen (1963a), Heppiaceae Zahlbr. und Gloeopheppiaceae Henss.

Henssen (1963a, S. 15) bemerkt zur Wahl des Familiennamens bei einer Synonymisierung der Lichinaceae mit den Epebaceae Th.Fr. (Fries 1861): „Der Name *Lichinaceae* als der ältere (*Lichineae* Mont. 1846) ist für diese Familie gültig.“ Nach dem „International Code of Botanical Nomenclature“ (Tokyo-Code) ist der Name „Lichinées Montg.“ (so lautet die exakte Schreibweise in Montagne 1846) ungültig, da er (1) keine latinisierte Endung besitzt (Art. 18.4.Ex.7), und (2) die Diagnose fehlt (Art. 36.1). Somit ist der Name *Lichinaceae* Nyl., wie oben zitiert, der korrekte. Die von Henssen (1963a, S. 19) vorgenommene Emendierung der Lichinaceae ist davon jedoch nicht betroffen, da die Typusart der Familie nicht ausgeschlossen wurde und somit der Autor des ältesten gültigen Namen (also Nylander) beibehalten wird (Art. 47.1.). Das gilt auch für die hier vorgenommene Emendierung.

Die Familie Lichinaceae sensu Henssen (1979) und Henssen et al. (1987) ist sehr heterogen. Letztlich ist allen Arten nur der Besitz einzelliger, hyaliner Sporen gemein. Erhebliche Unterschiede bestehen in Ascomaontogenese, Ascustyp, 18S rDNA Sequenzdaten sowie Ascosporenzahl, Conidiomata, Anatomie, Morphologie und Art des Photobionten. Auf dieser Grundlage konnte die Familie in ihrer bisherigen Umschreibung nicht mehr als eigenständige, monophyletische Gruppe aufrechterhalten werden. Klare Grenzen innerhalb der Familie ließen sich jedoch vor allem anhand der Ascomaontogenie sowie auf höherer Ebene anhand der anatomischen Verhältnisse ziehen, die z.T. auch sehr gut von molekularen Daten gestützt werden (s. Tab. 4, S. 66; Fig. 7-10, S. 60-62, 64). Innerhalb der Lichinaceae bildeten jene Arten eine monophyletische Gruppe, die als gemeinsames, apomorphes Merkmal die Anlage von Pycnoascomata besitzen (Fig. 4b, S. 53; Fig. 13, S. 71). Folgende weitere Gruppen ließen sich abgrenzen: *Heppia*, *Lichinella*, *Peccania* sowie eine Gruppe „restlicher Knäuelbildner“. Die beiden großen Gruppen der „restlichen Knäuel“- und Pycnoascoma-Bildner standen in einem nicht weiter gefestigten Schwestergruppenverhältnis. Die Beziehungen dieser Gruppen untereinander blieben unaufgelöst, während alle zusammen als monophyletische Einheit begründet werden konnten. Um die Familie Lichinaceae als natürliches Taxon zu erhalten,

mußte daher die Gattung *Heppia* eingeschlossen werden. Die Familie Heppiaceae mußte in Synonymie zur Familie Lichinaceae gestellt werden, ebenso die Gloeopheppiaceae (s. 5.3.4.). Innerhalb der Lichinales bleiben nur die Peltulaceae und die Lichinaceae im neu emendierten Sinne bestehen. Basierend auf den vorliegenden Ergebnissen und Figur 13 (S. 71) wird das folgende geschriebene System aufgestellt.

Lichinales

Peltulaceae

Lichinaceae

- Heppioidae (ehem. Heppiaceae)

Heppia

- Gloeopheppioidae ? (ehem. Gloeopheppiaceae)

Gloeopheppia, Pseudopeltula, Gudelia

- Thallinocarpoidae

Lichinella, Edwardiella?, Thermutopsis?

- Peccanioidae

Peccania

- Lichinoidae

* Pycnoascomatae

Anema, Calotrichopsis, Cryptothele, Ephebe, Harpidium, „Jenmania osorioi“, Lempholemma p.p., Lichina p.p., Lichinodium saxicola, Phylliscidium, Phyllisciella, Phylliscum, Porocyphus, Pterygiopsis p.p., Pyrenopsis, Stromatella, Thermutis, Thyrea

* Apycnoascomatae

Digitothyrea, Euopsis, Jenmania goebelii, Lecidopyrenopsis, Leprocollema, Lemmopsis, Lempholemma p.p., Lichina p.p., Lichinodium ahlneri, Metamelanea, Paulia, Phloeopeccania, Psorotichia (inkl. Pyrenocarpon u. Thelochroa?), Pterygiopsis p.p., Synalissa, Thelignya, Zahlbrucknerella

Die darauf aufbauende Klassifikation wird wie folgt vorgenommen.

Klasse: Lecanoromycetes (?)

Ordnung: Lichinales

1. Familie: Peltulaceae

2. Familie: Lichinaceae em. nov. (mit 5 Unterfamilien)

1. Heppioidae stat. nov.

2. Gloeopheppioidae stat. nov.

3. Thallinocarpoidae nom. prov.

4. Peccanioidae nom. prov.

5. Lichinoidae nom. prov. (mit zwei Untergruppen)

1. Pycnoascomatae nom. prov.

2. Apycnoascomatae nom. prov.

4.3.3. Schlüssel zur Bestimmung der Gattungen

Es wurde auf das Merkmal Fruchtkörperentwicklung fast vollständig verzichtet, da man zur sicheren Beurteilung Gefrierschnitte benötigt. Einige anatomische Details zur Form der Hyphen und zur allgemeinen Lagerbeschaffenheit waren allerdings unverzichtbar. Es wurde dazu an dünnen Handschnitten geprüft, ob diese Merkmale bei der Bestimmung nachvollziehbar sind. Die geographischen Angaben sollen lediglich Hinweise geben, sie taugen aber als letzte Entscheidungshilfe nur bedingt, da diese Daten nach wie vor sehr lückenhaft sind. Monotypische Gattungen erscheinen mit dem dazugehörigen Artnamen und sind fett gedruckt. Wird eine einzelne Art gesondert von den anderen Arten der Gattung ausgeschlüsselt, erscheint der Name in Klammern und ist nicht fett gedruckt.

Synopsis

a	Lager subgelatinös, nicht deutlich aufquellend wenn befeuchtet, Lagerfarbe gew. nicht schwarz sondern dunkel bis gelblich olivgrün, selten auch weißlich od. grau bereift, manchmal mit Bortensoralen	2
a	Lager gelatinöse, deutlich aufquellend wenn befeuchtet, gew. schwarz gefärbt; falls subgelatinös, dann Lager nicht schuppig od. krustig sondern blättrig bis strauchig (manche <i>Phylliscum</i> -Arten)	b
b	Flechte mit coccalen Grünalgen	4
b	Flechte stets mit Cyanobakterien	c
c	Flechten mariner Habitats	5
c	Flechten nichtmariner Standorte	d
d	Flechte auf Borke od. Zweigen	7
d	Flechte auf blankem Fels, Bodenkrusten auf Fels, Boden od. über Moosen	e
e	Wuchsform fädig bis zwergig strauchig, bestimmt durch Wuchsform des fädigen Photobionten	9
e	Wuchsform verschieden aber bestimmt durch Wuchsform des Photobionten, wenn dieser fädig ist.....	f
f	Fruchtkörper sind Thallinocarpien, „Hymenium“ von sterilen Lagerteilen bedeckt	14
f	Fruchtkörper sind normale Apothecien	g
g	mit <i>Nostoc</i> als Photobiont, Zellen in perlschnurartigen Ketten	15
g	nicht mit <i>Nostoc</i> , Zellen nicht perlschnurartig	h
h	mit Rivulariaceae als Photobiont, Trichome apikal verjüngt, basal oft mit Heterocyte	17
h	nicht mit Rivulariaceae, sondern coccalen Photobionten und ohne Heterocyten	i
i	Thallus strauchig	20
i	Thallus nicht strauchig	k
k	Thallus blättrig	28
k	Thallus nicht blättrig	l
l	Thallus schuppig, meist genabelt, oft rosettig	32
l	Thallus krustig (körnig, areoliert, effiguriert, placoid, koralloid)	44

Hauptschlüssel

1	Lager subgelatinös, nicht deutlich aufquellend wenn befeuchtet, Lagerfarbe gew. nicht schwarz sondern dunkel bis gelblich olivgrün, selten auch weißlich od. grau bereift, manchmal mit Bortensoralen	2
1	Lager gelatinöse, deutlich aufquellend wenn befeuchtet, gew. schwarz gefärbt; falls subgelatinös, dann Lager nicht schuppig od. krustig sondern blättrig bis strauchig (manche <i>Phylliscum</i> -Arten)	3
2	Lager mit oberem und/od. unterem Cortex, Anatomie streng senkrecht aus dicken Hyphen, Photobiont <i>Scytonema</i> ; falls Anatomie ± netzig und unberindet, dann nicht mit Hohlräumen	Heppia
2	Lager unberindet, Anatomie netzig, Thallus oft mit Hohlräumen	Gloeoheppia
3	Photobiont ist eine coccale Grünalge, Wuchsform der Flechten krustig od. kleinschuppig.....	4
3	Photobiont ist stets ein Cyanobakterium (coccal od. fädig), Wuchsform der Flechten sehr verschieden.....	5

- 4 Photobiont ist stets eine Grünalge, Sporen sichelförmig, Lager berindet **Harpidium**
- 4 Flechte fakultativ mit Grünalgen, daneben auch coccale Cyanobakterien, Sporen oval, Lager unberindet
..... **Euopsis** (granatina)
- 5 im unteren bis oberen Supralitoral kalter bis temperater Meeresküsten, Lager strauchig bis kleinstrauchig, Loben flach bis zylindrisch, gabelig od. handförmig verzweigt **Lichina**
- 5 Flechten nicht im Supralitoral der Meeresküsten; wenn auf Meeresfelsen, dann deutlich oberhalb der Spritzwasserzone **6**
- 6 epiphytisch, auf Borke od. auf Zweigen **7**
- 6 nie epiphytisch, auf Gestein od. Boden **8**
- 7 an Palmenstämmen auf der Insel Koh Chang, Thailand, Lager zwergig strauchig mit unregelmäßigen, rauhen Loben, Apothecien fast biatorin, mit dickem Eigenrand, Lagerrand zurücktretend od. fast fehlend, Photobiont ein coccales Cyanobakterium **Lecidopyrenopsis corticola**
- 7 auf Zweigen von Nadelgehölzen in der borealen Zone der nördlichen Hemisphäre, Apothecien (wenn vorhanden) sehr gallertig, ohne jede Berandung, Konidien (wenn vorhanden) groß, sichelig, Photobiont ist *Scytonema* **Lichinodium**
- 8 Lager fädig, ± niederliegend, Form des Flechtenthallus ähnelt der Form des Photobionten (ein fädiges Cyanobakterium) **9**
- 8 Flechte strauchig, blättrig, krustig oder häutig dünn; wenn mit fädigen Cyanobakterien als Photobiont, dann niemals auch der gesamte Flechtenthallus fädig **14**
- 9 Photobiont eine Rivulariaceae (basale Heterocyten teilw. gut sichtbar) oder eine Nostocaceae **10**
- 9 Photobiont *Stigonema* oder *Scytonema* **11**
- 10 mit Nostocaceae (*Tolypothrix*), Thallus ähnlich *Thermutis velutina* aber kleiner, Karibik
..... **Thermutopsis jamesii**
- 10 mit *Calothrix*, Trichome von mehrreihigem Hyphenmantel umgeben, auf feuchtem Fels in Südamerika
..... **Calotrichopsis** (filiformis)
- 11 mit *Stigonema*, echte Verzweigungen gut erkennbar **Ephebe**
- 11 mit *Scytonema*, unechte Verzweigungen in jungen Lagerteilen oft noch gut sichtbar **12**
- 12 Fäden basal zumindest stellenweise mit ein- bis mehrreihigem Hyphenstrang, Fäden oft paarig, nur an den Spitzen gew. einzeln und divergierend, Apothecien mit deutlichem Lagerrand, Asci oft polyspor
..... **Zahlbrucknerella**
- 12 ohne solchen Basalstrang, Asci immer 8-sporig **13**
- 13 Trichome des Photobionten verdreht, von den Hyphen in mehreren Reihen, mantelartig umspinnen, Apothecien stets mit Lagerrand, Eigenrand sehr dünn od. Apothecien fehlend **Lichinodium**
- 13 Hyphen locker in der Gallerte der Trichome des Photobionten, der sonst kaum verändert ist, Apothecien stets ohne Lagerrand aber mit dickem, bräunlichem Eigenrand **Thermutis velutina**
- 14 Fruchtkörper sind sog. Thallinocarpien, d.h. „Hymenium“ fleckenartig od. geschlossen bedeckt von sterilen Lagerteilen, Scheibe daher rauh od. gepunktet wirkend und feucht gew. wie das Lager gefärbt, Sporen 16-32 (bei einer Art 8), „Hymenium“ in IKI+ blau → weinrot **Lichinella** (inkl. Gonohymenia)
- 14 Fruchtkörper nicht so, Hymenium nie von „Algen“ bedeckt, in IKI+ blau od. IKI- **15**
- 15 mit *Nostoc*, Zellen ± deutlich in perlschnurartigen Ketten, Lager homöomer, strauchig, blättrig, schuppig-genabelt, zwergig-strauchig bis krustig-häutig, sterile Arten zuweilen mit Hormocystangien
..... **Lempholemma**
- 15 nie mit *Nostoc*, wenn Photobiont fädig, dann Zellen nie perlschnurartigen od. mit Hormocystangien **16**
- 16 Photobiont eine Rivulariaceae, Trichome apikal verjüngt, basal oft mit Heterocyte (wenn Anatomie sehr kompakt und fädige Natur des Photobionten dadurch kaum zu erkennen ist, vgl. auch 48 *Thelignya* und 53 *Porocyphus*) **17**
- 16 Photobiont keine Rivulariaceae sondern einzellig und stets ohne Heterocyten **19**
- 17 Thallus schleimig glatt oder etwas körnig, eher an ein *Rivularia*-Polster erinnernd, auf feuchtem Fels in Südamerika **Calotrichopsis**
- 17 Thallus kleinstrauchig, schuppig, rosettig oder krustig, jedoch deutlicher strukturiert **18**
- 18 Thallus kleinschuppig, mit vertieft sitzenden, genabelten Apothecien, Hymenium IKI-, Hyphen locker mit rundlichen Zellen und ohne besondere Anordnung, Asci octospor und Epihymenium blaugrün od. Asci 16-sporig und Epihymenium bräunlich, *excip. prop.* gew. dünn **Thelignya**
- 18 Thallus schuppig, rosettig, krustig od. zwergig strauchig, Hyphen in Fächeranordnung, bei kleinstrauchiger Form auch im Springbrunnensystem od. paraplectenchymatisch, Hymenium meist IKI+, Epihymenium nicht blaugrün, Sporen zu 8, *excip. prop.* gew. dick **Porocyphus**

19	Thallus strauchig, kaum bis reich verzweigt; Loben gestreckt, flach od. aufrecht, schmal riemen- od. zungenförmig od. Loben im Querschnitt rund	20
19	Thallus nicht strauchig sondern breitblättrig mit abgerundeten Loben od. schuppig bis krustig	28
20	Loben deutlich abgeflacht	21
20	Loben eher rundlich im Querschnitt	25
21	Loben verdreht, undulierend, aufrecht, ca. 5-10 × 2-3 mm, Sporen zu 16, auf Felsen an Flußufer in Uruguay	Thyrea („Jenmania“] osorioi)
21	nicht zugleich mit verdrehten und undulierenden Loben und mit 16-sporigen Asci	22
22	Thallus s. groß, bis 5 cm, flach auf dem Substrat, Loben reich verzweigt, an der Basis eingeschnürt, manchmal verdreht und undulierend, Oberfläche teilweise fensterartig durchbrochen, amphibisch auf Felsen an Flußufer in Guyana	Jenmania goebelii
22	Thallus gew. kleiner, flach od. aufrecht, Loben nie durchbrochen und nicht undulierend	23
23	Loben nicht rinnig, aufrecht, oft mit vielen kugeligen bis schüppchenartigen „Isidien“, gew. steril	Lichinella (nigritella)
23	Loben rinnig, Thallus gew. eine flache Rosette bildend, selten Loben ± aufrecht	24
24	Loben innen hohl werdend, Hymenium ohne Paraphysen, Gallerte der Photobionten rot, Japan	Phylliscum (japonicum)
24	Loben nie hohl werdend, Gallerte der Photobionten gelbbraun	Digitothyrea
25	Loben in der Mitte mit Strang aus wenigen od. vielen, lockeren od. kompakten Hyphen, Thallus im Längsschnitt daher „heteromer“	26
25	Loben in der Mitte ohne Hyphenstrang, allenfalls basal mit Strängen, Thallus im Längsschnitt daher „homöomer“	27
26	mit <i>Calothrix</i> als Photobiont, Trichome gut sichtbar, Hymenium nicht rotfleckig, Konidien klein, elliptisch od. zylindrisch	Lichina
26	mit coccalen Cyanobakterien, Hymenium mit roten bis rotbraunen Flecken, Konidien groß (15-40 × 1 µm), fädig und oft gebogen	Peccania
27	Thallus wiederholt dichotom od. traubig verzweigt, Sporen gew. dickwandig (bis 5 µm), zu 8, Apothecien ohne Eigenrand, größere Arten (5-15 mm)	Paulia
27	Thallus unregelmäßig verzweigt, gew. kleinrasig od. kleinpolsterig wachsend, Apothecien mit (dünnem) Eigenrand, Sporen dünnwandig, zu 8-24, kleine Arten (bis 5 mm)	Synalissa
28	Thallus sehr groß, bis 5 cm, grau bereift, Japan	Thyrea (latissima)
28	Thalli kleiner, höchstens zusammengesetzte Lager mit dieser Größe	29
29	Lager mit breitblättrigen Loben, diese oft rosettig und überwiegend flach, seltener ± aufsteigend	30
29	Lager schuppig, gew. mit zentralem Umbilicus befestigt od. krustig	31
30	Hymenium mit auffälligen roten bis rotbraunen Flecken, Apothecienscheibe feucht schwarz od. schwarzrot, Konidien fädig, groß (15-40 × 1 µm), Lager gew. grau bereift	Peccania (coralloides)
30	Hymenium nicht rotfleckig, Apothecienscheibe feucht gelblich bis bräunlich, Konidien nicht fädig, klein (2,5-5 × 1-1,5 µm), Lager grau od. unbereift	Thyrea
31	Lager schuppig, oft rosettig od. kleinpolsterig und mit kleinem bis winzigem Umbilicus fixiert	32
31	Lager krustig, einförmig körnig od. areoliert, zuweilen aber vorgetäuscht krustig und aus kurzen (bis 3 mm) aufrechten, zylindrischen, dicht gedrängten Loben zusammengesetzt	44
32	Lager im Querschnitt „heteromer“, d.h. mit Zentralstrang	33
32	Lager im Querschnitt „homöomer“, d.h. ohne Zentralstrang	34
33	Hymenium mit auffälligen roten bis rotbraunen Flecken, Apothecienscheibe feucht schwarz od. schwarzrot, Konidien fädig, groß (15-40 × 1 µm), Thallus mit kurzen, gestauchten Loben od. „gehirnartig“	Peccania
33	Hymenium nicht rotfleckig, Apothecienscheibe feucht gelblich bis bräunlich, Konidien nicht fädig, klein (2,5-5 × 1-1,5 µm), Schuppen gew. ohne Lobuli und nicht „gehirnartig“	Thyrea
34	Gallerte der Photobionten gew. rot, rötlich braun od. rötlich violett	35
34	Gallerte der Photobionten gew. gelbbraun; wenn rötlich, dann mit Paraphysen, octospor und Ascusapex nicht zugespitzt	40
35	Lageranatomie paraplectenchymatisch aus ± senkrecht orientierten kleinen Zellen, Lager kleinschuppig-rosettig, Oberfläche glatt od. durch tiefe Risse geteilt, feuchtes Silikatgestein im trop. Südamerika	Phylliscidium monophyllum
35	Lageranatomie locker netzig mit großen Zellen	36
36	Asci schmal und zugespitzt, Paraphysen fehlend, Apothecienscheibe daher ± punktförmig, um die Öffnung mit Periphysoiden, Konidien klein, nur bei <i>P. demangeonii</i> fädig	Phylliscum demangeonii -Gr.
36	Asci nie spitzt, mit Paraphysen, Scheibe punktförmig od. offen, immer ohne Periphysoide	37

37	Asci polyspor	38
37	Asci octospor	39
38	Hymenium IKI+ intensiv blau, Apothecien zuletzt erhaben und mit deutlichem Thallusrand, Konidien fädig und oft sichelig, südl. Hemisphäre	Phyllisciella
38	Hymenium IKI-, Apothecien oft bleibend eingesenkt od. sitzend, nördl. Hemisphäre	Synalissa (symphorea)
39	Oberfläche der Schuppen fein od. grob gefeldert (tessellat), Apothecien ohne Eigenrand	Paulia
39	Oberfläche der Schuppen gefeldert od. nicht, Apothecien mit Eigenrand	Phylliscum macrospor -Gr.
40	Oberfläche der Schuppen gefeldert	41
40	Oberfläche der Schuppen nicht gefeldert aber zuweilen von flachen Lobuli bedeckt	42
41	Anatomie paraplectenchymatisch, Apothecien mit Eigenrand, auf Kalk, Sokotra	Lichinaceae gen. spec.
41	Anatomie locker netzig, Apothecien ohne Eigenrand	Paulia
42	Sporen i.d.R. sehr dickwandig, Apothecien ohne Eigenrand	Paulia
42	Sporen i.d.R. nicht so, Apothecien mit Eigenrand	43
43	Lager meist deutlich rosettig od. knopfartig, Apothecien sitzenden, mit deutlichem Lagerrand.....	Anema
43	Lager deutlich rosettig od. knopfartig, Oberfläche unregelmäßig rissig, Apothecien mit deutlichem Lagerrand od. nicht	Phloeopeccania
44	Lager „auf den ersten Blick“ krustig und ausgebreitet, bei Vergrößerung jedoch aus Polsterchen mit kurzen, stiftförmigen (ca. 0,5-3 × 0,1-0,5 mm) Loben zusammengesetzt, gedrängt od. locker	45
44	Lager nicht so, rein krustig, allenfalls schuppig, dann aber nicht mit solchen Polsterchen	46
45	Lager oft von dicker farbloser Gallertscheide umgeben, Anatomie locker netzig, Asci mit (8-)16-32 Sporen, auf kalkhaltigem od. silikatischem Fels in Trockengebieten	Phloeopeccania (pulvinulina)
45	Lager ohne Gallertscheide, Anatomie dicht netzig bis paraplectenchymatisch, Sporen immer zu 8, auf Bodenkrusten über Kalkgestein in SW Nordamerika	Peccania (arizonica)
46	Apothecien ohne normale Scheibe, Asci frei in kleinen Lagerkörnchen, Sporen zu 8, auf feuchtem vulkanischem Fels subantarktischer Inseln	Edwardiella mirabilis
46	Apothecien mit normaler Scheibe, diese punktförmig od. offen	47
47	Lageranatomie locker netzig, Zellen groß, Asci meist polyspor	48
47	Lageranatomie dicht netzig bis paraplectenchymat., Zellen klein, Asci meist octospor	49
48	Apothecienscheibe punktf., mit Periphysoiden um die Öffnung, ohne Paraphysen, Asci gew. zugespitzt, Konidien oft fädig, Photobiont rotgallertig, Thallus rein krustig, auf feuchtem Silikatgestein, Nordeuropa, Brasilien	Cryptothele
48	Scheibe zumindest reif offen, wenn punktf., dann immer mit Paraphysen und stets ohne Periphysoid; Asci nie zugespitzt, Sporen zu (8-)12-24(-32), Thallus schuppig-areoliert od. areoliert-effiguriert, Konidien nie fädig, Photobiont gew. mit gelbbrauner Gallerte, Mittelmeerraum, Arabien, Australien, USA, Mexiko	Phloeopeccania
49	Scheibe der Apothecien gew. breit und offen, oft genabelt und deutlich gefärbt	50
49	Scheibe der Apothecien gew. nicht sehr breit und offen, nicht genabelt und gew. nicht deutlich gefärbt	53
50	Apothecien sehr klein, bis 0,3 mm, Lager aus winzigen, unregelmäßigen Schüppchen	Thelignya
50	Apothecien gew. größer, Lager oft eine ausgebreitete areolierte Kruste od. aus schuppigen Areolen zusammengesetzt	51
51	Lageranatomie apikal fächerförmig, d.h. Zellen ± deutlich in senkrechten Reihen, Lagerrand oft effiguriert od. placoid, Sporen zu 8 od. 16-24, Apothecien mit normalem Lager- und Eigenrand	Pterygiopsis
51	Lageranatomie anders, dicht netzig bis paraplectenchymatisch, Rand des Thallus gew. nicht effiguriert, Sporen stets zu 8	52
52	Areolen aus ± deutlich senkrecht orientierten, dicht gepackten Lobuli von ca. 50 µm Dicke bestehend, Apothecien mit Eigenrand, der oft durch einen Spalt vom übrigen Lager getrennt ist, Rand daher undeutlich	Metamelanea
52	Areolen nicht so strukturiert, Anatomie paraplectenchymat., Eigenrand mächtig entwickelt, gelbl. bis rötl. gefärbt, Lagerrand zurücktretend, auf Mörtel bei Rio de Janeiro	Leprocollema (americana)
53	Thallusareolen groß, mit fein tessellater od. warziger Oberfläche, Apothecien eingesenkt bis halbsitzend, Lagerrand oft knotig-warzig, auf Kalkgestein, Bermuda Inseln, zentrales Arizona, südl. Kalifornien	Stromatella bermudana
53	Lagerareolen nicht so, glatt od. unregelmäßig warzig	54
54	<i>Excip. prop.</i> dick, Lagerrand unauffällig, früh zurücktretend	55
54	<i>Excip. prop.</i> dünn od. fehlend, Lagerrand deutlich, bleibend	56

- 55 Lager krustig-areoliert, effiguriert, körnig bis subfruticos, meist auf Silikatfels, seltener auf Kalkgestein, Pycnoascomata **Porocyphus**
- 55 Lager körnig-krustig, stets auf Kalkgestein od. kalkhaltigen Krusten, Knäueltyp **Lemmopsis**
- 56 Ascus dünnwandig, apikal unverdickt, nicht amyloid, Öffnung durch apikales Aufreißen **Psorotichia** (inkl. *Thelochroa*, *Pyrenocarpon*)
- 56 Ascus dickwandig, apikal verdickt und mit amyloider Kappe, Öffnungsweise rostrat **57**
- 57 Apothecienscheibe oft glänzend, braun, offen, Ascomata entstehen aus Hyphenknäuel ... **Euopsis** (*pulvinata*)
- 57 Scheibe nicht glänzend, meist schwarz, oft punktförmig, Ascomata aus Pyknidien gebildet **Pyrenopsis**

4.3.4. Die Gattungen

Anema Nyl. ex Forss., Nova Acta Reg. Soc. Sci. Ups., Ser. 3, 13: 91 (1885) nom. cons.

Typusart: *A. decipiens* (Massal.) Forss., Nova Acta Reg. Soc. Sci. Ups., Ser. 3, 13: 92 (1885)

Syn.: *Omphalaria* Massal. non *Omphalaria* Nyl. (siehe Jørgensen & Santesson 1989).

Wuchs: umbilicat-rosettig, schuppig, krustig-schuppig od. zwergig-strauchig, Lager schwarz, selten bereift; **Anatomie:** unberindet, ungeschichtet, Hyphen locker netzig, Zellen länglich schmal bis eckig; **Photobiont:** coccale Cyanobakterien (z.B. *Chroococciopsis*), Gallerte außen gelbbraun, innen farblos, KOH-, bis 2,5 µm dick, geschichtet, oft granuliert, Zellen kugelig bis oval, mit Gallerte 7,5-15 µm, ohne Gallerte 5-7,5(-10) µm; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Pycnoascomata, Ascogone unter Pyknidien; **Ascomata:** Apothecien sitzend, Scheibe offen, dunkelrot, Lagerrand deutlich, *excip. prop.* dünn, hyalin, selten fehlend, Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun, IKI+ blau, Hypothecium hyalin; **Asci:** prototunicat, keulig, dünnwandig, Wand IKI-, mit Gallerthaube; **Sporen:** zu 8, einfach, hyalin, dünnwandig, kugelig bis breit elliptisch, ca. 7,5-14 × 5-10 µm; **Paraphysen:** septiert, spärlich verzweigt und anastomosierend, Endzelle kopfig verdickt; **Pyknidien:** laminal, eingesenkt, kugelig od. birnenförmig, Wand farblos; **Konidien:** elliptisch od. stäbchenförmig, einfach, ca. 3 × 1 µm; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** Kalkstein od. kalkhaltiges Gestein; **Verbreitung:** nördliche Hemisphäre mit Schwerpunkt in ariden bis semiariden und mediterranen Regionen; **Molekulare Daten:** 18S rDNA von *A. nummularium*.

Anema asahinae Yoshim. hat wie *Thyrea latissima* ein geschichtetes Lager (Yoshimura 1968) und wurde später zu *Thyrea asahinae* (Yoshim.) Yoshim. umkombiniert (Yoshimura 1974). *Anema cernohorskyi* (Servit) Henss. ist eine *Peccania*-Art (nach A. Henssen, pers. Mitt. v. P.M. Jørgensen). *Anema dodgei* Herre ist vermutlich eine *Heppia*-Art. *Anema jenisejensis* H. Magn. bildet kleinstrauchige Polster, ist nur steril bekannt und die Gattungszugehörigkeit somit unsicher. Der Umkombination von *Thyrea latissima* Asah. zu *Anema latissimum* (Asah.) Yoshim. durch Yoshimura (1968) sollte nicht gefolgt werden, da Artdiagnose und Abbildungen in Asahina (1958) die Art mit geschichtetem Lager beschreiben bzw. zeigen und sie somit problemlos in *Thyrea* verbleiben kann.

Schlüssel der Arten des Mittelmeerraumes (und Zentraleuropas) in Moreno & Egea (1992c).

Digitothyrea Moreno & Egea, Lichenol. 24: 216 (1992)

Typusart: *D. rotundata* (Büdel, Henss. & Wessels) Moreno & Egea, Lichenol. 24: 225 (1992).

Wuchs: umbilicat, blättrig bis strauchtig, mit tief geteilten, ± zungenförmigen, rinnigen Loben, oft mit kugeligen bis schuppigen Auswüchsen („Isidien“) auf der Lageroberfläche (Taf. 2a), Farbe schwarz; **Anatomie:** unberindet, geschichtet, Hyphen netzig in der Lagerperipherie, im Lagerzentrum einen lockeren Zentralstrang aus länglichen, verwobenen Hyphen bildend (Taf. 4d), Zellen länglich schmal bis eckig; **Photobiont:** coccale Cyanobakterien, Gallerte außen gelbbraun, innen farblos, KOH-, bis 2,5 µm dick, geschichtet, oft granuliert, Zellen kugelig bis oval, mit Gallerte 7,5-15(-20) µm, ohne Gallerte 5-7,5(-12,5) µm; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Ascogone in Knäuel generativer Hyphen (Taf. 4d); **Ascomata:** Apothecien sitzend od. zuletzt gestielt, laminal od. marginal, Scheibe offen, dunkelrot, Lagerrand deutlich, *excip. prop.* fehlend od. auf die Basis beschränkt, Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun, IKI+ blau, Hypothecium hyalin; **Asci:** prototunicat, zylindrisch bis schmal keulig, dünnwandig, Wand IKI-, mit Gallerthaube; **Sporen:** zu (4-)8, einfach, hyalin, dünnwandig, kugelig bis breit elliptisch, ca. 9-15(-17) × 7-10 µm; **Paraphysen:** septiert, spärlich verzweigt und anastomosierend, Endzelle kopfig verdickt; **Pyknidien:** laminal od. marginal, eingesenkt bis leicht erhaben, kugelig bis birnenförmig, Wand farblos; **Konidien:** elliptisch, stäbchenförmig od. kugelig, einfach, ca. 3 × 1 µm; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** in Sickerwasserstreifen u.ä., auf kalkhaltigem, vulkanischem od. silikatischem Gestein; **Verbreitung:** weltweit in ariden bis semiariden und mediterranen Regionen; **Molekulare Daten:** 18S rDNA von *D. divergens*, *D. polyglossa*.

Die Gattung weicht durch die Anlage der Ascomata von *Thyrea* s.str. ab und ist daher abgetrennt worden (Moreno & Egea 1992a), was durch molekulare Untersuchungen bestätigt werden konnte (s. Tab. 4, S. 66; Fig. 7-9, S. 60-62). *Digitothyrea divergens* und *D. polyglossa* sind sehr nah verwandt. Es gibt Überlappungen in der Wuchsform. *Digitothyrea divergens* ist von den Kapverden, Kenia, dem Jemen und Sokotra bekannt, konnte aber auch auf Baja California nachgewiesen werden, wo sie zusammen mit der amerikanischen *D. polyglossa* wuchs. Es liegt die Vermutung nahe, daß beide Arten nur extreme Ausbildungen der jeweils als arttypisch angesehenen Wuchsformen darstellen.

Schlüssel in Moreno & Egea (1992a).

Ephebe Fr., Syst. Orb. Veg.: 256 (1825)

Typusart: *E. lanata* (L.) Vain., Meddel. Soc. Fauna Flora Fenn. 14: 20 (1888).

Wuchs: fädig-niederliegend bis fädig-strauchtig, Lager schwarz, dunkelgrün od. bräunlich, Oberfläche ± glatt od. rauh von zahlreichen kleinen Seitenzweigen; **Anatomie:** unberindet, ungeschichtet, Hyphen netzig bis paraplectenchymatisch, die Fäden des Photobionten durchdringend, Zellen länglich, eckig bis rundlich; **Photobiont:** *Stigonema*, Gallerte außen gelbbraun, innen farblos, KOH-, bis 2,5 µm dick, geschichtet, manchmal granuliert, Trichome i.d.R. kurze Ketten bildend od. in einzelne Zellen zerfallen, Zellen kugelig bis oval, mit Gallerte 12,5-20 µm, ohne Gallerte 5-12,5 µm; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Pycnoascomata, Ascogone

unter Pyknidien; **Ascomata:** Apothecien terminal od. lateral am Faden, sitzend, Scheibe punktförmig bis zuletzt offen, bräunlich od. grünlich, Lagerrand deutlich, *excip. prop.* dünn, hyalin od. apikal grünlich gefärbt, Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun, IKI+ blau, Hypothecium hyalin; **Asci:** prototunicat, zylindrisch bis schmal keulig, dünnwandig, Wand IKI-; **Sporen:** zu 8 od. 16, einfach, hyalin, dünnwandig, kugelig, elliptisch od. bohnenförmig, ca. 5-20 × 3,5-7 µm; **Paraphysen:** septiert, spärlich verzweigt und anastomosierend, Endzelle i.d.R. kopfig verdickt; **Pyknidien:** laminal, eingesenkt, kugelig bis birnenförmig, Wand farblos; **Konidien:** elliptisch od. stäbchenförmig, einfach, ca. 2-4,5 × 1-1,5 µm; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** meist auf überrieselten Felsflächen od. amphibisch an Seeufern auf Silikatgestein, eine Art (*E. trachytera*) an trockeneren Stellen; **Verbreitung:** Schwerpunkt in gemäßigten bis arktischen Regionen der nördlichen Hemisphäre, eine Art (*E. brasiliensis*) im trop. Südamerika, zwei Arten (*E. fruticosa*, *E. tasmanica*) auf Tasmanien; **Molekulare Daten:** 18S rDNA von *E. brasiliensis*.

Eine sichere Bestimmung der Arten ist nur anhand von anatomischen Schnitten möglich. Sehr ähnlich sind *Spilonema*-Arten, die jedoch basal deutlich gefärbte Hyphen eines Hypothallus besitzen.

Schlüssel in Henssen (1963a).

Gloeoheppia Gyeln., Feddes Rep. 38: 311(527) (1935); emend. Henss., Lichenol. 29: 268 (1995)

Typusart: *G. turgida* (Ach.) Gyeln., Feddes Rep. 38: 312(528) (1935).

Wuchs: umbilicat, schuppig, subfruticos od. krustig, Lager bräunlich bis dunkel oliv (Taf. 3d), selten bereift, selten mit Randsoralen, Lager subgelatinös, Oberfläche glatt, rauh bis rissig od. unregelmäßig gefeldert; **Anatomie:** unberindet, ungeschichtet, Hyphen dicht netzig, manchmal im Inneren mit Hohlräumen (Taf. 4h), Zellen eckig; **Photobiont:** coccale Cyanobakterien, Gallerte außen gelbbraun, innen farblos, KOH-, bis 2,5 µm dick, undeutlich geschichtet, manchmal granuliert, Zellen kugelig bis oval, mit Gallerte 7,5-15 µm, ohne Gallerte 5-10 µm; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Ascogone in Knäuel generativer Hyphen; **Ascomata:** Apothecien eingesenkt bis sitzend, Scheibe offen, dunkelrot od. rotbraun, Lagerrand deutlich, *excip. prop.* dünn, hyalin, Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun, IKI+ blau, Hypothecium hyalin; **Asci:** prototunicat, zylindrisch bis schmal keulig, dünnwandig, Wand IKI-; **Sporen:** zu 8 bis 32 (Taf. 4h), einfach, hyalin, dünnwandig, kugelig bis elliptisch, ca. 5-14 × 4-9,5 µm; **Paraphysen:** septiert, spärlich verzweigt und anastomosierend, Endzelle kopfig verdickt; **Pyknidien:** laminal, eingesenkt, birnenförmig, Wand einfach bis zuletzt cerebriform, farblos; **Konidien:** elliptisch od. stäbchenförmig, einfach, ca. 3 × 1 µm; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** auf dünnen Bodenkrusten über Kalkstein od. Silikatgestein od. direkt auf Fels; **Verbreitung:** nördliche Hemisphäre mit Schwerpunkt in ariden bis semiariden und mediterranen Regionen; **Molekulare Daten:** keine.

Nach Anlage und Bau der Apothecien sowie Ascus- und Sporenmerkmalen ist die Gattung nicht von typischen Lichinaceae zu unterscheiden. Allein die subgelatinöse Lagerkonsistenz und die Bildung von Hohlräumen im Lagerinneren sind untypisch. Es gibt aber auch dafür

Beispiele bei den Lichinaceae: Hohlräume bilden sich in alten Lagern von *Phylliscum japonicum* und einer vermutlich unbeschriebenen Art der Gattung aus der Sonora-Wüste. Beiden Flechten fehlt die sonst charakteristische gelatinöse Lagerbeschaffenheit.

Alle Versuche, Sequenzdaten von Vertretern der Gloeohoppiaceae zu gewinnen (*Gloeohoppia turgida*, *G. polyspora*, *Pseudopeltula heppioides*), schlugen bislang fehl. Die erste und letzte Art sind Bodenbewohner, deren Thalli auf der Unterseite filzig sind und von Bodenpartikeln, freilebenden Cyanobakterien und vermutlich auch anderen Ascomyceten durchsetzt sind, was eine gezielte DNA-Amplifikation behindert haben könnte.

Schlüssel in Henssen (1995).

Harpidium Körber, Syst. Lich. Germ.: 157 (1855)

Typusart: *H. rutilans* Flotow ex Körber, l.c.

Wuchs: krustig, areoliert od. krustig-schuppig, Lager rötlich bis bräunlich od. matt grauviolett, nicht gelatinös, Oberfläche glatt; **Anatomie:** berindet, undeutlich geschichtet, oberer Cortex paraplectenchymatisch, Mark und Algenschicht undeutlich voneinander abgesetzt, unterer Cortex fehlend, Hyphen dicht netzig, Zellen eckig bis rundlich; **Photobiont:** trebouxioide Grünalge, Zellen ca. 7,5-12,5(-15) µm; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Pycnoascomata, Ascogone unter Pyknidien; **Ascomata:** Apothecien eingesenkt, aspicilioid, Scheibe offen, dunkel, Lagerrand undeutlich, *excip. prop.* dünn, hyalin, Hymenium hyalin, IKI+ blau, Epihymenium rötlich bis braun, Hypothecium hyalin; **Asci:** unitunicat-rostrat, keulig, dickwandig, innere Schicht der Wand IKI+ blau, mit mantelartigem Tholus, außen mit Gallerthaube; **Sporen:** zu 8, einfach, hyalin, dünnwandig, sichelig bis nierenförmig, schmal, ca. 7-17 × 2-6 µm; **Paraphysen:** septiert, spärlich verzweigt und anastomosierend, moniliform, Endzelle kopfig verdickt; **Pyknidien:** laminal, eingesenkt, kugelig bis birnenförmig, Wand farblos; **Konidien:** elliptisch od. kugelig, einfach, ca. 3 × 1 µm; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** an sickerfeuchten Stellen auf Silikatgestein; **Verbreitung:** südliches und mittleres Europa, Baja California und Santa Cruz Island (Kalifornien), in ariden, halbariden bis warm-temperierten Regionen; **Molekulare Daten:** keine.

Harpidium nashii ist die zweite Art der Gattung und wurde erst kürzlich beschrieben (Schultz et al. 2000f). Sie gleicht in allen Merkmalen *Harpidium rutilans*, hat aber einen anderen Wuchs mit isolierten, rundlichen Schüppchen und kommt in SW Nordamerika vor. Die Gattung unterscheidet sich durch den Besitz von Grünalgen als Photobionten von allen anderen Lichinaceae. Wichtige Übereinstimmungen mit *Euopsis* und *Pyrenopsis* ergeben sich durch den Besitz rostrater Asci (siehe Henssen et al. 1987) moniliformer Paraphysen sowie Pycnoascomata. Molekulare Untersuchungen müssen klären, ob es sich hierbei um parallele Entwicklungen handelt.

Schlüssel:

- 1 Lager areoliert, Areolen eckig bis abgerundet, flach, dichtstehend, mit der gesamten Unterseite dem Substrat aufliegend, eine geschlossene Kruste bildend, Europa **H. rutilans**
- 1 Lager schuppig-areoliert, Areolen rund, konvex, verstreut stehend, mit einem winzigen Umbilicus dem Substrat aufliegend, keine geschlossene Kruste bildend, Baja California, Santa Cruz Island **H. nashii**

Heppia Naeg. ex Massal., Geneac. Lich.: 7/8 (1854)

Typusart: *H. adglutinata* (Kremp.) Massal., Geneac. Lich.: 8 (1854)

Syn.: *Nylanderopsis* Gyeln., Feddes Rep. 38: 155 (1935).

Wuchs: schuppig, krustig od. peltat, Lager schwärzlich, bräunlich bis dunkel oliv od. weiß, selten bereift (Taf. 3e, f), selten mit Randsoralen, Lager subgelatinös od. gelatinös, Oberfläche glatt, rauh bis tief rissig; **Anatomie:** berindet und geschichtet, selten unberindet und ungeschichtet, Hyphen des Cortex i.d.R. rundlich, Hyphen sonst in senkrechten Reihen od. dicht netzig, Medulla undeutlich und dünn od. fehlend, Zellen robust, eckig, kurz bis gestreckt; **Photobiont:** *Scytonema*, Fäden in kurze Ketten od. Einzelzellen zerfallend, Gallerte farblos, Zellen kugelig bis oval, mit Gallerte 7,5-15 µm, ohne Gallerte (5-)7,5-12,5 µm; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Ascogone in Knäuel senkrecht orientierter generativer Hyphen; **Ascomata:** Apothecien gew. eingesenkt, Scheibe breit und offen, dunkelrot od. rotbraun, Lagerrand undeutlich od. deutlich, dünnes, hyalines *excip. prop.* gew. vorhanden, Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun, IKI+ blau, Hypothecium hyalin; **Asci:** prototunicat, zylindrisch bis schmal keulig, dünnwandig, Wand IKI-; **Sporen:** zu 8, einfach, hyalin, dünnwandig, breit oval bis spindelförmig, ca. 14-32 × 4,5-13 µm; **Paraphysen:** robust, septiert, spärlich verzweigt und anastomosierend, Endzelle kopfig verdickt; **Pyknidien:** laminal, eingesenkt, birnenförmig, Wand einfach bis eingestülpt, farblos; **Konidien:** elliptisch od. stäbchenförmig, einfach, ca. 2,5-3,5 × 1-1,5 µm; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** auf kalkhaltigen od. silikatischen Bodenkrusten, oft auf dichten Matten freilebender *Scytonema*-Arten; **Verbreitung:** weltweit mit Schwerpunkt in ariden bis semiariden und mediterranen Regionen; **Molekulare Daten:** 18S rDNA von *H. adglutinata*, *H. conchiloba*, *H. despreauxii*.

Die Gattung unterscheidet sich vor allem durch die Anatomie und Lagerkonsistenz von den meisten Lichinaceae. Nur *Heppia lutos*a (sensu Henssen) ähnelt durch den Besitz eines eher gelatinösen, unberindeten Lagers mit ± netziger Anatomie den Verhältnissen in den Lichinaceae und *Gleoheppia*. Letztere Gattung nimmt dabei eine vermittelnde Position zwischen *Heppia* und den Lichinaceae ein. Molekulare Untersuchungen haben gezeigt, daß die Gattung eine monophyletische Gruppe innerhalb der Lichinales ist und offenbar näher verwandt ist mit dem Großteil der Lichinaceae als mit *Peltula*. Diese Befunde stehen z.T. in Widerspruch zu klassischen Merkmalsanalysen. Die Neugliederung der Lichinaceae (Abschn. 4.3.2.) schließt die Gattung *Heppia* in einem nicht aufgelösten Schwestergruppenverhältnis in die Lichinaceae ein, die nur so als monophyletische Gruppe aufrechterhalten werden konnte. In einer entsprechenden Klassifikation verliert die Gattung *Heppia* somit ihren Familienrang. Dieser Schritt stellt von einem phylogenetisch-systematischen Standpunkt aus kein Problem

dar, da die Familie Heppiaceae ohnehin nur ein supraspezifisches Taxon (die Gattung *Heppia*) enthält und dessen Monophylie hinreichend begründet ist.

Schlüssel in Henssen (1994).

Jenmania Wächter, Flora 84: 349 (1897)

Typusart: *J. goebelii* Wächter, Flora 84: 349 (1897).

Wuchs: umbilicat-strauchig, Lager viellappig, Loben flach, riemenartig, basal eingeschnürt, Oberfläche teilweise fensterartig durchbrochen, Lager dunkelgrau bis dunkel oliv, Oberfläche glatt; **Anatomie:** (Taf. 4b) berindet, geschichtet, Cortex aus 1-2 Reihen kleiner, eckiger Zellen, Hyphen darunter dicht netzig bis antiklin, im Lagerzentrum ein dünner Zentralstrang aus verwobenen Hyphen, Zellen schmal, länglich bis eckig; **Photobiont:** coccale Cyanobakterien, Gallerte außen gelbbraun, innen farblos, KOH-, dünn, Zellen kugelig bis oval, mit Gallerte 3-7,5 µm, ohne Gallerte 3-6 µm; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Ascogone in Geflecht generativer Hyphen; **Ascomata:** Apothecien eingesenkt, klein, Scheibe offen, gelbbraun, Lagerrand undeutlich, *excip. prop.* fehlend, Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun, IKI+ blau, Hypothecium hyalin; **Asci:** prototunicat, zylindrisch bis keulig, dünnwandig, Wand IKI-, mit Gallerthaube; **Sporen:** zu 8, einfach, hyalin, zuletzt dickwandig, kugelig bis breit elliptisch, ca. 7,5-12,5 × 5-7,5 µm; **Paraphysen:** septiert, spärlich verzweigt und anastomosierend, Endzelle kopfig verdickt; **Pyknidien:** laminal, eingesenkt, birnenförmig, Wand farblos; **Konidien:** elliptisch od. stäbchenförmig, einfach, ca. 3 × 1 µm; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** amphibisch auf Felsblöcken in Fluß; **Verbreitung:** eine Art im Mazaruni-River, Guyana; **Molekulare Daten:** 18S rDNA von *J. goebelii*.

Die einzigen Arten der Lichinaceae, die einen Cortex aus lebenden Hyphenzellen besitzen, sind *Jenmania goebelii* und *Lichina pygmaea* (Taf. 4b, c). Beide Arten sind vergleichsweise groß und besiedeln amphibische Habitate (felsige Flußufer bzw. Meeresküsten), wo die Thalli hohen mechanischen Belastungen widerstehen müssen. Möglicherweise ist der Besitz eines Cortex aber auch in einem physiologischen Zusammenhang mit der häufigen Überspülung durch Wasser zu sehen. Es handelt sich jedoch sehr wahrscheinlich um parallel erworbene Anpassungen.

Henssen (1973) stellte eine zweite Art in die Gattung, „*Jenmania osorioi*.“ Diese weicht erheblich von der Typusart ab: Fehlen des Cortex, Anlage von Pycnoascomata, 16-sporige Asci. In der emendierten Form ist die Gattung *Jenmania* daher ähnlich variabel wie z.B. *Lichina*, *Lichinodium* oder *Thyrea* s.l. Es konnte gezeigt werden, daß die Anlage von Pycnoascomata sehr wahrscheinlich nur einmal in den Lichinales entstanden (Tab. 4, S. 66) und die Typusart der Gattung *Jenmania goebelii* in die Gruppe der Knäuelbildner fällt. Folgerichtig muß „*Jenmania osorioi*“ aus der Gattung ausgeschlossen werden, um eine polyphyletische Gruppierung zu vermeiden. Die Art hat strauchige Thalli, einen dünnen

Zentralstrang und bildet Pycnoascomata, womit sie problemlos zu *Thyrea* s.str. gestellt werden kann. In dieser Gattung nimmt die Art aufgrund der 16-sporigen Asci eine etwas isolierte Position ein (siehe *Thyrea* weiter unten).

Lempholemma Körber, Syst. Lich. Germ.: 400 (1855)

Typusart: *L. polyanthes* (Bernh.) Malme (= *L. compactum* Körber).

Wuchs: sehr vielgestaltig: filmartige, dünne, ausgedehnte Krusten bildend od. kleinschuppig-umbilicat (Taf. 1d), zwergig-strauchig bis strauchig od. fast blättrig, Lager schwarz, dunkel olivgrün, manchmal bereift, Oberfläche glatt, faltig, warzig od. rissig, manche Arten mit Hormocystangien (\pm kugelige, hyphenfreie Anschwellungen des Lagers); **Anatomie:** unberindet, ungeschichtet, Hyphen locker od. dicht netzig, Zellen länglich schmal bis eckig; **Photobiont:** *Nostoc*, Gallerte außen gelbbraun, innen farblos, KOH-, bis 2,5 μ m dick, oft dünner, geschichtet, manchmal granuliert, Zellen meist kugelig und in perlschnurartigen Ketten, mit Gallerte (5-)7,5-20 μ m, ohne Gallerte 3-10 μ m; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Pycnoascomata, Ascogone unter Pyknidien (Taf. 5e) od. Ascogone in Knäuel generativer Hyphen; **Ascomata:** Apothecien halbsitzend bis sitzend, Scheibe anfangs punktiert, zuletzt meist offen, gelbbraun, Lagerrand deutlich, *excip. prop.* dünn, hyalin, selten fehlend, Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun, IKI+ blau, Hypothecium hyalin; **Asci:** prototunicat, zylindrisch od. schmal keulig, dünnwandig, Wand IKI-; **Sporen:** zu 8, einfach, hyalin, dünnwandig, kugelig bis breit elliptisch, oft recht groß, ca. 7,5-30(-32,5) \times 5-15(-20) μ m; **Paraphysen:** septiert, spärlich verzweigt und anastomosierend, Endzelle kopfig verdickt; **Pyknidien:** laminal, eingesenkt, birnenförmig, Wand farblos; **Konidien:** elliptisch od. stäbchenförmig, einfach, ca. 3 \times 1 μ m; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** auf Kalkstein od. kalkhaltigem Gestein, seltener Silikatgestein, auf Moosen od. Pflanzenresten, zumeist in feuchten Habitaten, seltener auf \pm exponierten Felsen; **Verbreitung:** weltweit; **Molekulare Daten:** 18S rDNA von *Lempholemma* spec., einer vermutlich unbeschriebenen Art von Sokotra; die Art ist habituell und ökologisch ähnlich *L. lingulata*.

Die Gattung ist sehr artenreich, die Konzepte zur Artabgrenzung sind vielfach unsicher, und eine Aufspaltung der Gattung ist wahrscheinlich (Purvis et al. 1992). *Lempholemma* zerfällt in zwei Gruppen, die sich in der Anlage der Apothecien unterscheiden: Pycnoascomata (*L. botryosum*, *L. polyanthes*, *L. umbellum*, *L. minutulum*); Hyphenknäuel (*L. radiatum*, *L. fennicum*, *L. vesiculiferum*).

Schlüssel für europäische Arten in Clauzade & Roux (1985), Poelt (1969), Purvis et al. (1992), Wirth (1995); außereuropäische Arten sind meistens sehr schlecht bekannt.

Lichina C.A.Ag., Syn. Alg. Scand.: 12 (1817) nom. cons.

Typusart: *L. pygmaea* (Lightf.) C.A.Ag., l.c.

Wuchs: (Taf. 1a, b) strauchig bis kleinstrauchig, Loben reich verzweigt, flach bis rundlich, Lager schwarz, Oberfläche meist glatt; **Anatomie:** (Taf. 4c) berindet od. unberindet, geschichtet, Hyphen des Cortex klein und rundlich, Hyphen sonst dicht netzig, zentral einen kompakten Strang aus verlängerten Zellen bildend, der seitlich springbrunnenartig auffächert; **Photobiont:** Rivulariaceae (z.B. *Calothrix*), Gallerte außen gelbbraun, innen farblos, KOH-, dünn od. bis ca. 2,5 µm dick, Trichome oft gut erhalten, manchmal mit basaler Heterocyte, Zellen mit Gallerte 7,5-15 µm, ohne Gallerte 5-10(-12,5) µm; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Ascogone in Knäuel generativer Hyphen angelegt od. Ascogone unter Pyknidien; **Ascomata:** Apothecien sitzend, i.d.R. terminal, selten laminal, Scheibe oft punktförmig, zuletzt offen, gelbbraun, Lagerrand deutlich, *excip. prop.* dünn, hyalin, selten fehlend, Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun, IKI+ blau, Hypothecium hyalin, als Stiel in den Zentralstrang verlängert; **Asci:** prototunicat, zylindrisch bis schmal keulig, dünnwandig, Wand IKI-; **Sporen:** zu 8, einfach, hyalin, dünnwandig, kugelig bis breit elliptisch, ca. 8-29 × 5,5-16 µm; **Paraphysen:** septiert, spärlich verzweigt und anastomosierend, Endzelle kopfig verdickt; **Pyknidien:** laminal, eingesenkt, birnenförmig, Wand farblos od. eingestülpt; **Konidien:** elliptisch od. stäbchenförmig, einfach, ca. 3 × 1 µm; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** auf Silikatgestein, im Supralitoral der Meeresküsten od. in Sickerwasserstreifen od. amphibisch an See- und Flußufern, selten in schattigen Überhangsflächen; **Verbreitung:** marine Arten weltweit an kühlen od. temperierten Küsten, die terrestrischen Arten vor allem südhemisphärisch; **Molekulare Daten:** 18S rDNA von *L. confinis*, *L. pygmaea*.

In *Lichina* sind Arten vereinigt, die sich grundlegend in der Anlage ihrer Apothecien und Ökologie unterscheiden, sonst aber in Wuchs und Anatomie weitgehend übereinstimmen. Die Arten der *Lichina willeyi*-Gruppe bilden Pycnoascomata und sind nach den vorliegenden Ergebnissen nicht näher mit *L. confinis* und *L. pygmaea* verwandt, die zur Gruppe der Knäuelbildner gehören (Fig. 4a, b; S. 53). Die Arten der *Lichina willeyi*-Gruppe sind jünger und können daher problemlos in eine eigene Gattung gestellt werden. Da keinerlei Typusmaterial untersucht werden konnte, soll auf die fälligen Umkombinationen vorerst verzichtet werden.

Schlüssel nach Henssen (1969, 1973), ergänzt mit Henssen et al. (1985) und verändert.

- | | | |
|---|---|---------------------|
| 1 | Habitat marin, Ascomata entstehen aus einem Knäuel | 2 |
| 1 | Habitat nicht marin, Ascomata entstehen aus einem Pyknidium | 3 |
| 2 | Thallus aus kleinen aufrechten Polsterchen bestehend, Loben -0,5 cm hoch und -0,3 mm dick, rund im Querschnitt, unberindet, oberes Supralitoral | L. confinis |
| 2 | Thallus größer, -1 cm hoch, Loben -2 mm dick, oft deutlich abgeflacht und handartig geteilt, berindet, unteres Supralitoral (Balanidenzone) | L. pygmaea |
| 3 | Loben flach, mit zahlreichen Apothecien auf der Oberseite | L. polycarpa |
| 3 | Loben zylindrisch oder nur wenig abgeflacht, Apothecien weniger zahlreich | 4 |
| 4 | Thallusloben 7-10 mm lang, relativ große Art, Zentralstrang aus ca. 20 parallel laufenden Hyphensträngen gebildet, Lagerrand der Apothecien oft mit Läppchen, die zu Sprossungen auswachsen können, alpin, amphibisch entlang von Flußufer, Tasmanien | L. tasmanica |
| 4 | Thallusloben bis 5 mm lang, kleinere Arten | 5 |

5	Loben zw. 0,6 und 1,6 mm lang	6
5	Loben zw. 1 und 4 mm lang, Sporen bis 14 µm lang	7
6	Sporen 14-18 µm lang, Loben 0,6-1,6 mm lang, amphibisch entlang von Sickerstreifen, auf hartem Sandstein, Südafrika	L. macrospora
6	Sporen kleiner, 8-9 µm lang, Loben kürzer, 0,6-1,2 mm, etwas schmaler, nicht amphibisch, in Überhangsflächen auf Granit, Australien	L. minutissima
7	Thallus sich aus kleiner schuppiger, flacher Rosette entwickelnd, zuletzt aufrecht, Loben -4 mm lang, ohne kompakten Zentralstrang, Sporen 9-10 × 5,5-8 µm, amphibisch an Seeufer, Argentinien	L. rosulans
7	Thallus anfangs ohne flache Rosette, Loben einfach bis dichotom geteilt, 1-3 mm lang, Zentralstrang kompakt, aus ca. 10 parallelen Hyphensträngen gebildet, amphibisch auf silikatischem Fels, USA	L. willeyi

Lichinella Nyl., Bull. Soc. Linn. Norm., ser. 2, vol. 6: 301 (1872)

Typusart: *L. stipatula* Nyl., l.c.

Syn.: *Gonohymenia* J. Steiner, Verh. zool.-bot. Ges. Wien 52: 484 (1902).

Wuchs: (Taf. 3c, d) sehr vielgestaltig: strauchig mit runden, seltener abgeflachten Loben od. blättrig mit breiten, meist abgerundeten Loben, schuppig-peltat bis kleinschuppig od. krustig, Lager schwarz, selten bereift, selten mit kugeligen „Isidien“; **Anatomie:** unberindet, geschichtet od. ungeschichtet, Hyphen bei den kleinstrauchigen Arten mit runden Loben im Springbrunnensystem (siehe Henssen 1963a), bei den lappigen Arten zentral parallel bis locker verwoben, bei den krustigen Arten ± dicht netzig od. locker, Zellen länglich, kurz, rundlich bis eckig; **Photobiont:** coccale Cyanobakterien (z.B. *Chroococciopsis*), Gallerte außen gelbbraun, innen farblos, KOH-, dünn od. bis 2,5 µm dick, geschichtet, manchmal granuliert, Zellen kugelig bis oval, mit Gallerte 7,5-15 µm, ohne Gallerte 5-12,5 µm; **Ascomaontogenie:** (Taf. 5a-d) hemiangiocarp, Thallinocarp, d.h. Hymenium fleckenartig od. vollständig von sterilen Lagerteilen bedeckt, Ascogone frei im Lager; **Ascomata:** eingesenkt bis sitzend, rundlich bis unregelmäßig, Scheibe gelbbraun mit dunklen Flecken od. rauh bis gepunktet und lagerfarben, Lagerrand unregelmäßig, *excip. prop.* fehlend, Hymenium manchmal in Teilhymenien aufgelöst, IKI+ blau dann rot; **Asci:** vielgestaltig, oft keulig, dünnwandig, mit Gallerthaube; **Sporen:** bei einer Art zu 8, sonst 16-24-32, schmal bis breit elliptisch, dünnwandig, ca. 7,5 × 2,5-5 µm; **Paraphysen:** spärlich entwickelt, septiert, kaum kopfig verdickt; **Pyknidien:** birnenförmig, Wand farblos, Konidien elliptisch, einfach, ca. 2,5-5 × 1,5-2 µm, Konidiophoren länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** zumeist auf kalkhaltigem od. basischem Gestein und dünnen Bodenkrusten über Fels, seltener auf Silikatgestein oder tiefergründigem Boden; **Verbreitung:** vor allem auf der nördlichen Hemisphäre mit Schwerpunkt in ariden bis semiariden und mediterranen Regionen; **Molekulare Daten:** 18S rDNA von *L. cribellifera*.

Die Vereinigung der Gattungen *Lichinella* und *Gonohymenia* durch Moreno & Egea (1992b) basiert auf dem gemeinsamen Besitz von Thallinocarpien als Fruchtkörper und ist damit gut begründet. Daneben sind Polysporie und die Färbung des „Hymeniums“ mit IKI (blau, dann rot) als Gemeinsamkeiten anzusehen. Auffällig ist die Hyphenanordnung im Springbrunnensystem bei den strauchigen Arten mit runden oder leicht abgeflachten Loben (*Lichinella* s.str.). Es gibt allerdings Arten mit mehr schuppig-lappigen Lagern (*L. intermedia*), die traditionell zu *Gonohymenia* gestellt würden. Daran wird deutlich, daß die Merkmale Hyphenanordnung und Wuchsform nicht geeignet sind, *Lichinella* s.str. und

Gonohymenia als natürliche Einheiten voneinander abzugrenzen. Die verwandtschaftlichen Beziehungen innerhalb *Lichinella* sensu Moreno & Egea sind ungeklärt. Die strauchigen Arten mit runden Loben und Springbrunnensystem (*L. stipatula*, *L. robusta*, *L. robustoides*, *L. flexa*) sind wohl nah verwandt, ebenso die mehr blättrig-strauchigen Arten (*L. cribellifera*, *L. hondoana*, *L. nigritella*, *L. iodopulchra*). Völlig unklar dagegen sind die Beziehungen der kleinschuppigen oder peltaten Arten (*L. algerica* s.l., *L. intermedia*) sowie der krustigen Formen (*L. mauretana*, *L. myriospora*). *Gonohymenia octosporella* Lettau hat ebenfalls Thallinocarpien mit Flecken von Thallusgeflecht auf dem „Hymenium,“ weicht aber durch die 8-sporigen Asci ab (s. Lange 1958, 1961). Die Art wurde bislang nicht umkombiniert. Bei einer Reihe von Arten treten die Asci und wenigen Paraphysen zu \pm kugeligen oder birnenförmigen Nestern zusammen, welche seitlich voneinander getrennt sind. Diese Trennung kann vollständig sein, oder die „Teilhymenien“ sind durch die subhymeniale Schicht noch miteinander verbunden. Inwieweit dieses Merkmal Rückschlüsse auf stammesgeschichtliche Verwandtschaft zuläßt, ist offen.

Schlüssel zu den Arten des Mittelmeerraumes in Moreno & Egea (1992b).

Paulia Fée, *Linnaea* 10: 471 (1836)

Typusart: *P. perforata* (Pers.) Asah., *J. Jap. Bot.* 33: 129 (1958).

Wuchs: (Taf. 1c, 2c, d, 3b) ziemlich vielgestaltig: umbilicat-rosettig, schuppig, subfruticos bis fruticos, Lager schwarz, selten bereift, Oberfläche glatt, tessellat, bedeckt von kleinen Lobuli od. uneben und rauh; **Anatomic:** (Taf. 4a) unberindet, ungeschichtet, Hyphen locker netzig, Zellen länglich schmal bis eckig, in basalen Lagerteilen Hyphen oft strangförmig; **Photobiont:** coccale Cyanobakterien (z.B. *Chroococidiopsis*), Gallerte außen gelbbraun od. rötlich, innen farblos, KOH- od. KOH+ violett, 2,5-5 μm dick, geschichtet, granuliert, Zellen kugelig bis oval, mit Gallerte (7,5-)10-20(-27,5) μm , ohne Gallerte (5-)7,5-15(-20) μm ; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Ascogone in Knäuel generativer Hyphen angelegt; **Ascomata:** Apothecien eingesenkt bis halbeingesenkt, Scheibe punktförmig od. zuletzt offen, hell bis dunkel gelbbraun, Lagerrand undeutlich bis deutlich, *excip. prop.* fehlend, Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun, IKI+ blau od. IKI-, Hypothecium hyalin; **Asci:** prototunicat, zylindrisch bis schmal keulig, dünnwandig, Wand IKI-; **Sporen:** zu 8, einfach, hyalin, Wand bis 2,5(-5) μm dick, kugelig bis breit elliptisch, ca. 9,5-21,5 \times 6-14 μm ; **Paraphysen:** septiert, verzweigt und anastomosierend, Endzellen leicht kopfig verdickt; **Pyknidien:** laminal, eingesenkt, länglich-oval, Wand farblos; **Konidien:** elliptisch od. stäbchenförmig, einfach, ca. 3-5 \times 1 μm ; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** zumeist auf Kalkstein, auch auf vulkanischem od. silikatischem Gestein, in Sickerwasserfurchen od. schattigen Steiflächen; **Verbreitung:** weltweit in ariden bis semiariden und mediterranen Regionen, oft in Küstenhabitaten aber oberhalb des Supralitorals; **Molekulare Daten:** 18S rDNA von *P. aldabrensis*, *P. caespitosa*, *P. perforata*.

Trotz der variablen Wuchsform ist die Gattung gut kenntlich. Charakteristisch sind die locker netzige Anatomie mit großen, dickgallertigen Photobionten, die dickwandigen Sporen und das Fehlen des *excip. prop.* *Anema*, *Phyllisciella* und *Phylliscum* haben eine ähnliche Anatomie, sie bilden jedoch Pycnoascomata, und diese besitzen i.d.R. einen dünnen oder dicken Eigenrand. Die Apothecien von *Anema* haben meist einen prominenten Lagerrand. *Phyllisciella* hat polyspore Asci und fädige Konidien. Den Arten der *Phylliscum demangeonii*-Gruppe fehlen die Paraphysen, und die Asci sind zugespitzt. Die Arten der *Phylliscum macrosporum*-Gruppe sind den kleinschuppigen, tessellaten *Paulia*-Arten besonders ähnlich und nur anhand der Ascoma-Anlage sicher zu unterscheiden. Die Farbe der Gallerte der Photobiontenzellen ist kein taugliches Mittel, weder zur systematischen Abgrenzung noch zur Bestimmung. *Paulia myriocarpa* auf Kalk besitzt Photobionten mit gelbbrauner Gallerte, auf vulkanischem Gestein oder Granit ist die Gallerte dagegen rot gefärbt und der gesamte Thallus daher bräunlich (Taf. 2c). Die Farbe der Pigmente des Photobionten ist abhängig vom pH-Wert des besiedelten Substrats.

Synalissa salevensis Müll. Arg. wurde von Forssell (1885) aufgrund der Wuchsform und der „*Xanthocapsa*-Gonidien“ zu *Peccania* gestellt. Die Art ist wegen des strauchigen Wuchses und der bereiften Loben ähnlich *Peccania coralloides*, weist aber sonst keine der typischen Merkmale von *Peccania* auf. Das Typusmaterial von *Synalissa salevensis* in G stimmt aber mit *Paulia* in einigen Merkmalen überein: locker netzige Anatomie mit großzelligen Photobionten ohne Zentralstrang, Fehlen des *excip. prop.*, Besitzt dickwandiger Sporen, Hymenium nicht amyloid. *Synalissa salevensis* kann daher problemlos zu *Paulia* gestellt werden und ist die zweite Art der Gattung in Europa (s. Henssen & Tretiach 1995). Folgende Umkombination wird vorgeschlagen:

Paulia salevensis (Müll. Arg.) Schultz nom. prov.

Bas.: *Synalissa salevensis* Müll. Arg., Mem. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève 16: 81 (1862)

Syn.: *Peccania salevensis* (Müll. Arg.) Forss., Nova Acta Reg. Soc. Scient. Upsal. 13: 90 (1885).

Der Holotyp von *Synalissa nitidula* Müll. Arg. in G stammt von Sokotra und ist habituell und anatomisch mit *Paulia schroederi* (Zahlbr.) Henss. von Kenia identisch. Das Material ist steril und besteht nur aus zwei winzigen Schüppchen, während der Typus von *Paulia schroederi* sehr gut entwickelt und fertil ist. Fertiles Material von *Synalissa nitidula* konnte durch Bruno Mies auf Sokotra gesammelt werden. Diese Proben stimmen mit *Synalissa nitidula* und *Paulia schroederi* überein. Folgende Umkombination wird daher vorgeschlagen:

Paulia nitidula (Müll. Arg.) Schultz nom. prov.

Bas.: *Synalissa nitidula* Müll. Arg., Proc. Royal. Soc. Edinburgh 11: 457 (1882)

Syn.: *Thyrea schroederi* Zahlbr., Ann. Myc. 19: 233 (1921)

Paulia schroederi (Zahlbr.) Henss., Lichenol. 22: 142 (1990).

Schlüssel nach Henssen (1986b), erweitert mit Henssen & Tretiach (1995) und Tretiach & Henssen (1996); verändert.

- | | | |
|----|--|--|
| 1 | Lager gew. >5 mm, blättrig, schuppig-genabelt oder kleinstrauchig aufrecht bis strauchig-verzweigt | 2 |
| 1 | Lager kleiner, schuppig | 10 |
| 2 | Lager deutlich lappig od. kleinstrauchig bis strauchig, Loben gew. tief geteilt | 3 |
| 2 | Lager schuppig, rundlich, flach, mit Umbilicus dem Substrat aufsitzend | 7 |
| 3 | Lager aus tief geteilten, länglichen, ± flach liegenden, schmalen, konvexen Loben, Japan | P. japonicum |
| 3 | Lager nicht so | 4 |
| 4 | Lager kleinstrauchig od. strauchig, Loben gew. > 5mm lang, rund, verzweigt od. kaum verzweigt | 5 |
| 4 | Lager eine flache Rosette, aus vielen Lobuli zusammengesetzt od. einblättrig | 8 |
| 5 | Lager kleinstrauchig, fast unverzweigt, aus grau bereiften, zylindrischen bis keuligen Loben mit terminalen Apothecien, etwas ähnlich <i>Synalissa symphorea</i> aber 8-sporig, Schweiz | P. salevensis |
| 5 | Lager ± strauchig, Loben vom Grunde, apikal od. durchweg verzweigt | 6 |
| 6 | Thallus polsterförmig, Loben zylindrisch, nicht gestielt, durchweg sehr reich und wiederholt dichotom verzweigt, bislang nur Kuba, Jamaika und Sokotra | P. wrightii |
| 6 | Loben ± deutlich gestielt, Verzweigungen nicht wiederholt dichotom sondern unregelmäßig | 7 |
| 7 | Thallus besonders apikal verzweigt und in Trauben (Name!) aus kurzen, zylindrischen Loben endend, bislang nur Chihuahuan Desert (Mexiko) und Australien | P. caespitosa |
| 7 | Thallus apikal kaum verzweigt sondern am Grunde verzweigt und mit unregelmäßigen, kopfig-gestielt Loben, Ostalpen | P. glomerata |
| 8 | Thallusränder verdickt, teilweise gekerbt und deutlich herabgebogen, Lager rundlich, einblättrig, bislang nur Kuba und Bermuda Islands | P. cubana |
| 8 | Thallus anders, viellappig od. wenn ± einlappig und mit gekerbten Rändern, dann Ränder nicht verdickt und herabgebogen | 9 |
| 9 | Lobuli dachziegelartig stehend, Lager eine vielblättrige Rosette bildend, bis 20 mm, neben dem Umbilicus auch mit Bündeln von Rhizohyphen, bislang nur Mariana Islands, Rawak und Sokotra | P. perforata |
| 9 | Lager entweder einblättrig und nur randlich eingeschnitten oder mit Lobuli, diese aber nie dachziegelartig stehend sondern seitlich aneinander stoßend, bis 15 mm, nur mit zentralem Umbilicus, bislang nur Aldabra Islands, Queensland (Australien) und Sokotra | P. aldabrensis |
| 10 | Schuppenoberfläche deutlich gefeldert (tessellat) | 11 |
| 10 | Schuppenoberfläche nicht gefeldert | 13 |
| 11 | Thallus aus regelmäßig runden, flachen, genabelten Schuppen, 0,5-4 mm, mit effigurierten, gestreckten Randlobuli (0,25-0,4 mm), Zentralareolen isodiametrisch, etwas kleiner (0,08-0,25 mm) | P. myriocarpa |
| 11 | Thallus mit runden Schuppen, die zuletzt unregelmäßig aufbrechen und stark gewölbt sind, Randlobuli nicht oder nur sehr schwach effiguriert (-0,15 mm), Zentralareolen um 0,06-0,15(-0,2) mm | 12 |
| 12 | Thallus mit sehr kleinen Areolen auf der Oberfläche, 0,06-0,12(-0,15) mm, Apothecienscheiben schwarz, Bermuda Islands, Venezuela | P. gibbosa |
| 12 | Thallus mit etwas größeren Areolen, 0,1-0,2 mm, Apothecienscheiben gelblich, Kenia und Sokotra | P. nitidula (inkl. <i>P. schroederi</i>) |
| 13 | Schüppchen deutlich konkav mit gekerbten Rändern, 1-2 mm, deutlich gestielt aber nicht mit langem Strang von Rhizoidhyphen, Puerto Rico | P. stipitata |
| 13 | Schüppchen nicht konkav sondern mit eingebogenen Rändern, 1-2,5-4,5 mm, mit langem Strang von Rhizoidhyphen im Substrat befestigt, Bermuda Islands und Mexiko | P. rhizophora |

Peccania Massal. ex Arnold, Flora 41: 93 (1858) nom. cons.

Typusart: *P. coralloides* (Massal.) Massal., Atti, I. R. Istit. Veneto Ser. 3, 5: 335 (1860)

Syn.: *Corinophoros* Massal., Flora 39: 212 (1856).

Wuchs: (Taf. 1e, 3a) recht vielgestaltig: zwergig strauchig bis strauchig, blättrig od. schuppig-peltat, Lager schwarz, selten bereift, Oberfläche \pm glatt, uneben od. gehirntartig; **Anatomie:** unberindet, geschichtet, Hyphen des Zentralstranges länglich schmal, kompakt parallel od. locker verwoben, peripher \pm dicht netzig, Zellen länglich, kurz, rundlich bis eckig; **Photobiont:** coccale Cyanobakterien (z.B. *Chroococciopsis*, s. Henssen & Büdel 1984b), Gallerte außen gelbbraun, innen farblos, KOH-, bis 2,5 μm dick, geschichtet, oft granuliert, Zellen kugelig bis oval, mit Gallerte 7,5-17,5 μm , ohne Gallerte 5-15 μm ; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Knäueltyp, Ascogone frei im Lager; **Ascomata:** Apothecien sitzend bis gestielt, terminal od. marginal, Scheibe dunkelrot od. schwarz, offen, Lagerrand deutlich, *excip. prop.* fehlend, Hymenium mit auffälligen roten bis braunroten Flecken (Taf. 4g), IKI+ tiefblau, Sybhymenium stielartig in Zentralstrang verlängert; **Asci:** keulig, dünnwandig, mit Gallerthaube; **Sporen:** zu 8, schmal bis breit elliptisch od. kugelig, dünnwandig, ca. (5-)7,5-10(-12,5) \times 5-7,5 μm ; **Paraphysen:** septiert, spärlich verzweigt und anastomosierend, kopfig verdickt; **Pyknidien:** birnenförmig bis oval, Wand einfach, farblos; **Konidien:** groß, fädig, gebogen bis S-förmig, ca. 15-40 \times 1 μm ; **Konidiophoren:** länglich-terminal, verzweigt; **Ökologie:** auf kalkhaltigem od. basischem Gestein und Bodenkrusten, seltener auf Silikatgestein oder silikat. Bodenkrusten; **Verbreitung:** vor allem auf der nördlichen Hemisphäre mit Schwerpunkt in ariden bis semiariden und mediterranen Regionen; **Molekulare Daten:** 18S rDNA von *P. arizonica*, *P. coralloides*, *P. fontqueriana*.

Peccania salevensis (Müll. Arg.) Forss. gehört zu *Paulia* (s.o.). Das Material der Art *Psorotichia sinaiensis* Vain. in HBG (bestimmt von Wainio) vom *locus classicus* am Toten Meer besitzt alle charakteristischen Merkmale der Gattung *Peccania* und ist vermutlich identisch mit *Peccania spec.* in Galun (1970). *Peccania kansana* (Tuck.) Forss. hat polyspore Asci und ist vermutlich eine *Lichinella*-, *Synalissa*- oder *Phloeopeccania*-Art. *Peccania arizonica* Tuck. ex Herre hat ein paraplectenchymatisches Lager ohne Zentralstrang, kleine, einfache Konidien und kein rotfleckiges Hymenium. Die Art gehört nicht zu *Peccania* s.str. Schlüssel zu den Arten des Mittelmeerraumes (und Zentraleuropas) in Moreno & Egea (1992c).

Phloeopeccania J. Steiner, Denkschr. Kaiserl. Akad. Wiss. Wien, Mat.-Nat. Kl. 71: 93 (1907)

Typusart: *P. pulvinulina* J. Steiner, l.c.

Wuchs: krustig, schuppig od. winzige Polster bildend, Lager schwarz, selten bereift, Oberfläche \pm glatt, warzig od. unregelmäßig gefeldert; **Anatomie:** unberindet, ungeschichtet, Lager teilweise von dicker, farbloser Gallertscheide umhüllt (Taf. 5k), Hyphen locker netzig, Zellen länglich schmal bis eckig od. rund; **Photobiont:** coccale Cyanobakterien, Gallerte außen gelbbraun bis rötlich, innen farblos, KOH-, bis 2,5 μm dick, geschichtet, meistens granuliert, Zellen kugelig bis oval, groß, mit Gallerte (10-)12,5-17,5(-20) μm , ohne Gallerte (7,5-)10-

15(-17,5) µm; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Ascogone frei im Lager angelegt aber zu mehreren gruppiert (Taf. 5k); **Ascomata:** Apothecien halbeingesenkt bis sitzend, Scheibe zuletzt offen, dunkelrot, Lagerrand deutlich, *excip. prop.* dünn, selten fehlend, Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun, IKI+ blau, Hypothecium hyalin; **Asci:** prototunicat, zylindrisch bis schmal keulig, dünnwandig, Wand IKI-; **Sporen:** zu 16-32, selten zu 8, einfach, hyalin, dünnwandig, kugelig bis breit elliptisch, ca. 5-12,5 × 5-7,5 µm; **Paraphysen:** septiert, spärlich verzweigt und anastomosierend, Endzelle leicht kopfig verdickt; **Pyknidien:** laminal, eingesenkt, kugelig, Wand farblos, manchmal eingestülpt; **Konidien:** elliptisch od. stäbchenförmig, einfach, ca. 3-5 × 1,5 µm; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** auf kalkhaltigem, vulkanischem od. silikatischem Gestein, meist an sporadisch sickerfeuchten Stellen; **Verbreitung:** weltweit in ariden bis semiariden und mediterranen Regionen; **Molekulare Daten:** 18S rDNA von *P. pulvinulina*.

Die locker netzige Hyphenanordnung der *Phloeopeccania*-Arten ist der von *Paulia* und *Synalissa* sehr ähnlich. Polyspore Asci gibt es bei *Synalissa* (*S. symphorea*). Die Ascogone entstehen bei dieser Gattung auch frei im Lager, liegen jedoch wie bei *Peccania* einzeln. Ähnlich wie bei *Synalissa* scheint die Sporenzahl nicht gattungskonstant zu sein, sondern zwischen den Arten (und auch innerhalb der Arten) zu schwanken.

Schlüssel:

- 1 Thallus krustig-areoliert, am Rande zuweilen effiguriert, Areolen flach und klein, 0,1-0,3 mm, Australien ... **P. australiensis**
- 1 nicht krustig-areoliert sondern aus isolierten bis zusammenstehenden Schüppchen oder Polsterchen 2
- 2 Lager meist von dicker, farbloser Gallertscheide umhüllt, Thallus aus kleinen Polstern (0,3-1 mm) mit dicht zusammenstehenden, kurz-stiftförmigen Loben, daher fast subfruticos, manchmal nur mit kleinen rundlichen, ± flachen Areolen od. Schüppchen, Apothecien klein, 0,2-0,3(-0,4) mm, oft zu mehreren pro Thallus, Iran, Jemen, Sokotra, Sonora-Wüste **P. pulvinulina**
- 2 Lager und/oder Apothecien anders 3
- 3 Thallus aus schildförmig gewölbten, kurz gestielten Schüppchen, die nicht in subfruticose Lobuli geteilt sind, meist nur ein od. zwei zentrale große Apothecien, gew. ohne dicke Gallertscheide, Sporen 8-16, auf kalkhaltigem Gestein, Spanien, Sokotra **P. hispanica**
- 3 Thallus schuppig-umbilicat, ganz od. geteilt in dicht gepackte Loben, Oberfläche daher glatt od. unregelmäßig gefeldert, Schuppen 0,25-2 mm groß, am Rand manchmal gekerbt, Apothecien zuletzt sitzend, 0,25-0,5(-0,6) mm, mit tief eingesenkener Scheibe und zuletzt welligem, stark vortretendem Rand, Sporen zu 8, auf vulkanischem Gestein, Baja California **Phloeopeccania spec.** (ident. mit *P. hispanica*?)

Phylliscum Nyl. apud Massal., Geneac. Lich.: 7 (1854)

Typusart: *P. demangeonii* Nyl., Mém. Soc. Imp. Sc. Nat. Cherbourg 3: 166 (1855).

Wuchs: umbilicat-rosettig, schuppig, krustig-schuppig od. blättrig, Lager schwarz bis schwarzrot (Taf. 2e), Oberfläche glatt od. selten tessellat; **Anatomic:** unberindet, ungeschichtet, selten mit Hohlräumen im Inneren, Hyphen locker netzig, Zellen länglich schmal bis eckig od. rund; **Photobiont:** coccale Cyanobakterien, Gallerte außen meist rot, innen farblos, KOH+ violett, um 2,5 µm dick, geschichtet, granuliert, Zellen kugelig bis oval, mit Gallerte 7,5-20 µm, ohne Gallerte 5-12,5(-15) µm; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, i.d.R. Pycnoascomata, Ascogone unter Pyknidien (Taf. 5f); **Ascomata:** Apothecien eingesenkt bis sitzend, Scheibe bleibend punktförmig, dann perithecioid und oft mit Periphysoiden um die Mündung od. offen, dunkel, Lagerrand meist deutlich, *excip. prop.* dünn od. dick, hyalin, Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun,

IKI+ blau od. selten IKI-, Hypothecium hyalin; **Asci:** prototunicat, zylindrisch bis schmal keulig, Apex abgerundet od. zugespitzt, dünnwandig, Wand IKI-; **Sporen:** zu 8 od. 16, einfach, hyalin, dünnwandig od. dickwandig, kugelig bis breit elliptisch, ca. 5-15 × 4-13 µm; **Paraphysen:** septiert, verzweigt und anastomosierend, Endzelle kopfig verdickt od. Paraphysen gänzlich fehlend; **Pyknidien:** eingesenkt, kugelig bis oval, Wand farblos; **Konidien:** elliptisch od. stäbchenförmig, einfach, ca. 2,5-3 × 1 µm, bei *P. demangeonii* lang-fädig; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** in Sickerfurchen o.ä. auf Kalkstein od. Silikatgestein; **Verbreitung:** nördliche Hemisphäre und Tropen; **Molekulare Daten:** keine.

Die Gattung ist recht polymorph. Der *Phylliscum demangeonii*-Gruppe fehlen wie *Cryptothele* die Paraphysen und beide haben zugespitzte Asci (Henssen 1963b, 1979). Die Arten sind nur im Wuchs verschieden und nah verwandt. Die Arten der *Phylliscum macrosporum*-Gruppe gleichen in Anatomie und Ascoma-Entwicklung *Anema*. Die Unterschiede in der Färbung der Gallerte der Photobionten taugen nicht zur Begründung stammesgeschichtlicher Verwandtschaft. *Phylliscum demangeonii* hat nach Henssen (1963b) fädige Konidien wie z.B. *Peccania* oder *Phyllisciella*. Diese Beobachtung konnte an amerikanischen Proben nicht bestätigt werden. Andere Merkmale wie Pycnoascomata, Fehlen von Paraphysen, zugespitzte Asci und Periphysioide stimmten jedoch überein.

Schlüssel nach Henssen (1963b), ergänzt und verändert.

- | | | |
|---|---|------------------------|
| 1 | Paraphysen fehlend, Scheibe der Apothecien dauerhaft punktförmig, Asci zugespitzt, Thallus groß und blättrig oder schuppig-umbilicat, dann Randloben länger als 0,5 mm | 2 |
| 1 | Paraphysen vorhanden, Scheibe der Apothecien wenigstens zuletzt offen, Asci abgerundet, Thallus kleinlappig oder schuppig-umbilicat, dann Randloben bis 0,5 mm | 4 |
| 2 | Thallus groß, 5-20 mm, aus vielen schmalen Loben, die bis zur Mitte des Thallus geteilt sind, Loben flach bis rinnig, Sporen zu 8, oval, Lagerinneres mit luftgefüllten Hohlräumen, Japan | P. japonicum |
| 2 | Thallus kleiner, bis 5 mm, Loben nicht tief geteilt | 3 |
| 3 | Sporen zu 16, oval, Lager ziemlich regelmäßige umbilicate Rosetten bildend, Oberfläche gefeldert, Europa und Nordamerika | P. demangeonii |
| 3 | Sporen zu 8, rund, Lager eher aus unregelmäßigen flachen Loben, Japan | P. microphyllum |
| 4 | Asci mit 16 Sporen | 5 |
| 4 | Asci 8 sporig | 6 |
| 5 | Lager kleinlappig aus flach ausgebreitet liegenden, geschlängelten, gebogenen od. gestreckten, bis 3 mm langen Loben, diese einfach oder 1-2 mal geteilt, Lager innen mit „Medulla“ aus lockeren Hyphen und luftgefüllten Hohlräumen, Granit, Venezuela | P. vermiformis |
| 5 | Lager zwergig strauchig, aus aufrechten Lobuli, Lager innen ohne Hohlräume, Silikatgestein, Indien | P. abuense |
| 6 | Apothecien bleibend eingesenkt mit kaum erweiterter Scheibe, Schuppen rosettig-umbilicat, Oberfläche deutlich gefeldert, Silikatgestein, trop. Afrika und Venezuela | P. testudineum |
| 6 | Apothecien sitzend oder mit deutlichem Lagerrand, Scheibe erweitert, Schuppen i.d.R. nicht deutlich gefeldert | 7 |
| 7 | Sporen über 15 µm lang, gew. 17-25 × 9-11 µm, auf kalkhaltigem Gestein, Indien | P. indicum |
| 7 | Sporen gew. nur bis 15 µm lang, auf Silikatgesteinen | 8 |
| 8 | Sporen reif dickwandig, fast rund, (7,5-)10-15 × (7,5-)10-12,5 µm, Lager mit häutig-dünne „Primärthallus“, „Sekundärthallus“ dann kleinlappig mit 1-5 Apothecien | P. macrosporum |
| 8 | Sporen dünnwandig, oval, kleiner 8-11,5 × 4-5 µm, oft mit Plasmabrücken, Kalifornien und Venezuela | P. tenue |

Porocyphus Körber, Syst. Lich. Germ.: 425 (1855)

Typusart: *P. coccodes* Flotow ex Körber, Syst. Lich. Germ.: 426 (1855).

Wuchs: krustig (Taf. 2g), schuppig od. zwergig-strauchig bis strauchig, Lager schwarz, Oberfläche glatt od. uneben bis warzig; **Anatomie:** unberindet, ungeschichtet, Hyphen paraplectenchymatisch, fächerförmig od. springbrunnenartig, Zellen eckig od. rundlich; **Photobiont:** Rivulariaceae (z.B. *Calothrix*) od. offenbar auch coccale Cyanobakterien, Gallerte außen gelbbraun, innen farblos, KOH-, dünn, Zellen kugelig bis oval, mit Gallerte 7,5-12,5(-15) µm, ohne Gallerte 5-10(-12,5) µm; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, i.d.R. Pycnoascomata (Taf. 5g), Ascogone unter Pyknidien; **Ascomata:** Apothecien sitzend, Scheibe zuletzt offen, meist gelbbraun, Lagerrand deutlich aber zuletzt oft zurücktretend od. fast ganz verschwindend, *excip. prop.* anfangs dünn, zuletzt oft dick und bräunlich gefärbt, Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun, IKI+ blau, Hypothecium hyalin; **Asci:** prototunicat, zylindrisch bis schmal keulig, dünnwandig, Wand IKI-; **Sporen:** zu 8, einfach, hyalin, dünnwandig, elliptisch bis breit elliptisch, ca. 8-24 × 5-13 µm; **Paraphysen:** schwach septiert, spärlich verzweigt und anastomosierend, Endzelle undeutlich kopfig verdickt; **Pyknidien:** laminal, eingesenkt, kugelig bis birnenförmig, Wand farblos; **Konidien:** elliptisch od. stäbchenförmig, einfach, ca. 3 × 1 µm; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** kalkhaltige, vulkanische od. silikatische Gesteine, auch auf Moosen; **Verbreitung:** weltweit in ariden bis humiden Regionen; **Molekulare Daten:** keine.

Die krustigen Arten sind habituell und oft auch anatomisch *Lemmopsis* und *Psorotichia* ähnlich. Eine sichere Trennung ist dann nur anhand der Anlage der Ascomata möglich: *Porocyphus* mit Pycnoascomata, *Lemmopsis* und *Psorotichia* mit Knäuel. Die subfruticosen und fruticosen Arten *Porocyphus dimorphus* und *P. lichinelloides* leiten anatomisch und habituell zur *Lichina willeyi*-Gruppe über.

Schlüssel provisorisch, nach Henssen (1963a, 1974), ergänzt und verändert.

- | | | |
|---|--|--------------------------|
| 1 | Lager randlich meist deutlich effiguriert, an zumindest zeitweilig untergetauchten Gesteinsflächen | 2 |
| 1 | Lager nicht effiguriert sondern einfach krustig-körnig bis kleinstrauchig, wenn randlich lappig erscheinend, dann immer auch aufrechte Ästchen vorhanden | 4 |
| 2 | die Randareolen alter Thalli sehr auffällig schmale Bögen formend, zentral Areolen nur vereinzelte und mit Apothecien, junge Thalli noch kompakt, in Simbabwe an einem Wasserfall und Südafrika in Wasserrinne .. | |
| | | P. effiguratus |
| 2 | Thallus zuletzt nicht in Bögen sondern bleibend eine flächig geschlossene Rosette bildend | 3 |
| 3 | Thallus schwarz, mit unregelmäßigen Randareolen, Oberfläche des Lagers durchgehend oder rissig-areoliert, auf Silikatgestein an Seeufern in Schottland und Finnland | P. kenmorensis |
| 3 | Thallus grün, krustig, mit gekerbtem, deutlich effiguriertem Rand, Java auf überflutetem Silikatfels | |
| | | P. ruttneri |
| 4 | Thallus kleinstrauchig, aus flachen bis aufrechten, kurzen, unverzweigten od. verzweigten Ästchen | 5 |
| 4 | Thallus krustig-dünn und ohne flache od. aufrechte Lappchen | 7 |
| 5 | Thallus mit basal flachen Loben sowie aufrechten bis 1 mm langen Loben, daher randlich effiguriert und subfruticos erscheinend, Elfenbeinküste in Sickerwasserstreifen, mit <i>Peltula tortuosa</i> | P. dimorphus |
| 5 | Lager nicht zweigestaltig | 6 |
| 6 | Lager winzig-strauchig, aus dicht verzweigten zylindrischen Loben, Lagerrand unregelmäßig klumpig, oft dünn, Paraphysen apikal verdickt (4 µm), Sporen 12,5-15 × 5-7,5 µm, schattiger basischer Fels, W Irland (nach Purvis et al. 1992) | P. leptogiella |
| 6 | Thallus mit bis 3 mm langen, aufrechten Loben, daher deutlich fruticos erscheinend und ähnlich <i>Lichinella stipatula</i> , Australien auf feuchtem Granit | P. lichinelloides |

- 7 Thallus körnig-dünn (bis winzig strauchig), die Trichome des Photobionten kaum verändert, Hyphen unregelmäßig, in Europa auf kalkhaltigen und silikatischen Gesteinen **P. rehmicus**
- 7 Lager i.d.R. dicker, krustig bis schuppig, zuweilen mit stiftförmig auswachsenden Lobuli, dann subfruticos, Anatomie kompakter, Trichome des Photobionten kaum mehr erkennbar sondern zu einzelnen Zellen aufgelöst **8**
- 8 Lager körnig bis schuppig oder mit korallin auswachsenden Lobuli, Eigenrand der Apothecien gew. deutlich und apikal oft bräunlich gefärbt, Europa, Nordafrika, Nordamerika auf feuchten Gesteinen und Sandkrusten od. Moosen über silikatischem Fels **P. coccodes**
- 8 Thallus ähnlich nur etwas kleiner und die Apothecien ohne Eigenrand, Australien auf feuchtem Gestein **P. kalbarrensis**

Psorotichia Massal., Framm. Lich.: 15 (Jan. 1855)

Typusart: *P. murorum* Massal., l.c.

Syn.: *Collemopsis* Nyl. ex Cromb.; J. Bot., London 12: 332 (1874) (s. Jørgensen & Henssen 1990).

Wuchs: krustig (Taf. 1g), unregelmäßig körnig, areoliert bis leicht effiguriert, Lager schwarz, selten bereift, Oberfläche glatt od. warzig rau; **Anatomie:** unberindet, ungeschichtet, Hyphen paraplectenchymatisch (Taf. 4e), Zellen klein, eckig od. rundlich; **Photobiont:** coccale Cyanobakterien (z.B. *Chroococidiopsis*), Gallerte außen gelbbraun, innen farblos, KOH-, dünn, Zellen klein, kugelig bis oval, mit Gallerte (5-)7,5-10 µm, ohne Gallerte (2,5-)5-7,5 µm; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Ascogone in kugeligem Knäuel generativer Hyphen (Taf. 5i); **Ascomata:** Apothecien halbeingesenkt, sitzend bis gestielt, Scheibe zuletzt offen, meist bräunlich, Lagerrand deutlich, *excip. prop.* sehr dünn, hyalin, oft fehlend, Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun, IKI+ blau, selten IKI-, Hypothecium hyalin, oft stielartig ins Lager reichend; **Asci:** prototunicat, zylindrisch bis schmal keulig, dünnwandig, Wand IKI-; **Sporen:** zu 8, selten bis 24, einfach, hyalin, dünnwandig, kugelig bis elliptisch, ca. 5-20 × 3-9 µm; **Paraphysen:** septiert, verzweigt und anastomosierend, Endzelle oft kopfig verdickt; **Pyknidien:** laminal, eingesenkt, kugelig od. birnenförmig, Wand farblos; **Konidien:** elliptisch od. stäbchenförmig, einfach, ca. 3 × 1 µm; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** meist an sporadisch befeuchteten Stellen, auf kalkhaltigen, vulkanischen und silikatischen Gesteinen; **Verbreitung:** weltweit; **Molekulare Daten:** 18S rDNA von *P. murorum*, *P. polyspora*, *P. schaeereri*.

Diese Sammelgattung enthält etwa 60 Arten, deren Kenntnis und Bearbeitung noch völlig ungenügend sind. Charakteristische Merkmale sind das Fehlen des *excip. prop.* (bis auf wenige Ausnahmen, z.B. *Psorotichia schaeereri*), die stielartige Verlängerung des Hypotheciums (im Unterschied zur vermutlich nah verwandten Gattung *Lemmopsis*) und die paraplectenchymatische Lagerstruktur. (s. Abschn. 5.2.3., S. 115).

Schlüssel für west- und südeuropäische Arten in Clauzade & Roux (1985).

Pterygiopsis Vain., Étude Classific. Natur. et Morph. Lich. Brés. I: 238 (1890)

Typusart: *P. atra* Vain., Étude Classific. Natur. et Morph. Lich. Brés. I: 239 (1890)

Syn.: *Enchylium* Massal., Flora 39: 213 (1856)

Forssellia Zahlbr., in Engler & Prantl, Nat. Pfl., 1(1): 161 (1906).

Wuchs: krustig, placodioid od. schuppig, Lagerrand gew. deutlich effiguriert, Lager schwarz, schwarzbraun od. dunkelgrau, Oberfläche selten mit „isidiösen“ Auswüchsen (Taf. 1h); **Anatomie:** unberindet, ungeschichtet, Hyphen in den oberen Lagerteilen oft fächerartig und in senkrechten Reihen, in den basalen Teilen paraplectenchymatisch, Zellen klein, eckig od. rund; **Photobiont:** coccale Cyanobakterien, Gallerte außen gelbbraun od. rötlich, innen farblos, KOH- od. KOH+ violett, dünn, Zellen kugelig, oval od. abgeplattet, mit Gallerte 5-7,5(-10) µm, ohne Gallerte 3-5(-7,5) µm; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Pycnoascomata, Ascogone unter Pyknidien od. Ascogone in Knäuel generativer Hyphen; **Ascomata:** Apothecien eingesenkt, sitzend od. fast gestielt, Scheibe offen, dunkel, oft genabelt, Lagerrand deutlich, *excip. prop.* dünn, hyalin od. leicht gefärbt, Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun od. schwarzgrün, IKI+ blau od. IKI-, Hypothecium hyalin; **Asci:** prototunicat, keulig, relativ dickwandig, Wand IKI-, mit Gallerthaube; **Sporen:** zu 8 od. bis 24, einfach, hyalin, dünnwandig, kugelig bis breit elliptisch, ca. 7,5-18 × 5-10 µm; **Paraphysen:** septiert, spärlich verzweigt und anastomosierend, oft moniliform mit kopfig verdickten Endzellen; **Pyknidien:** laminal, eingesenkt, kugelig, Wand farblos, einfach; **Konidien:** elliptisch od. stäbchenförmig, einfach, ca. 3 × 1 µm; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** auf kalkhaltigem, vulkanischem od. silikatischem Gestein, submers od. amphibisch an Seeufem od. in Sickerwasserfurchen u.ä.; **Verbreitung:** weltweit; **Molekulare Daten:** 18S rDNA von *P. guyanensis*.

Die Gattung ist durch die fächerartige Anatomie und die oft effigurierten Lager an sich gut kenntlich. Allerdings sind auch in dieser Gruppe Arten vereinigt, die sich in der Anlage der Ascomata wesentlich unterscheiden. Etwa je eine Hälfte der Arten bildet Pycnoascomata, die andere gehört zum Knäueltyp. Es konnte gezeigt werden, daß *Pterygiopsis guyanensis* mit Pycnoascomata in eine geschlossene Gruppe mit anderen Lichinaceae, die diesen Ontogenie-Weg besitzen, gehört (*Anema*, *Ephebe*, *Thyrea*, *Pyrenopsis*). Die offenbar polyphyletische Gattung *Pterygiopsis* muß also neu umschrieben werden. Henssen (1979) hat *Enchylium* Massal., typifiziert mit *E. affinis* Massal., in Synonymie zu *Pterygiopsis* gestellt. Leider gibt es unterschiedliche Aussagen zur Ontogenie dieser Art: Knäueltyp (Moreno & Egea 1994, S. 297), Pycnoascomata (Henssen 1990b, S. 9). Sollte die Art Pycnoascomata bilden, könnte *Enchylium* wiedererrichtet werden und jene *Pterygiopsis*-Arten aufnehmen, die diesen Ontogenie-Weg ebenfalls besitzen.

Forssellia neglecta Erichs. wurde auf Kalksteinen des Elbdeiches bei Warwisch, Hamburg gefunden (Erichsen 1940). Die Art ähnelt *Psorotichia*. Die Anatomie ist nicht fächerförmig. Die Apothecien entstehen aus einem Knäuel. Die Asci sind 8-sporig. Das Hymenium färbt sich in IKI blau. Die Zugehörigkeit zu *Pterygiopsis* ist zweifelhaft.

	Sporen	Hymenium in IKI	Ontogenie	Vorkommen
affinis	16-24	blau	Knäueltyp od. Pycnoasc.	Spanien, NW Afrika
atra	8	neg.	Knäueltyp	Brasilien
australiensis	16-24	neg.	Pycnoascoma	Australien
canariensis	16-24	blau	Pycnoascoma	Fuerteventura
convexa	8	blau	Knäueltyp	Südafrika
convoluta	8	blau	Pycnoascoma	Australien
coracodiza	8	blau	Knäueltyp ?	Europa
guyanensis	8	blau	Pycnoascoma	Guyana
lacustris	8	neg.	?	Europa
melanophthalma	8	weinrot	Knäueltyp	Südafrika
submersa	8	neg.	Knäueltyp	Südafrika
umbilicata	16-24	blau dann bräunl.	Pycnoascoma	Mähren

Tab. 5: Verteilung einiger Merkmale in der Gattung *Pterygiopsis*.

Pyrenopsis (Nyl.) Nyl., Syn. Lich.: 97 (1858), *nom. cons.* (s. Jørgensen & Henssen 1990)

Typusart: *P. fuscicula* Nyl.

Wuchs: krustig, Lager schwarz, schwarzbraun od. braunrot, Oberfläche glatt, körnig (Taf. 2h) bis koralloid, Thallusrand manchmal effiguriert; **Anatomie:** unberindet, ungeschichtet, paraplectenchymatisch, Zellen eckig od. rundlich; **Photobiont:** coccale Cyanobakterien, Gallerte i.d.R. außen rötlich, innen farblos, KOH+ violett, dünn od. bis 2,5 µm dick, geschichtet, oft granuliert, Zellen kugelig bis oval, mit Gallerte 7,5-10(-15) µm, ohne Gallerte (2,5)5-7,5(-10) µm; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Pycnoascomata, Ascogone unter Pyknidien; **Ascomata:** Apothecien eingesenkt bis sitzend, Scheibe zuletzt offen, dunkel, Lagerrand deutlich, *excip. prop.* dünn, hyalin, selten fehlend, Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun, IKI+ blau, Hypothecium hyalin; **Asci:** unitunicat-rostrat, keulig, dickwandig, innere Wandschicht IKI+ blau, aber manchmal undeutlich, mit Gallerthaube; **Sporen:** zu 8 od. bis 32, einfach, hyalin, dünnwandig od. dickwandig, bis 2,5 µm, kugelig bis breit elliptisch, ca. 5-18 × 3-10 µm; **Paraphysen:** septiert, moniliform, verzweigt und anastomosierend, Endzellen kopfig verdickt; **Pyknidien:** laminal, eingesenkt, meist birnenförmig, Wand farblos; **Konidien:** elliptisch od. stäbchenförmig, einfach, ca. 3 × 1 µm; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** kalkhaltige, vulkanische und silikatische Gesteine, meist an sporadisch od. dauerfeuchten Stellen; **Verbreitung:** weltweit; **Molekulare Daten:** 18S rDNA von *Pyrenopsis* spec. (Herb. Büdel 24061a; siehe auch Schultz et al. 2000e).

Diese Sammelgattung enthält etwa 60 Arten, deren Kenntnis und Bearbeitung völlig ungenügend sind. Charakteristisch sind die Anlage von Pycnoascomata, die Entwicklung eines dünnen *excip. prop.*, die oft moniliformen Paraphysen und vor allem die keuligen, dickwandigen Asci. Für einige Arten konnte eine rostrate Öffnungsweise mit aktiver Sporenfreisetzung nachgewiesen werden (Henssen et al. 1987), andere Arten besitzen zwar, keulige, dickwandige Asci, ihnen scheint jedoch die amyloide innere, dehnbare Schicht zu fehlen. Dazu gehört auch jene Art, die in den 18S rDNA-Stammbäumen mit *Pterygiopsis*

gyanensis zusammenfällt (Fig. 7, 8; S. 60, 61). Es liegt die Vermutung nahe, das *Pyrenopsis* eine heterogene Ansammlung bildet, deren Arten sich zumindest im Ascustyp unterscheiden. Schlüssel für west- und südeuropäische Arten in Clauzade & Roux (1985).

Stromatella Henss., Lichenol. 21: 111 (1989)

Typusart: *S. bermudana* (Riddle) Henss., Lichenol. 21: 112 (1989).

Wuchs: krustig, schuppig-areoliert, schwarz, Oberfläche fein tessellat durch dicht gepackte, aufrecht wachsende Lobuli od. Kolonien von Cyanobakterien; **Anatomie:** unberindet, ungeschichtet, dicht netzig bis paraplectenchymatisch, Zellen eckig; **Photobiont:** coccale Cyanobakterien, Gallerte außen gelbbraun, innen farblos, KOH-, bis 2,5 µm dick, undeutlich geschichtet und granuliert, Zellen kugelig bis oval, mit Gallerte 7,5-10(-12,5) µm, ohne Gallerte 5-7,5(-10) µm; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Pycnoascomata, Ascogone unter Pyknidien od. aus einem Stroma; **Ascomata:** Apothecien eingesenkt bis halbsitzend, Scheibe offen, schwärzlich rot, manchmal umbonat, Lagerrand deutlich, oft gekerbt od. knotig, *excip. prop.* dünn, hyalin od. gelbbraun, Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun, IKI+ blau, Hypothecium hyalin od. gelbbraun, manchmal stielartig verlängert; **Asci:** prototunicat, zylindrisch bis schmal keulig, dünnwandig, Wand IKI-; **Sporen:** zu 8, einfach, hyalin, dünnwandig, breit elliptisch, ca. 12-26 × 8-11 µm; **Paraphysen:** deutlich septiert, apikal oft reich verzweigt und anastomosierend, Endzellen kopfig verdickt od. moniliform; **Pyknidien:** laminal, eingesenkt, kugelig od. birnenförmig, Wand farblos; **Konidien:** elliptisch-stäbchenförmig, einfach, ca. 3 × 1 µm; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** auf Kalkstein; **Verbreitung:** Bermuda Islands und Kalksteingebiete im zentralen Arizona sowie südlichen Kalifornien, an ± exponierten od. geschützten Felsflächen; **Molekulare Daten:** 18S rDNA von *S. bermudana*.

Der Name dieser monotypischen Gattung bezieht sich auf die Anlage der Ascomata in einem Stroma, daneben werden aber auch Pycnoascomata angelegt (Henssen 1989). Die südwestamerikanischen Proben stimmen in Habitus und Anatomie mit der Beschreibung des Typus sehr gut überein. Als Fruchtkörper wurden jedoch nur Pycnoascomata gefunden, die stromatöse Anlage konnte nicht bestätigt werden.

Die Gattung steht *Porocyphus* relativ nahe (Ontogenie, Färbung des *excip. prop.*, paraplectenchymatische Anatomie, Wuchs). *Psorotichia* ist ebenfalls ähnlich bildet aber keine Pycnoascomata, ein *excipulum proprium* fehlt oder ist, wenn vorhanden, dünn und farblos.

Synalissa Fries, Syst. Orb. Veget. pars 1: 297 (1825)

Typusart: *S. symphorea* (Ach.) Nyl., Act. Soc. Linn. Bordeaux 21: 264 (1856).

Wuchs: kleinstrauchig bis strauchig, umbilicate Polsterchen bildend, Lager schwarz bis braunschwarz, selten bereift, Oberfläche glatt, warzig rau od. mit winzigen Lobuli bedeckt; **Anatomie:** unberindet, ungeschichtet, Hyphen locker netzig, Zellen länglich schmal bis eckig, in basalen Lagerteilen Hyphen oft strangförmig;

Photobiont: coccale Cyanobakterien, Gallerte außen rot bis rotbraun, innen farblos, KOH+ violett, 2,5-5 µm dick, geschichtet, granuliert, Zellen kugelig bis oval, mit Gallerte 10-17,5 µm, ohne Gallerte 5-7,5 µm; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Ascogone frei im Lager entstehend; **Ascomata:** Apothecien sitzend bis gestielt, Scheibe punktförmig od. zuletzt offen, dunkelrot, Lagerrand deutlich, *excip. prop.* dünn, hyalin, selten fehlend, Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun, meist IKI-, Hypothecium hyalin; **Asci:** prototunicat, zylindrisch bis schmal keulig, dünnwandig, Wand IKI-; **Sporen:** zu 8 od. bis 32, einfach, hyalin, meist dünnwandig, kugelig bis breit elliptisch, ca. 7-12 × 6-9 µm; **Paraphysen:** septiert, spärlich verzweigt und anastomosierend; **Pyknidien:** laminal, eingesenkt, meist kugelig, Wand farblos; **Konidien:** elliptisch od. stäbchenförmig, einfach, ca. 3 × 1 µm; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** kalkhaltige, vulkanische und silikatische Gesteine od. auf dünnen Bodenkrusten, meist an sickerfeuchten Stellen; **Verbreitung:** weltweit mit Schwerpunkt in ariden bis semiariden und mediterranen Regionen aber auch an trockeneren Standorten in den feuchten Tropen; **Molekulare Daten:** keine.

Die *Synalissa*-Arten ähneln im Wuchs *Peccania*, sie unterscheiden sich jedoch deutlich durch das Fehlen der roten Flecken im Hymenium, das Fehlen eines Zentralstranges und des stielartig verlängerten Hypotheciums sowie durch die kurzen, kleinen Konidien und einfachen Konidiophoren. Die freie Anlage der Ascogone im Lager gleicht wiederum *Peccania*. Von Unterschieden im Wuchs abgesehen ähnelt *Synalissa* vor allem *Paulia* und *Phloeopeccania*.

Schlüssel: Zwei der weltweit etwa 5 Arten sind recht gut bekannt und weit verbreitet. Das Hymenium beider Arten ist nicht amyloid.

- 1 Sporen bis 32, Lager aus kleinen, genabelten Polsterchen mit ± keuligen, dicklichen Loben bestehend, Thallus trocken schwarz, feucht und bei stärkerer Vergrößerung auch schwarzviolett, oft grau bereift, auf Kalkgestein und kalkhaltigen Bodenkrusten, Europa, Nordafrika, Arabien, Asien? **S. symphorea**
- 1 Sporen zu 8, Lager kleine Polsterchen aus ± zylindrischen, schlanken Loben bildend, die oft winzige Seitenverzweigungen tragen, auch der Lagerrand der Apothecien oft mit solchen Lobuli, Thallus trocken schwarzbraun, feucht deutlich rötlich braun, nie bereift, auf silikatischem und vulkanischem Gestein, Sonora-Wüste, Venezuela, Brasilien **S. matogrossensis**

Thyrea Massal., Sched. Critic.: 75 (1856) emend. Schultz

Typusart: *T. plectopsora* Massal., l.c.

Wuchs: ziemlich vielgestaltig: rosettig-umbilicat, schuppig-umbilicat, blättrig bis strauchig (Taf. 2b), Lager schwarz, schwarzbraun od. dunkeloliv, oft bereift, Oberfläche glatt, faltig, warzig rau, papillös od. von kugeligen „Isidien“ bedeckt; **Anatomie:** unberindet, geschichtet, zentral mit dünnem od. dickem Strang aus locker verwobenen Hyphen mit länglichen Zellen, peripher netzig od. ± antiklin, Zellen länglich schmal bis eckig; **Photobiont:** coccale Cyanobakterien, Gallerte außen gelbbraun od. rotbraun, innen farblos, KOH- od. KOH+ violett, bis 2,5 µm dick, geschichtet, oft granuliert, Zellen kugelig bis oval, mit Gallerte (5-)7,5-12,5 µm, ohne Gallerte (3,5-)5-7,5 µm; **Ascomaontogenie:** hemiangiocarp, Pycnoascomata, Ascogone unter Pyknidien; **Ascomata:** Apothecien eingesenkt bis halb sitzend, Scheibe punktförmig, zuletzt auch offen, braungelb od. schwärzlich, Lagerrand undeutlich od. deutlich, *excip. prop.* dünn, hyalin (Taf. 4f), Hymenium hyalin, oberste Teile gelblich braun, IKI+ blau, Hypothecium hyalin; **Asci:** prototunicat, zylindrisch bis schmal keulig,

dünnwandig, Wand IKI-; **Sporen:** zu 8-16 (s.u.), einfach, hyalin, dünnwandig od. zuletzt dickwandig (Taf. 4f), kugelig bis elliptisch, ca. 5-15 × 3-14 µm; **Paraphysen:** septiert, spärlich verzweigt und anastomosierend, Endzelle oft kopfig verdickt; **Pyknidien:** laminal, eingesenkt, kugelig od. birnenförmig, Wand farblos; **Konidien:** elliptisch od. stäbchenförmig, einfach, ca. 3 × 1 µm; **Konidiophoren:** länglich-terminal, einfach; **Ökologie:** Kalkstein od. Silikatgestein, in Sickerwasserfurchen u.ä., schattigen Steil- und Überhangsflächen, auf Ufergestein von Flüssen; **Verbreitung:** weltweit, aber vor allem nördliche Hemisphäre mit Schwerpunkt in ariden bis semiariden und mediterranen Regionen; **Molekulare Daten:** 18S rDNA von *T. confusa*, *T. pachyphylla*.

Thyrea sensu Zahlbruckner ist eine Sammelgattung, die einige mit *Thyrea* s.str. nicht näher verwandte Arten der Gattungen *Paulia*, *Lichinella*, *Anema*, *Peccania*, *Lempholemma* und *Digitothyrea* enthält. Moreno & Egea (1992a, 1992c) begrenzten die Gattung auf jene Arten, die Pycnoascomata bilden und ± blättrig-schuppige Lager besitzen und stellten jene, die zum Knäueltyp gehören und ± strauchige Lager mit tief geteilten Loben besitzen, in die neue Gattung *Digitothyrea*. Auf der Basis molekulare Untersuchungen (Tab. 4, S. 66) konnte dieses Konzept eindeutig bestätigt werden.

„*Jenmania osorioi*“ ist von der Typusart der Gattung *J. goebelii* deutlich verschieden (s.o.). Die Anlage von Pycnoascomata und der Besitz geschichteter Thalli mit Zentralstrang rückt „*Jenmania osorioi*“ in die Nähe von *Thyrea* s.str. Abweichend sind nur die 16-sporigen Asci und der Besitz tief geteilter, bandartiger Loben. Beide Merkmale, Anzahl der Ascosporen und allgemeine Wuchsform stellen jedoch - ganz im Gegensatz zur Anlage der Fruchtkörper - keine Grundlage für eine möglichst natürliche Einordnung auf Gattungsniveau oder darüber dar. Es wird daher folgende Umkombination vorgeschlagen, um eine scharfe Abgrenzung der Gattung *Thyrea* von *Jenmania* zu erreichen:

Thyrea osorioi (Henss.) Schultz nom. prov.

Bas.: *Jenmania osorioi* Henss., Lichenol. 5: 447 (1973).

Schlüssel provisorisch, nach Moreno & Egea (1992c), erweitert und verändert. *Thyrea porphyrella* Schultz, Büdel & Poremb. ist eine neue Art von Südamerika (Schultz et al. 2000d). *Thyrea arenae* Massal. ex Forss., *T. borzii* (Forss.) Beltram, *T. camaromorpha* (Massal.) Massal., *T. mongolica* H. Magn. und *T. nummularioides* (Nyl.) Massal. wurden nicht berücksichtigt.

- | | | |
|---|---|---------------------|
| 1 | große Arten, Einzelthalli > 10 mm od. zu großen Lagern zusammengesetzt | 2 |
| 1 | Einzelthalli kleiner, max. 10 mm im Durchmesser, i.d.R. nicht zu großen Lagern zusammengesetzt | 9 |
| 2 | Thallus groß, bis 5 cm, einblättrig, ähnlich <i>Umbilicaria grisea</i> , Lager grau bereift und mit Isidien v.a. auf der Thallusunterseite, Silikatgestein an Flußufer, Japan | T. latissima |
| 2 | Thallus nicht einblättrig sondern in Lappen geteilt, wenn einblättrig, dann deutlich kleiner | 3 |

- 3 Thallus 10-25 mm, tief geteilt in schmale 2-3(4) mm breite, flache bis gewölbte Loben, diese dem Substrat aufliegend, flächig „sorediös“, die „Soredien“ entstehen als kleine Auswüchse der Thallusoberfläche (18-54 µm Ø), auf Silikatgestein, Indien **T. indica**
- 3 Thalli etwas größer, 20-40 mm, mit breiten, teilweise verzweigten, aufrechten oder flachen Loben **4**
- 4 Thallus (meist) blaugrau bereift, calciphile Arten **5**
- 4 Thallus nicht bereift, auf kalkhaltigen od. silikatischen Gesteinen **6**
- 5 Loben aufrecht und oft überlappend, auch flach gestreckt aber wenigstens am Rand leicht aufsteigend, ± unregelmäßig verzweigt, Europa, Nordamerika, Nordafrika, Sokotra **T. confusa**
- 5 Thallus eine flache Rosette aus wenigen abgerundeten Loben, Mittelmeerraum, USA? **T. girardi**
- 6 Thallus ± einblättrig od. mit bis zu 5 Loben, Rosetten (1-)2-4 cm, schwarz, mit papillöser bis netziger Oberfläche, Thallus 500-700 µm dick, breites Mark (ca. 100 µm), auf geneigten, besonnten aber feuchten Kalk- oder Silikatfelsflächen, Südfrankreich, Marokko, Sonora **T. pachyphylla**
- 6 Lager anders, Loben nie mit warzig papillöser od. netziger Oberfläche, Loben deutlich dünner **7**
- 7 Loben oberflächlich fein warzig, Thallus lappig, bis 2 cm, Loben aufrecht, dünn, 100-180 µm, Mark sehr dünn (einige µm), meist steril, in Kalkfesspalten und auf kalkhaltigen Rohböden, Nordafrika, Südspanien .
..... **T. plicatissima**
- 7 Oberfläche der Loben glatt od. faltig **8**
- 8 Loben glatt od. mit Falten, breit und abgerundet, flach anliegend, auf Granitinselbergen, Brasilien, Guyana
..... **T. porphyrella**
- 8 Loben glatt, ohne Falten, schmal, bandartig, aufrecht, auffällig verdreht, Sporen zu 16, amphibisch auf Ufergestein eines Flusses in Uruguay **T. osorioi**
- 9 Thallus 5-10 mm groß, einblättrig, subfruticos bis kleinstrauchig **10**
- 9 Thallus 3(-5) mm, schuppig-peltat, einblättrig, flach, nie mit aufgerichteten Loben **11**
- 10 Thallus Polsterchen bildend, schmale (1-5 mm) u. flache, dichotom bis unregelmäßig geteilte Loben, Oberseite mit kugeligen Isidien (-135 µm Ø), Silikatgest., Flußufer, Japan und östl. China **T. asahinae**
- 10 Thallus anders, zuerst noch mit flachen randlich gekerbten, angepreßten Loben, zuletzt dann mit unregelmäßig geteilten und aufrechten Loben, schwarzgrün, mitunter grau bereift, Kuba **T. leptophylla**
- 11 Thallus grau bereift, Zentralstrang oft undeutlich, südliches Europa, Sokotra
..... **T. plectopsora** (inkl. *phylliscoides*)
- 11 Lager unbereift, Zentralstrang deutlicher, auf Kalkgestein, Kuba **T. deusta**

4.3.5. Weitere Gattungen

Um einen möglichst vollständigen Überblick zu den Lichinaceae zu geben, sollten auch jene Gattungen berücksichtigt werden, die nicht eingehender untersucht wurden. Dazu zählen vor allem sehr seltene Gattungen, die teilweise nur durch die Aufsammlung der Typusarten bzw. die Diagnosen bekannt sind, aber auch solche, die in den vergangenen Jahren monographisch bearbeitet wurden. Von einer Reihe Gattungen konnte kein Material entliehen oder gesammelt werden, so daß sich die Angaben dann auf die Auswertung der verfügbaren Literatur stützen.

Calotrichopsis Vain., Étude Classific. Natur. et Morph. Lich. Brés. I: 243 (1890)

Typusart: *C. insignis* Vain., l.c.

Beschreibung: siehe Henssen (1963a) Lager krustig, körnig od. winzig strauchig, an das Substrat angepreßt, Hyphen dünn, mit kurzen Zellen, unregelmäßig in der Gallerte des Photobionten (*Calothrix*) liegend od. parallel und dann die Trichome mantelartig umgebend; Apothecien eingesenkt bis sitzend, Pycnoascomata, *excip. prop.* dünn; Hymenium IKI+ blau, Asci dünnwandig, 8-sporig; Sporen einfach, hyalin, kugelig od. oval, ca. (5-)7,5-12,5 × 4-6 µm; Konidiophoren einfach, Konidien klein, elliptisch od. zylindrisch, ca. 3 × 1 µm, terminal abgeschnürt; auf kalkhaltigem od. silikatischem Gestein im tropischen Südamerika.

Die Gattung gehört mit den Arten der *Lichina willeyi*-Gruppe und *Porocyphus* zu jenen Lichinaceae mit *Calothrix* als Photobiont und mit Pycnoascomata. Die Unterschiede liegen hauptsächlich im Wuchs. *Calotrichopsis*: häutig dünn bis winzig strauchig-fädig; *Porocyphus*: krustig, schuppig bis kleinstrauchig; *Lichina willeyi*-Gruppe: strauchig. Die anatomischen Verhältnisse sind bei *Calotrichopsis* am einfachsten: locker netzig die Trichome umspinnend; bei den strauchigen *Porocyphus*-Arten und *Lichina* am kompliziertesten: Springbrunnensystem. Die näheren verwandtschaftlichen Beziehungen von *Calotrichopsis* sind noch unklar, jedoch gehört die Gattung in die Verwandtschaftsgruppe der Pycnoascoma-Bildner.

Schlüssel in Henssen (1963a).

Cryptothele Th.Fr., Bot. Not.: 59 (1866)

Typusart: *C. permiscens* (Nyl.) Th.Fr., l.c.

Syn.: *Pyrenopsidium* (Nyl.) Forss., Nov. Act. Reg. Soc. Scient. Upsal. 13: 59 (1885) (prepr.)

Malmgrenia Vain., Ann. Bot. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo 12: 126 (1939).

Beschreibung: siehe Henssen (1979), Henssen & Büdel (1984a), Henssen & Jørgensen (1990), Jørgensen & Henssen (1990) Lager krustig, dünn, mit gelatinöser Haftscheibe befestigt, Hyphen locker netzig, kurzzeitig, Photobiont sind rotgallertige coccale Cyanobakterien; Apothecien eingesenkt bis sitzend, Scheibe punktiert, Pycnoascomata, *excip. prop.* entwickelt, Paraphysen fehlen, mit Periphysoiden um die Mündung der Apothecien; Asci, dünnwandig, zugespitzt, polyspor od. 8-sporig, Sporen einzellig, elliptisch, manchmal gebogen; Konidiophoren einfach (?), Konidien i.d.R. fädig, gebogen, terminal abgeschnürt (?); auf kalkhaltigem od. silikatischem Gestein von Nordeuropa bis in die Tropen.

Das Fehlen von Paraphysen, die dadurch bedingte punktförmige Scheibe der perithecioiden Apothecien, die Anlage von Pycnoascomata, der Besitz von Periphysoiden und die fädigen Konidien sind auffällige Übereinstimmungen mit Arten der *Phylliscum demangeonii*-Gruppe. Die Trennung der Gattungen beruht ähnlich wie bei *Calotrichopsis* und *Porocyphus* auf der Wuchsform.

Provisorischer Schlüsselerwurf:

1	Asci polyspor (12-24)	2
1	Asci octospor	3
2	Sporen zu 12-16	C. laatokkaensis
2	Sporen zu 16-24	C. neglecta
3	Sporen i.d.R. 2-zellig erscheinend durch Plasmabrücke, länglich-elliptisch, gerade bis leicht gebogen 8-10 × 4 µm, Europa	C. permiscens
3	Sporen nicht so	4

- | | | |
|----|---|-------------------------|
| 4 | Thallus randlich deutlich areoliert, Apothecienscheibe sehr eng, Skandinavien | C. granuliformis |
| 4 | Thallus nicht randlich effiguriert sondern einheitlich körnig-krustig | 5 |
| 5 | Apothecien mit sekundär gebildeten kurzen Paraphysoiden, Brasilien, auf silikatischem Gestein | C. cylindrophora |
| 5! | Apothecien ohne solche Paraphysoide, Asci dickwandig, Konidien klein, Europa | C. rhodosticta |
| 5 | Sporen $15 \times 6 \mu\text{m}$, Afrika | C. africana |

Edwardiella Henss., Lichenol. 18: 51 (1986)

Typusart: *E. mirabilis* Henss., Lichenol. 18: 52 (1986).

Beschreibung: siehe Henssen (1986a) Lager krustig, alle lichenisierten Lagerteile bereits Teile des Fruchtkörpers, Hyphen \pm netzig, Photobiont ein coccales Cyanobakterium mit rötlicher Gallerte; Fruchtkörper sind Thallinocarprien (0,15-0,2 mm), Ascogone entstehen frei im Lager, Asci und wenige Paraphysen von Lagergeflecht bedeckt, „Hymenium“ Iod⁺ weinrot, Asci vielgestaltig, zylindrisch bis keulig, mit runden oder spitzen Enden, (2-)8-sporig, Sporen elliptisch bis breit oval oder z.T. gekrümmt, 6-8(-9,5) \times 4,5-6; Konidien zylindrisch, ca. $1,5 \times 1 \mu\text{m}$, terminal gebildet; eine Art auf den Prince Edward Islands und Marion Island, auf feuchter Lava.

Die freie Anlage der Ascogone und die Lage der reifen Asci und Paraphysen frei unter der Lageroberfläche stimmen mit den Thallinocarprien von *Lichinella* überein. Abweichend sind die 8-sporigen Asci, worin sich *Edwardiella mirabilis* und *Gonohymenia octosporella* gleichen. Es ist allerdings unklar, ob die Fruchtkörper von *Lichinella* und *Edwardiella* homologe Strukturen sind.

Euopsis Nyl., Flora 58: 363 (1875)

Typusart: *E. granatina* (Sommerf.) Nyl., l.c.

Beschreibung: Lager krustig bis kleinschuppig, Hyphen dicht netzig, Photobiont ein rotgallertiges, coccales Cyanobakterium, bei *E. granatina* zusätzlich mit coccalen Grünalgen (*Trebouxia*); Apothecien zuletzt eingesenkt bis sitzend mit breiter, offener, rötlich brauner Scheibe, *excip. prop.* dünn, Lagerrand deutlich, Ascogone in Knäuel generativer Hyphen; Hymenium IKI⁺ tiefblau, Asci unitunicat-rostrat, keulig, dickwandig, innere Schicht der Wand IKI⁺ blau, mit mantelartigem Tholus, außen mit Gallerthaube; Sporen zu 8, einzellig, hyalin, breit oval, ca. $9-16 \times 4-7 \mu\text{m}$; Konidien klein, zylindrisch; zwei Arten auf sickerfeuchten Silikاتفelsen in Nordeuropa und den mitteleuropäischen Gebirgen.

Euopsis hat wie *Harpidium* und *Pyrenopsis* unitunicat-rostrate Asci. Die beiden *Euopsis*-Arten entwickeln jedoch die Ascomata aus einem Knäuel generativer Hyphen, woraus sich ein Hauptkonflikt in der Merkmalsverteilung in den Lichinaceae ergibt (s. Fig. 1, S. 11).

Schlüssel der Arten *Euopsis granatina* und *E. pulvinata* in Clauzade & Roux (1985) unter *Pyrenopsis*.

Lecidopyrenopsis Vain., Hedwigia 46: 172 (1907)

Typusart: *L. corticola* Vain., l.c.

Beschreibung: Lager zwergig strauchig, unregelmäßige Lobuli bildend, Hyphen locker netzig od. mantelartig, Photobiont ein rotgallertiges, coccales Cyanobakterium; Apothecien sitzend, mit dickem *excip. prop.*, Lagerrand sehr dünn, zurücktretend; Ascogone entstehen frei im Lager; Hymenium IKI+ blau, Asci dickwandig, prototunicat (?); Sporen zu 8, breit oval; eine Art auf Palmenstamm der Insel Koh Chang, Thailand.

Lecidopyrenopsis corticola ist neben manchen *Lichinodium*-Arten die einzige epiphytische Lichinaceae. Da die Ascogone frei im Lager entstehen, scheint die Trennung von *Pyrenopsis* gerechtfertigt. Ob die als dickwandig und apikal verquollen beschriebenen Asci dem rostraten Typ von *Pyrenopsis* angehören, konnte nicht geklärt werden. Die nähere Verwandtschaft der Art und Gattung ist ebenso unklar.

Lemmopsis (Vain.) Zahlbr., Natürl. Pflanzenfam., Teil 1: 171 (1906)

Typusart: *Lemmopsis arnoldiana* (Hepp) Zahlbr., l.c.

Beschreibung: v.a. nach Ellis (1981) Lager krustig-körnig, Anatomie paraplectenchymatisch, Photobiont coccale Cyanobakterien; Apothecien sitzend, Scheibe offen, Lagerrand zuletzt verschwindend, *excip. prop.* dick, oft gelb od. braun gefärbt; Ascogone in Knäuel generativer Hyphen; Asci dünnwandig, octospor, Sporen einfach, hyalin, ca. 10-28 × 7-15 µm; Konidien zylindrisch, klein, ca. 3 × 1 µm, terminal abgeschnürt; drei Arten auf kalkhaltigem Gestein od. kalkhaltigen Bodenkrusten, meist in trockenen Gebieten, Europa, Nordamerika.

Die Gattung ist zweifellos mit *Psorotichia* nah verwandt, sie unterscheidet sich jedoch durch den dicken Eigenrand und das basal glatt abschließende Hypothecium. Die Sporen sind i.d.R. ziemlich groß.

Schlüssel in Ellis (1981).

Leprocollema Vain., Étude Classific. Natur. et Morph. Lich. Brés. I: 232 (1890)

Typusart: *L. americana* Vain., Étude Classific. Natur. et Morph. Lich. Brés. I: 233 (1890).

Beschreibung: Lager krustig-areoliert, ähnlich *Lemmopsis* (Ellis 1981), *excip. prop.* sehr dick, rötlich gelb gefärbt, Hymenium zuletzt durch Einschub steriler Bänder mehrfach geteilt und die Scheibe der Apothecien dadurch genabelt; ursprünglich nur eine Art auf Mörtel einer Mauer bei Rio de Janeiro.

Zahlbruckner stellte die Gattung zu den Collemataceae, da der Photobiont *Nostoc* ähnlich ist. Nach Ellis (1981) sind die Photobionten coccale Cyanobakterien. Der Einschub steriler

Hyphen ins Hymenium ist bei vielen Lichinaceae zu beobachten. Insgesamt ist *Leprocollema americana* ziemlich ähnlich *Lemmopsis*.

Lichinodium Nyl., Flora 58: 297 (1875)

Typusart: *Lichinodium sirosiphoideum* Nyl., l.c.

Beschreibung: siehe Henssen (1963a, 1968, 1974) Lager kleinstrauchig-fädig, unregelmäßig verzweigt od. kleine Rosetten bildend, Loben zylindrisch bis zugespitzt, Photobiont ist *Scytonema*, Fäden verdreht zu zwei oder mehreren zwischen lockeren Hyphensträngen aus rundlichen bis eckigen od. verlängerten Zellen, die einen Hyphenmantel bilden. Bei *L. ahlneri* Ascogone frei im Hyphenmantel angelegt, Apothecien ohne Lager- od. Eigenrand, stark gallertig, Hymenium IKI-, Sporen zu 8, einzellig, hyalin, subglobos, $6,5-8 \times 5,5-7 \mu\text{m}$, Paraphysen septiert, mit kopfigen Endzellen, Konidien nadelförmig, groß $15-25 \times 0,5 \mu\text{m}$. *L. saxicola* mit Pycnoascomata, Apothecien mit Lager- und dünnem Eigenrand, nicht stark gallertig, Sporen zu 8, einzellig, hyalin, elliptisch $10-11,5 \times 4,5-5,5 \mu\text{m}$, Konidien klein, zylindrisch, ca. $2 \times 1 \mu\text{m}$. Bei *L. sirosiphoideum* und *L. canadense* Apothecien und Pyknidien unbekannt; vier Arten epiphytisch auf saurer Borke, auf Sandstein od. auf Flechten, Moosen über Fels, Nordeuropa, Kanada, USA.

Neben den Übereinstimmungen in Habitus, Anatomie und Photobiont gibt es gravierende Differenzen in der Art der Fruchtkörperentwicklung und Form der Konidien zwischen den beiden fertilen Arten *Lichinodium ahlneri* und *L. saxicola*. Damit ist auch diese Gattung ähnlich heterogen wie *Jenmania* oder *Thyrea* s.l. (s.o.). Da kein Material von *Lichinodium* untersucht werden konnte, wurde der Versuch, wie im Falle von *Jenmania* die Gattung neu zu gliedern, nicht unternommen.

Das Fehlen jeglicher Berandung der Apothecien bei *Lichinodium ahlneri* ist untypisch für die Lichinaceae und stellt sicher eine Besonderheit dar. Große, fädige Konidien kommen auch bei *Peccania*, *Phyllisciella*, *Cryptothele* und *Phylliscum demangeonii* vor. In Anlage und Bau der Apothecien ähnelt *Lichinodium saxicola* der Gattung *Ephebe*.

Schlüssel in Henssen (1974).

Metamelanea Henss., Lichenol. 21: 102 (1989)

Typusart: *M. umbonata* Henss., Lichenol. 21: 105 (1989).

Beschreibung: nach Henssen (1989), Henssen & Jørgensen (1990) Thallus schwärzlich od. graublau, rissig-areoliert, aus dicht gepackten Reihen lichenisierter Kolonien coccaler Cyanobakterien, die in vertikalen Loben ausgerichtet sind, Loben von der Basis her absterbend; Algengallerte außen braun bis rotbraun, innen farblos, Anatomie dicht netzig; Apothecien eingesenkt od. angedrückt (Taf. 2f), Scheibe dunkel, flach, vielfach geteilt bis genabelt, *excip. prop.* schwärzlich pigmentiert, oft durch schmalen Spalt vom angrenzenden Thallusgeflecht getrennt, Lagerrand daher undeutlich; Hyphenknäuel zwischen (!) den Loben angelegt, Ascogone in gelatinöser

Matrix mit wenigen generativen Hyphen; Asci dünnwandig, Sporen zu 8, Hymenium IKI+ blau; Konidien einfach, klein, ca. $3 \times 1 \mu\text{m}$, terminal gebildet; auf kalkhaltigen od. basischen od. silikat., trockenen od. feuchten Gesteinen, nördl. Hemisphäre bis in die Tropen.

Der eigentümliche Wuchs mit dicht gepackten Loben, die von der Basis her absterben, die Anlage der Ascomata zwischen den Loben, die genabelten Scheiben der Apothecien und der gewöhnlich stark gefärbte Eigenrand sind charakteristisch.

Schlüssel nach Henssen (1989), ergänzt und verändert:

- | | | |
|---|--|---------------------|
| 1 | Lager grau bereift, Oberfläche etwas mehlig-körnig wirkend, auf Silikat- und Kalkgestein in Nord- und Mitteleuropa | M. caesiella |
| 1 | Lager braunschwarz bis schwarz, Oberfläche nicht mehlig sondern glatt bis fein strukturiert | 2 |
| 2 | Apothecien halbeingesenkt bis sitzend, auffällig, Scheibe genabelt bis gyros, Schweiz und SW Deutschland | M. umbonata |
| 2 | Apothecien flach, kaum auffällig, schwarze, vielfach geteilte Scheibe erst bei Befeuchtung besser sichtbar, USA, Venezuela (dort auf Granit) | M. melambola |

Phylliscidium Forss., Nova Acta Reg. Soc. Scient. Ups. 13: 58 (1885)

Typusart: *P. monophyllum* (Kremp.) Forss., l.c.

Beschreibung: siehe Henssen (1979), Henssen & Büdel (1984a), Schultz et al. (2000e); eine Art auf feuchtem Silikatgestein in Brasilien, Venezuela und Französisch Guyana.

Die Art ähnelt *Phylliscum* oder *Phyllisciella* ist jedoch anatomisch verschieden, da das Lager paraplectenchymatisch aufgebaut ist und die Hyphen bzw. Zellen des Photobionten in \pm senkrechten Reihen stehen. Damit ähnelt *Phylliscidium monophyllum* der Gattung *Pterygiopsis*. Ein Teil der *Pterygiopsis*-Arten bildet wie *Phylliscidium* Pycnoascomata.

Phyllisciella Henss., Nova Hedwigia Beih. 79: 382 (1984)

Typusart: *P. marionensis* Henss., Nova Hedwigia Beih. 79: 385 (1984).

Beschreibung: siehe Henssen & Büdel (1984a), drei Arten auf feuchten Gestein in Argentinien, den Prince Edward Islands, Marion Island und Neuseeland.

Die Gattung steht besonders der *Phylliscum macrosporum*-Gruppe nahe (Wuchs und Anatomie), von welcher sie sich durch den Besitz langer, fädiger Konidien und durchweg polysporer Asci unterscheidet. Die Arten der *Phylliscum demangeonii*-Gruppe haben zugespitzte Asci und bis auf *P. demangeonii* keine fädigen Konidien. Polysporie kommt bei manchen *Phylliscum*-Arten vor. Die verwandtschaftlichen Verhältnisse in dieser Gruppe um

Phyllisciella, *Phylliscum*, *Anema* und *Cryptothele* sind noch ziemlich unklar. *Phylliscidium* gehört auch zu den Pycnoascoma-Bildnern, ist aber wohl nicht näher verwandt.

Schlüssel in Henssen & Büdel (1984a).

Pyrenocarpon Trevis., Riv. Acc. Padua 3: 49 (28. Jan.? 1855)

Typusart: *P. flotowianum* (Hepp) Trevis., l.c.

Beschreibung: nach Jørgensen & Henssen (1990) ist diese monospezifische Gattung ähnlich *Psorotichia* und mit dieser vielleicht identisch. *Pyrenocarpon* weicht jedoch durch ein apikal stark verdicktes *excip. prop.* und die verzweigten, anastomosierenden Paraphysen ab.

Das *excip. prop.* fehlt bei *Psorotichia* oft. Ein apikal leicht verdickter Eigenrand wurde aber z.B. bei *Psorotichia schaeereri* beobachtet und auch von Moreno & Egea (1994) für die Art berichtet. *Psorotichia polyspora* hat ebenfalls einen apikal verdicktes, dünnes *excip. prop.* Möglicherweise läßt sich die Sammelgattung *Psorotichia* anhand der Bildung des Eigenrandes im Apothecium in zwei Gruppen trennen. Spärlich verzweigte, anastomosierende Paraphysen konnten bei einigen *Psorotichia*-Arten beobachtet werden.

Thelignya Massal., Framm. Lich. (18. Jan. 1855)

Typusart: *T. lignyota* (Wahlenb.) P.M. Jørg. & Henss., Lichenol. 22: 145 (1990)

Syn.: *Fernaldia* Lyng., Medd. Grønland. 118: 23 (1937).

Beschreibung: siehe Henssen (1963a) unter *Porocyphus dispersus*-Gruppe, Henssen & Jørgensen (1990), Jørgensen & Henssen (1990); zwei Arten auf feuchtem Fels von Süd-, Mittel- bis Nordeuropa und auf Grönland.

Thelignya entwickelt im Unterschied zu *Porocyphus* die Ascomata aus einem kugeligen Knäuel generativer Hyphen, worin die Ascogone entstehen. Damit steht die Gattung nah bei *Psorotichia*. Abweichend von *Psorotichia* sind der Besitz eines gut entwickelten, deutlich grünblau oder braun gefärbten Eigenrandes, genabelte Apothecienscheiben und Rivulariaceae als Photobionten.

Schlüssel zu den zwei Arten *Thelignya lignyota* und *T. groenlandica* in Henssen (1963a) unter *Porocyphus dispersus* und *P. groenlandicus*.

Thelochroa Massal., Symm. Lich. Nov.: 85 (März 1855)

Typusart: *T. flotowiana* (Hepp) Massal., l.c. (≡ *Pyrenocarpon flotowianum* (Hepp) Trevis.).

Beschreibung von *Thelochroa montinii* z.B. in Clauzade & Roux (1985) und Moreno & Egea (1994).

Bemerkung: Die nomenklatorische Situation um die Gattungsnamen *Montinia* Massal., *Pyrenocarpon* Trevis. und *Thelochroa* Massal. ist sehr verwickelt und wurde von Jørgensen & Henssen (1990) geklärt. Danach ist *Thelochroa* Massal. ein *nomen novum* für den ungültigen Namen *Montinia* Massal. (späteres Homonym von *Montinia* Thunb.). *Thelochroa* basiert auf *Verrucaria flotowiana* Hepp, auf der auch *Pyrenocarpon* Trevis. basiert (s.o.). Mit einiger Sicherheit ist *Pyrenocarpon* aber der ältere und somit gültige Name. Darüber hinaus kann *Pyrenocarpon* wahrscheinlich in *Psorotichia* eingeschlossen werden (s.o.). Das eigentliche Problem erwächst daraus, daß die zweite Art der Gattung, *Thelochroa montinii* Massal., stark von *Pyrenocarpon flotowianum* und *Psorotichia* abweicht (Henssen & Büdel 1984b), so daß die Art einen neuen Gattungsnamen benötigt. Unabhängig davon ist die genaue systematische Position der Art unklar.

Thermutis Fr., Syst. Orb. Veg.: 302 (1825)

Typusart: *T. velutina* (Ach.) Flot., Linnaea 23: 170 (1850).

Beschreibung: siehe Henssen (1963a, 1990a); eine Art auf beschattetem Fels in der nördlichen Hemisphäre.

Eigene Untersuchungen konnten die Angaben in Henssen (1990a) bestätigen, wonach *Thermutis velutina* Pycnoascomata bildet. Den Apothecien fehlt ein Lagerrand, da sie seitlich den Trichomen aufsitzen. Der Eigenrand ist sehr dick und wie die Pyknidienwand braun verfärbt.

Thermutopsis Henss., Lichenol. 22: 254 (1990)

Typusart: *T. jamesii* Henss., l.c.

Beschreibung: siehe Henssen (1990a); eine winzig fädige Art in der Karibik.

Thermutopsis jamesii ähnelt *Thermutis velutina* unterscheidet sich jedoch im Fruchtkörperbau und -anlage, Photobiont, Paraphysen und Habitat. Die Flechte nimmt eine sehr isolierte Stellung innerhalb der Lichinaceae ein. Die näheren Verwandtschaftsverhältnisse sind völlig unklar.

Zahlbrucknerella Herre, J. Wash. Acad. Sci. 2: 384 (1912)

Typusart: *Z. calcarea* (Herre) Herre, l.c.

Syn.: *Zahlbrucknera* Herre, Proc. Wash. Acad. Sci. 12: 129 (1910); *Lecanephebe* Frey, Mitt. Naturf. Ges. Bern (1929); *Leptopterygium* Zahlbr., in Handel-Mazetti, Symb. Sinic. 3: 74 (1930).

Beschreibung: siehe Henssen (1977, 1987) und Awashti & Singh (1979); 9 fädige (Taf. 1f) od. fädig-strauchige Arten auf feuchtem Fels.

Im Unterschied zu *Ephebe* bildet *Zahlbrucknerella* die Ascomata aus einem Knäuel generativer Hyphen (Taf. 5l) oder die Ascogone entstehen frei. Der Photobiont ist eine *Scytonema*-Art, deren falsche Verzweigungen zumindest in jungen Lagerteilen noch gut erkennbar sind. Besonderheiten in *Zahlbrucknerella* sind die Bildung eines sog. Basalstranges an der Unterseite der Fäden und eines Stützgeflechts unter den Apothecien. Die Hymenien sind braun oder dunkel grünblau gefärbt, ebenso die Mündungen der Pyknidien. Die meisten Arten besitzen polyspore Asci.

Schlüssel in Henssen (1977), vgl. auch Henssen (1985) und Awashti & Singh (1979).

5. Diskussion

5.1. Material und Taxonwahl

Ein wesentliches Anliegen vorliegender Arbeit war die stammesgeschichtliche Analyse morphologischer **und** molekularer Daten. Dazu war es nötig, von möglichst vielen verschiedenen Taxa Sequenzdaten zu gewinnen. Die morphologische Merkmalstabelle enthielt anfänglich 62 Taxa der Lichinales. Es war klar, daß nicht von allen diesen Taxa auch Sequenzdaten gewonnen werden konnten. Das Gelingen des sehr breiten Ansatzes bei der Verwandtschaftsanalyse hing demnach wesentlich von Umfang und Erfolg der molekularbiologischen Arbeiten ab. Diese wiederum waren unmittelbar mit der Frage nach der Verfügbarkeit von geeignetem Untersuchungsmaterial verknüpft. Nach Abschluß der Sequenzierarbeiten lagen 30 nahezu vollständige Sequenzen der 18S rDNA aus 17 Gattungen sowie die Sequenz einer Art der Lichinaceae ungeklärter Gattungszugehörigkeit vor. Damit waren molekularbiologische Daten von nur etwa der Hälfte der Gattungen der Lichinaceae verfügbar, um unmittelbar mit den nichtmolekularen Daten verglichen zu werden. Daraus erwachsen im Zuge der Merkmalsanalysen erhebliche Schwierigkeiten. Es muß jedoch auch erwähnt werden, daß Untersuchungsmaterial dieser Flechtengruppe generell schwer zu beschaffen ist, da viele Taxa wahrlich exotisch sind (und zwar nicht nur von einem mitteleuropäischen Standpunkt aus).

Daher konnten bestimmte Fragen nur auf der Basis nichtmolekularer Daten bearbeitet werden. Das schließt eine der wichtigsten Fragen überhaupt ein, wie der Konflikt in der Verteilung der Merkmalskomplexe Ascustyp und Ascoma-Ontogenie zu lösen ist. Die in Abschnitt 4.2.4. vorgeschlagene Hypothese konnte nicht durch molekulare Befunde geprüft werden (s.u.), da entsprechendes Untersuchungsmaterial (v.a. *Pyrenopsis*-Arten und *Euopsis*) nicht verfügbar war oder die Sequenzierungsversuche fehlschlügen. Anschließende stammesgeschichtliche Forschungen sollten daher diese Taxa besonders beachten. Weitere wichtige Gattungen der Lichinaceae, von denen keine Sequenzdaten vorliegen, sind *Phylliscum*, die Arten der *Lichina willeyi*-Gruppe, *Gloeoheppia*, *Zahlbrucknerella*, *Pterygiopsis* (Knäuelbildner) und *Porocyphus*. Es wird nicht möglich sein, Sequenzdaten aller Gattungen der Lichinaceae in nächster Zeit und in ausreichendem Umfang zu gewinnen. Trotzdem dürfte es bei gezielter Suche möglich sein, Material der oben erwähnten Taxa zu finden, da es sich z.T. um recht artenreiche Gruppen handelt.

5.2. Methodik

5.2.1. Datenerfassung

Klassische Merkmale (Anatomie, Morphologie) sind in der Vergangenheit nahezu erschöpfend erfaßt worden. Nichtsdestotrotz sind anatomische Untersuchungen mittels Gefrierschnittechnik nach wie vor notwendig. Ein Beleg dafür war das Auffinden einer Art der Lichinaceae von Sokotra, die in keine der bislang beschriebenen Gattungen gestellt werden konnte (als Lichinaceae gen. spec.; Mies 14069; Schultz 14041b, 14042a, 14046c). Der ganze Merkmalsumfang der Familie ist wahrscheinlich noch nicht vollständig erkannt worden.

Eine andere Informationsquelle bei der Untersuchung lichenisierter Ascomyceten stellen Flechtenstoffe dar. So wurden diese Daten kürzlich in einer umfassenden phylogenetischen Revision der Gattung *Peltigera* benutzt, welche sich daneben auf morphologische sowie LSU rDNA-Daten stützt (Miadlikowska & Lutzoni 2000). Chemische Merkmale können in den Lichinaceae jedoch nicht als Informationsquelle genutzt werden, da hier bisher keine Flechtenstoffe bekannt sind.

Ultrastrukturelle Untersuchungen wurden in vorliegender Arbeit nicht durchgeführt. Diese können allerdings zur Beurteilung struktureller und funktioneller Merkmale der Asci wichtig sein. Es lagen bereits Befunde zur Ultrastruktur der Asci von *Peltula*, *Heppia* und *Euopsis* (Büdel 1987, Henssen et al. 1987) und von *Anema* vor (Büdel, unpubliziert). Die prototunicaten Asci von *Heppia* und *Anema* sind sehr ähnlich. Die Wand des Ascus ist dünn und nicht geschichtet. Moreno (1988) unterschied einige verschiedene Typen von Asci in den Lichinaceae anhand lichtoptischer Beobachtungen. Danach besitzt *Anema* Asci vom *Peccania*-Typ, d.h. die dünne, nicht amyloide Wand wird haubenartig von einer ± dicken amyloiden Schicht umlagert. Dieser Befund ließ sich mit der Ultrastruktur des Ascus von *Anema nummularium* (Büdel, unpubliziert) nicht belegen. Es ist schwierig, den prototunicaten Ascus der Lichinaceae in einem stammesgeschichtlichen Kontext zu beurteilen, da es eine sehr einfache und merkmalsarme Struktur ist,

Als neue, unabhängige Datenquelle wurden in vorliegender Arbeit Sequenzdaten der 18S rDNA benutzt. Die Aussagekraft molekularer Daten ist ähnlich wie die klassischer Merkmale abhängig von der Ebene der Hierarchie, auf welcher sie zur Lösung stammesgeschichtlicher Fragen eingesetzt wird (vgl. Ax 1988, Sudhaus & Rehfeld 1992). Die 18S rDNA konnte z.B. die Monophylie der Lichinales auflösen, nicht aber deren Schwestergruppenbeziehung (Schultz et al. 2000a). Ebenso ist die Auflösung geringer oder nicht vorhanden, wenn man

Beziehungen höher in der Hierarchie hinterfragt. Ein Weg zur Lösung dieses Problems besteht darin, weitere Datenquellen zu erschließen. ITS- und LSU-Daten aus den ribosomalen Genen sind leicht zugänglich und wurden verbreitet in phylogenetischen Analysen verwendet. Vielversprechend ist auch die Analyse von Sequenzdaten der kleinen Untereinheit der RNA-Polymerase (z.B. Liu et al. 1999). Dies war zum Zeitpunkt der Bearbeitung bekannt. Das Ziel der molekularen Arbeiten bestand jedoch nicht darin, Sequenzdaten möglichst vieler verschiedener Gene zu gewinnen (auch wenn dies wünschenswert gewesen wäre) sondern darin, möglichst viele Taxa zu bearbeiten. Die Verbindung beider Ziele konnte aus finanziellen und aus Zeitgründen im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht verwirklicht werden.

DNA-Extraktion, PCR, Sequenzierung: Es wurden durchweg standardisierte Verfahren benutzt. Soweit das Untersuchungsmaterial frei von Kontaminationen war, konnte selbst aus geringsten Mengen Thallus genügend DNA gewonnen werden und durch PCR amplifiziert werden. Die nachfolgenden Sequenzierungen bereiteten meistens keine Schwierigkeiten. Ein Problem bei der Extraktion von DNA aus getrocknetem Herbarmaterial ist, daß Erfolg und Ausbeute mit zunehmendem Alter der Probe abnehmen. Im Falle der Lichinaceae ist dies offenbar weniger ausgeprägt. Das älteste Material, aus dem problemlos DNA extrahiert, amplifiziert und sequenziert werden konnte, war zum Zeitpunkt der Extraktion ca. 9 Jahre alt (*Anema nummularium*, *Lichinella cribellifera*) und wie üblich in Herbarkapseln gelagert worden. Diese und viele andere Arten der Lichinaceae sind an die mitunter längeren Trockenperioden ihrer natürlichen Standorte gut angepaßt. Entsprechend gut entwickelt dürften die Schutzmechanismen für das Genom und den Enzymapparat sein. Ein Beleg dafür ist, daß es gelang, mit zwei Arten der Gattung *Paulia* Gaswechsellmessungen im Labor durchzuführen. Die Proben waren im trockenen Zustand auf der Insel Sokotra gesammelt und bis zu den Messungen über Monate auf Silikagel gelagert worden.

5.2.2. Datenauswertung

Kladistik oder Phylogenetische Systematik haben sich als bevorzugte Werkzeuge in der stammesgeschichtlichen Forschung durchgesetzt. Die Vorteile, die diese Methodik gegenüber intuitiven, phänetischen oder evolutionären Ansätzen bietet, sind vielfach aufgezeigt und belegt worden (u.a. Ax 1988, Sudhaus & Rehfeld 1992). Trotzdem sind phylogenetisch-systematischer Arbeiten an lichenisierten (und nicht lichenisierten) Ascomyceten vergleichsweise selten. Noch viel geringer ist die Zahl jener Arbeiten, die sich in diesem

Zusammenhang mit klassischen Merkmalen befassen (z.B. Reynolds 1991; Stenroos et al. 1997, Tehler 1988, 1990). Dem gegenüber wächst die Zahl phylogenetischer Analysen basierend auf molekularen Daten stetig. Klassische Daten werden darin zwar (zum Teil) zur Interpretation molekularer Phylogenien benutzt, detaillierte phylogenetische Analysen (ob „von Hand“ oder rechnergestützt) gibt es aber kaum. Es scheint, als ob die Möglichkeiten, die stammesgeschichtliche Analysen auf phylogenetisch-systematischer Basis beinhalten, noch nicht ausreichend genutzt werden.

Verwandtschaftsforschung „von Hand“ oder mittels entsprechender Computerprogramme birgt eine gewisse Subjektivität in sich. Zu jeder Merkmalsverteilung müssen Entscheidungen getroffen werden, die die Polarität der Merkmalsänderung betreffen. Darüber hinaus müssen Entscheidungen zur Homologie der Merkmale und ihrer Zustände gefällt werden. Es stehen zwar mit den Homologie-Kriterien nach Remane sowie dem Außengruppenvergleich hilfreiche Werkzeuge zur Verfügung, doch die von der phylogenetischen Systematik geforderte argumentative Grundlage der Entscheidungen ist oft schwer zu errichten. Rechneranalysen besitzen zwar eine Reihe von Vorteilen, die vor allem die Anzahl der Taxa und Merkmale betreffen, die in die Analyse eingebunden werden können. Die Vielzahl von Optionen, die z.B. in PAUP zur Berechnung genutzt werden können, beinhaltet aber auch die Gefahr, daß manche Analyse unter der „Last ihrer Annahmen“ zunehmend willkürlich erscheint. Tibell (1998) hat darauf hingewiesen, daß jede Annahme zu Merkmalsgewicht oder Merkmalstyp genau abgewogen sein sollte. In vorliegender Arbeit wurde daher versucht, die einzelnen Analysen in vergleichbarer Weise zu variieren, um die Auswirkungen auf die Ergebnisse zu überprüfen.

Die Ascomyceten stellen eine besonders problematische Gruppe dar, wenn es um die Aufklärung phylogenetischer Beziehungen geht. Es fehlen z.B. fossile Belege fast völlig. Diese sind aber bei der Lesrichtungsentscheidung zweier als homolog erkannter Merkmale sehr wichtig. Die wenigen fossilisierten Merkmale von Pilzfruchtkörpern (Taylor et al. 1999) deuten an, daß der Besitz von Perithezien und septierten Sporen wohl sehr früh in der Stammesgeschichte der Ascomyceten auftraten, obwohl diese Merkmale gewöhnlich nicht als ursprünglich interpretiert wurden. Molekulare Untersuchungen (z.B. Gargas & Taylor 1995) stützen die These, daß die Ascomyceten sehr früh in ihrer Evolution eine starke Radiation durchlaufen haben. Hinzu kommt außerdem, daß die Ascomyceten eine vergleichsweise merkmalsarme Gruppe sind. Die Folge für stammesgeschichtliche Untersuchungen ist, daß viele Homologisierungen von Merkmalen oder Polarisierungen von Merkmalsänderungen nicht zweifelsfrei vorgenommen werden können. Trotzdem ist es aber gerade der Zwang zur Suche

nach homologen Strukturen und zur Aufdeckung der Lesrichtung von Merkmalsänderungen sowie deren argumentative Absicherung, der in der phylogenetischen Systematik von zentraler Bedeutung ist. Er stellt einen wichtigen Antrieb phylogenetischer Forschungen dar und sollte daher trotz der gegebenen Schwierigkeiten nicht vernachlässigt werden.

5.3. Ergebnisdiskussion

5.3.1. Konflikt Ascus-Ontogenie

Die in Abschnitt 4.2.4. formulierte Hypothese zur Lösung der widersprüchlichen Verteilung der Merkmale Ascustyp und Ontogenese-Weg muß in kommenden Untersuchungen kritisch überprüft werden. Die Entscheidung für die Annahme, daß rostrate Ascii in den Lichinaceae unabhängig von *Peltula* entstanden, wurde auf der Grundlage verfügbarer Daten gefällt (s. Abschnitt 5.1.). Die Alternative ist, daß die rostraten Ascii in *Euopsis*, *Harpidium*, *Pyrenopsis* sowie *Peltula* eine Synapomorphie darstellen (also vom gemeinsamen Vorfahren direkt übernommen wurden). Dieses zwingt zur Annahme der mehrfachen Reduktion des rostraten zum prototunicaten Ascus sowie zur Annahme, daß Pycnoascomata ebenfalls mehrfach unabhängig entstanden sind. Nach den bisherigen Ergebnissen ist zumindest letzteres sehr unwahrscheinlich. Beide Alternativen, daß entweder der prototunicate Ascus mehrfach reduziert wurde oder daß der rostrate Ascus mehrfach entstanden ist, sind zwar gleich sparsam in der Annahme evolutiver Schritte, den Ausschlag für ein mehrfaches Entstehen des rostraten Ascus gab jedoch das Ergebnis, daß Pycnoascomata in der Stammesgeschichte der Lichinales sehr wahrscheinlich nur einmal gebildet wurden.

5.3.2. Stammbaumberechnung mit klassischen Daten

Die Analyse morphologischer Merkmale wurde von zwei Seiten nachteilig beeinflusst. Zum einen ist die Anzahl der in den Lichinaceae zur Verfügung stehenden Merkmale vergleichsweise gering. Zum Beispiel, die Analyse nichtmolekularer Daten der Gattung *Peltigera* (Miadlikowska & Lutzoni, im Druck) stützte sich auf 31 morphologische sowie 42 chemische Merkmale. Doch wurde auch hier festgestellt, daß die Auflösung in den getrennt analysierten Datensätzen sehr gering war.

Zum anderen bestehen sehr viele Merkmalskonflikte in den Lichinaceae (Verteilung der Merkmale nicht enkaptisch), so daß der Homoplasieindex (HI) der ursprünglichen Datenmatrix sehr ungünstig war. Der Grund dafür ist offenbar, daß in den Lichinaceae sehr viele Merkmale parallel entstanden sind (v.a. bestimmte Wuchsformen und anatomische

Strukturen). Die berechneten Stammbäume waren daher sehr schlecht aufgelöst und nur schwach gestützt. Die Ergebnisse konnten verbessert werden, indem die Taxonauswahl eingeschränkt wurde. Ein ähnlicher Effekt wurde von Miadlikowska & Lutzoni (im Druck) beobachtet, die die ursprüngliche Datenmatrix von 96 Taxa auf 54 reduzierten, um „redundante Arten“ auszuklammern. Dieser Vorgehensweise sind aber Grenzen gesetzt, da das Ausklammern von Taxa aus einer Analyse immer auch einen Informationsverlust bedeutet, was sich in einer geringeren Zahl *parsimony*-informativer Charaktere widerspiegelt. Die Berechnungen wurden daher mehrfach und unter variierten Bedingungen wiederholt. Ein anderer Weg besteht eventuell darin, einmal als monophyletische erkannte Gruppen (z.B. die *Pycnoascoma*-Bildner) gesondert zu analysieren. Die verfügbaren Merkmale könnten dann neu auf Homologie geprüft und polarisiert werden. Das Maß an Homoplasie ließe sich dadurch senken, vorausgesetzt der parallele Erwerb der betreffenden Merkmale ist hinreichend begründet.

5.3.3. Molekulare Phylogenien

Die Stammbaumberechnungen nach verschiedenen Kriterien (*parsimony*, *distance*, *likelihood*) ergaben insgesamt sehr ähnliche Topologien. Unterschiede traten vor allem in schwach oder gar nicht gestützten Ästen auf. Die Auflösung der einzelnen Stammbäume ist jedoch annähernd gleich, und bestimmte Gruppen wurden unabhängig von der Wahl des *optimality criteria*s mit starker Unterstützung aufgelöst. Die beobachteten Diskrepanzen zwischen den einzelnen Topologien in den schwach gestützten Ästen wiegen daher weniger schwer. Bemerkenswert ist, daß der Ast von *Thyrea confusa* und *T. pachyphylla* in den Stammbäumen nach *distance*- und *likelihood*-Berechnung in der nach *parsimony* nicht aufgelöst ist. Einige Beziehungen, die aufgrund weitreichender Übereinstimmungen der betreffenden Taxa vor allem in Ontogenie, Anatomie und Wuchs „erwartet“ worden waren, sind besonders gut in der *distance*-Phylogenie aufgelöst. Es sind die Äste der *Heppia*-Arten, *Digitothyrea divergens* und *D. polyglossa*, *Psorotichia murorum* und *P. schaereri* und die *Paulia*-Arten. Interessanterweise ist auch die Schwestergruppenbeziehung von *Phloeopeccania pulvinulina* und den *Paulia*-Arten hier am besten gestützt. Weniger „zu erwarten“ war die Gruppierung der *Lichina*-Arten mit der Lichinaceae unklarer Gattungszugehörigkeit von Sokotra. Die anatomischen Verhältnisse in dieser Art gleichen denen von *Psorotichia*, während der schuppig-peltate Wuchs und die tessellate Lageroberfläche sehr ähnlich auch bei *Paulia* zu finden sind. Die kürzlich beschriebene *Psorotichia polyspora* weicht in Sporenzahl und Iod-Reaktion des Hymeniums von anderen *Psorotichia*-Arten ab (Schultz et al. 2000e). Sie

clusterte auch nicht mit *Psorotichia murorum* und *P. schaeereri* zusammen. Dies kann ein Hinweis sein, daß *Psorotichia* (ähnlich wie *Pyrenopsis*) ein Sammelbecken vermutlich nicht näher verwandter Arten darstellt.

Likelihood-Berechnungen: Ein Stammbaum, der auf dem mit „Modeltest 3.0“ ermittelten, am besten passenden Basen-Substitutionsmodell (TrNef+I+G) basiert, konnte aufgrund des enormen Rechenaufwandes für *likelihood*-Analysen mit *rate-heterogeneity* und *gamma-distribution* nicht berechnet werden. Um dennoch *likelihood*-Berechnungen durchzuführen wurde ein einfacheres Modell gewählt (KHY85). In diesem Modell wird eine empirische Basenverteilung angenommen, während Modell TrNef+I+G eine gleiche Basenverteilung zugrunde liegt. Die Wahl von Modell KHY85 für eine vereinfachte Berechnung mag daher widersprüchlich erscheinen. Tatsächlich war die Basenverteilung im vorliegenden Datensatz nicht gleich sondern entsprach der empirischen Verteilung wie z.B. in Modell KHY85. Dennoch ergab die Analyse in „Modeltest 3.0“, daß das Modell TrNef+I+G mit *equal base frequencies* dem gegebenen Datensatz am besten entspricht und andere Parameter die Basenverteilung offenbar überwogen haben. Da die erhaltene Topologie weitestgehend mit den unter *parsimony*- und *distance*-Kriterien berechneten übereinstimmte, erschien die Wahl eines suboptimalen *likelihood*-Modells im nachhinein weniger problematisch.

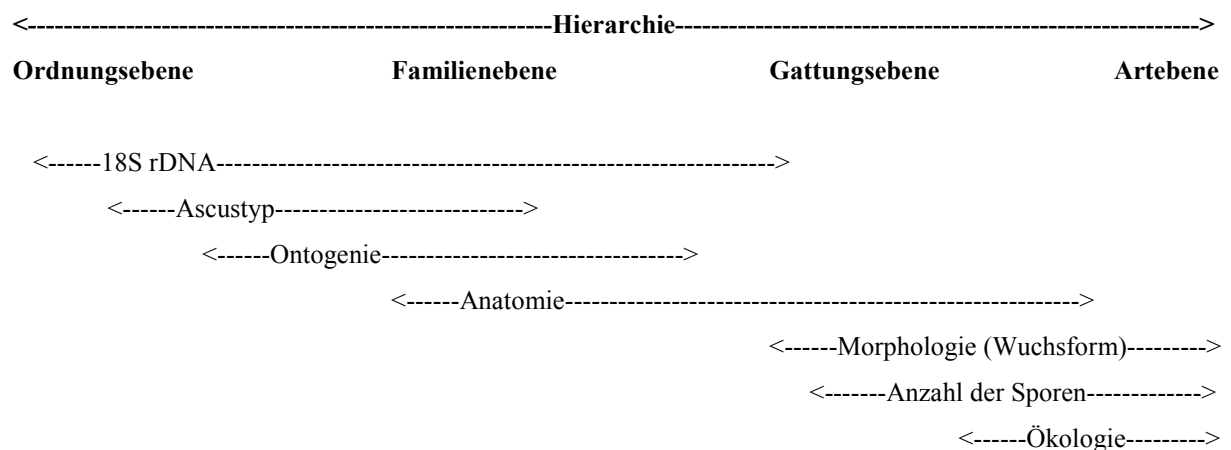
5.3.4. Kombinierte Analyse morphologischer und molekularer Daten

Die Ergebnisse der Analysen des kombinierten Datensatzes waren trotz der Vorbehalte, die gegenüber einer Verbindung von Datensätzen unterschiedlicher Herkunft geäußert wurden (z.B. Tibell 1998), durchaus plausibel. So konnte der Widerspruch aufgelöst werden, der durch die in den molekularen Phylogenien gegebene Position der *Heppia*-Arten in der Gruppe der Pycnoascoma-Bildner entstand (Fig. 11, S. 68). Das heißt nicht, daß der Befund „als solcher“ vernachlässigt wurde, sondern daß ein konfliktbehaftetes Ergebnis auf der Basis eines erweiterten Datensatzes neu beurteilt werden konnte. Ähnliches gilt für die konfliktbehafteten Positionen von *Peccania* und *Lichinella* relativ zu den restlichen Lichinaceae inklusive *Heppia*, die keine Stützung in nichtmolekularen Analysen erhalten hatten.

5.3.5. Integrierende Verwandtschaftshypothese

Die vergleichsweise geringe Auflösung des Kladogramms mit den zusammengefaßten Ergebnissen aus verschiedenen Analyseansätzen in Abschnitt 4.2. ist nicht zufriedenstellend.

Phylogenetische Verwandtschaftsforschung sollte klare, eindeutige Hypothesen liefern. Da allerdings keine fundierten Hypothesen zur Stammesgeschichte der Lichinaceae bislang vorlagen, stellen die hier erzielten Ergebnisse trotz mangelnder Auflösung einen ersten wichtigen Schritt zum Verständnis der Stammesgeschichte dieser Flechtenfamilie dar. Der Mangel an überprüfaren Verwandtschaftshypothesen konnte behoben werden. Die erzielten Resultate stellen somit eine reproduzierbare Basis für anschließende Forschungen dar. Da jedoch nur ein Teil der Gattungen untersucht werden konnte, bleiben diese Befunde (wie die jeder Verwandtschaftsforschung auf phylogenetisch-systematischer Grundlage) vorläufig und hypothetisch. Trotzdem wurde der Versuch unternommen, die Familie Lichinaceae neu zu gliedern, Schwestergruppenverhältnisse aufzuzeigen und die Adelphotaxa zu benennen. Die Grundlage dafür war eine differenzierte Beurteilung der verschiedenen analysierten Merkmalskomplexe, die hier näher erläutert werden soll. Ein einzelnes Merkmal kann nicht losgelöst von anderen Merkmalen und unabhängig von der jeweiligen Hierarchieebene betrachtet werden (z.B. Besitz von Flügeln bei Fledermäusen und Vögeln: 1. Organ zur Fortbewegung in der Luft. 2. vordere paarige Tetrapodenextremität.). Folgendes Schema soll daher die Ebenen verdeutlichen, auf denen die Merkmale in vorliegender Arbeit zur Begründung stammesgeschichtlicher Verwandtschaft benutzt wurden:



Das Schema ist eine starke Vereinfachung. Sehr variable Komplexe wie die Anatomie des Lagers müssen differenzierter betrachtet werden. Der Besitz einer streng homöomeren Anatomie gegenüber einem geschichteten Lageraufbau ist sicherlich anders zu beurteilen als der Besitz eines kompakten Zentralstranges gegenüber einem lockeren Zentralstrang. In diesem Zusammenhang besteht nach wie vor das große Problem, daß Homologisierungen und Lesrichtungsentscheidungen für Merkmale der Ascomyceten nur schwer oder gar nicht vorgenommen werden können. Es folgen dazu einige ausgesuchte Beispiele: Es ist nicht

entscheidbar, ob 8-sporige Asci oder 16-32-sporige Asci den ursprünglichen oder abgeleiteten Zustand in den Lichinaceae darstellen. Es ist ebenso unsicher, ob Polysporie oder Octosporie nur jeweils einmal oder mehrfach entstanden oder ob sich die Anzahl von Ascosporen im Ascus überhaupt homologisieren läßt. Gleiches gilt für Vorhandensein oder Fehlen von Lager- und/oder Eigenrand der Apothecien. Sicher erscheint z.B., daß das Fehlen von Paraphysen (*Phylliscum demangeonii*-Gruppe, *Cryptothele*) sekundär abgeleitet ist. Sicher ist wohl auch, daß der Besitz sehr dickwandiger Ascosporen an Octosporie gekoppelt ist. Eine starke Färbung im Bereich des *excipulum proprium* ist sicherlich ein abgeleitetes Merkmal aber vermutlich auch mehrfach entstanden. Pycnoascomata sind sehr wahrscheinlich abgeleitet, allerdings ist nicht ganz sicher, daß diese Struktur tatsächlich nur einmal entstanden ist. Thallinocarpien sind sehr wahrscheinlich auch abgeleitet, aber es ist unklar, ob das Fehlen des Hymeniums primär oder sekundär ist. Wahrscheinlicher ist letzteres. Lange, fädige Konidien sind gegenüber kurzen, elliptischen Konidien als evolutive Neuheiten zu bewerten (Fig. 4a, b, S. 53). Mit großer Wahrscheinlichkeit sind sie aber mehrfach unabhängig entstanden. Der Besitz gleicher Photobionten kann sicher nicht als Homologie beurteilt werden. Es ist sogar fraglich, ob sich dieses Merkmal überhaupt homologisieren läßt.

5.3.5. Klassifikation

Ein Problem stammesgeschichtlicher Forschung ist, daß einerseits neue Erkenntnisse über die phylogenetischen Beziehungen der Organismen gewonnen werden, und dabei gegebenenfalls ältere Verwandtschaftshypothesen verworfen werden, andererseits aber der Zwang besteht, „das System“ an sich stabil zu halten, damit es benutzbar bleibt (vgl. Nimis 1998). Die phylogenetische Systematik fordert, neue Erkenntnisse konsequent in geschriebene Systeme umzusetzen. Aus diesem Anspruch erwuchs (und erwächst gelegentlich immer noch) der Vorwurf der Instabilität und Inpraktikabilität solcher konsequent phylogenetisch-systematischer Klassifikationen. Dabei wird meist vernachlässigt, daß es die Änderungen kategorialer Ränge sind, die die Instabilität verursachen, nicht aber der neuer Erkenntnisgewinn durch phylogenetisch-systematische Forschung. Da aber eine konsequent phylogenetisch-systematische Klassifikation ohne jede kategoriale Rangnamen auskommt (Ax 1988, Sudhaus & Rehfeld 1992), kann sie in dieser Hinsicht bei Veränderung auch keine Instabilität verursachen. Der entscheidende Vorteil der Veränderung einer gegebenen Klassifikation nach phylogenetisch-systematischer Analyse ist vielmehr der, daß die der neuen Klassifikation zugrunde liegende Verwandtschaftshypothese die genealogischen Beziehungen besser, widerspruchsfreier erklärt. Kann sie das nicht, muß die neue

Verwandtschaftshypothese verworfen werden, und die bestehende Klassifikation bzw. deren zugrundeliegende Verwandtschaftshypothese bleiben erhalten. Auf diese Weise wird konsequent phylogenetisch-systematische Verwandtschaftsforschung auch der Forderung nach hinreichend stabilen Klassifikationen gerecht.

In vorliegender Arbeit wurde erstmals versucht, eine Klassifikation der Lichinaceae auf der Grundlage phylogenetischer Verwandtschaft vorzunehmen. Kategoriale Rangnamen werden dabei verwendet. Sie sind aber im Kern als Zugeständnisse an praktische Zwänge aufzufassen, nicht als Hauptmittel zur Klassifikation, die ebensogut ohne Rangnamen auskommen könnte.

Es ergaben sich z.T. erhebliche Veränderungen an der herkömmlichen Klassifikation. Das betrifft vor allem die Gattungen *Heppia*, *Gloeoheppia*, *Pseudopeltula* und *Gudelia*, die bislang in separaten Familien geführt wurden. Das Taxon Heppiaceae kann in diesem Zusammenhang problemlos gestrichen werden, da die Monophylie der Gattung *Heppia* selbst sowie die Zugehörigkeit zu den Lichinales zweifelsfrei geklärt werden konnten. Die Eigentümlichkeiten der Gattung *Heppia* wie die streng vertikale Anatomie, die vertikale Ausrichtung der generativen Hyphen sowie bestimmte Paraphysenmerkmale rechtfertigen als Autapomorphien nur die isolierte Stellung der Gattung in den Lichinaceae nicht aber ihre Verselbständigung z.B. als eigene Familie, da andere Merkmale wie der prototunicate Ascus, die Ascoma-Ontogenie oder molekulare Daten eindeutig eine Gruppierung mit den Lichinaceae fordern. An dieser Stelle zeigen sich die Vorteile konsequent phylogenetisch-systematischer Forschung. Die isolierte Stellung von *Heppia* ist zwar bereits erkannt worden (Wetmore 1970, Henssen 1994, 1995), aber erst auf phylogenetisch-systematischer Grundlage konnte die stammesgeschichtliche Verwandtschaft geklärt werden. Somit konnte die unbegründete Klassifikation von *Heppia* als eigene Familie in den Lecanorales zugunsten einer begründeten Position in den Lichinaceae überwunden werden.

Die Situation der „Gloeoheppiaceae“ ist etwas anders. Es lagen zwar keine molekularen Befunde vor, doch ließen die verfügbaren klassischen Daten nur den Schluß zu, daß die Gattung *Gloeoheppia* (sowie *Pseudopeltula* und *Gudelia*) sehr nahe Verwandte der Lichinaceae sind. Die Verselbständigung in einer eigenen Familie erscheint daher unbegründet. Die Benennung ranghöherer Taxa (etwa auf Familienebene) sollte nur dann vorgenommen werden, wenn sich dadurch Schwestergruppenverhältnisse erklären lassen. Weder mit dem Taxon „Heppiaceae“ noch mit den „Gloeoheppiaceae“ ist dies nach vorliegenden Erkenntnissen möglich. Folgerichtig fanden beide Taxa bei der

Neuklassifikation der Lichinaceae keine Verwendung und wurden in Synonymie zu den Lichinaceae gestellt.

Die Benennung von 5 Unterfamilien ist ein Zugeständnis an die Forderung, Ergebnisse stammesgeschichtlicher Forschung in Klassifikationen umzusetzen. Die vorliegenden Ergebnisse aus klassischen und molekularen Analysen sind jedoch z.T. widersprüchlich. Dies betrifft v.a. die Beziehungen von *Heppia*, *Peccania* und *Lichinella* zu den restlichen Lichinaceae. Es erschien nicht gerechtfertigt, die eine oder andere erhaltene Phylogenie stärker zu bewerten. Die Konsequenz ist die fehlende Auflösung in den basalen Beziehungen der Lichinaceae (Fig. 13, S. 71). Trotzdem bleiben aber die Befunde bestehen, daß *Heppia* eine monophyletische Gruppe darstellt, ebenso wie *Peccania* s.str. und *Lichinella*. Diese Befunde wurden mit der Benennung der Unterfamilien berücksichtigt. Da es jedoch sehr wahrscheinlich zu weitreichenden Veränderungen in der Klassifikation der Lichinaceae kommen wird, sobald die betreffenden Beziehungen besser bekannt sind, verstehen sich die 5 Unterfamilien lediglich als provisorische Namen für Einheiten in den Lichinaceae, deren Beziehungen dringend weiterer Untersuchungen bedürfen. Bemerkungen zum Status der Gattungen finden sich aus Gründen der Übersichtlichkeit in den Abschnitten 4.3.4. und 4.3.5.

5.3.6. Bestimmungsschlüssel

Bislang lagen nur auf den damaligen Erkenntnissen beruhende heute aber unvollständige Schlüssel vor (Henssen 1963a). Regional beschränkte Bestimmungshilfen für Lichinaceae gibt es von Moreno (1988) für Südostspanien sowie Marton & Galun (1981) und Schultz et al. (2000b) für den Nahen und Mittleren Osten. Daneben sind die einzigen verfügbaren Gattungsschlüssel jene in den europäischen Florenwerken (Clauzade & Roux 1985, Poelt 1969, Purvis et al. 1992, Wirth 1995) und somit naturgemäß auch regional unvollständig oder nur begrenzt einsetzbar. Der in Abschnitt 4.3.3. vorgelegte künstliche Schlüssel ist der erste, der alle zur Zeit bekannten Lichinaceae umfaßt. Damit wurde der Versuch unternommen, eines der größten Hindernisse bei der Bearbeitung dieser Flechten, nämlich das Fehlen breit angelegter Schlüssel, zu überwinden.

Die Schlüssel zu den Arten einzelner Gattungen sind mehrheitlich noch provisorisch. Lagen zu einzelnen Gattungen Schlüssel aus monographischen oder regionalen Arbeiten vor, wurde versucht, sie zu überarbeiten und zu ergänzen (z.B. *Paulia*, *Phylliscum*, *Thyrea*). Wie bei den Schlüsseln zu den Gattungen lag das Hauptziel darin, überhaupt erst Schlüssel zu entwerfen bzw. die vorhandenen zu erweitern. Keiner der Schlüssel ist somit ausgereift oder vollständig.

6. Zusammenfassung

Die Flechtenfamilie Lichinaceae (lichenisierte Ascomyceten) wurde erstmals einer umfassenden phylogenetischen Studie unterzogen. Anlaß waren die gravierenden Widersprüche in der Konzeption und Umschreibung der Familie und ihrer Gattungen sowie die Tatsache, daß die stammesgeschichtlichen Beziehungen der Familie und ihrer Gattungen völlig unzureichend bekannt waren. Als Ursachen wurden die zahlreichen Konflikte in der Merkmalsverteilung erkannt. Diese wurden in zurückliegenden Arbeiten über die Lichinaceae oft subjektiv gelöst oder auch gänzlich ignoriert. Daher bestand das Ziel der Arbeit darin, den Merkmalsumfang der Lichinaceae zunächst kritisch zu überprüfen und auf der Grundlage phylogenetisch-systematischer Methodik neu zu analysieren. Neben klassischen Merkmalen wurden als weitere Informationsquelle Sequenzdaten des Gens der kleinen ribosomalen Untereinheit (18S rDNA) benutzt.

Die Merkmalsanalysen wurden manuell und rechnergestützt durchgeführt. Die Berechnung der Stammbäume wurde zunächst nach Datentyp getrennt und danach kombiniert vorgenommen. Der Typ, die Art der Zustandsänderung und das Gewicht morphologischer Merkmale wurden in verschiedenen Berechnungen variiert. Die Sequenzdaten wurden nach vorgegebenen Standards als ungeordnet und gleich gewichtet definiert.

Nach den gewonnen Erkenntnissen ist die Ordnung Lichinales eine monophyletische Einheit, die aus den Familien Peltulaceae, Lichinaceae, Gloeophepiaceae und Heppiaceae aufgebaut ist. Die Ordnung gründet sich mutmaßlich auf den Besitz unitunicat-rostrater Asci sowie Befunde aus 18S rDNA-Analysen. Die Beziehungen der Lichinales sind noch weitgehend ungeklärt, doch ist eine nähere Verwandtschaft mit den Lecanorales oder einer Teilgruppe daraus anzunehmen. Die Familie Lichinaceae im herkömmlichen Sinne konnte nicht als Monophylum begründet werden. Durch den Einschluß der Heppiaceae und Gloeophepiaceae konnte der prototunicate Ascus als mutmaßliche Autapomorphie der Lichinaceae in erweiterter Fassung gefunden werden und die Familie damit den Peltulaceae als Schwestergruppe gegenüber gestellt werden. Die Entstehung des prototunicaten Ascus der Lichinaceae wurde als Reduktionsfolge interpretiert. Es muß angenommen werden, daß unitunicat-rostrate Asci in den Lichinales mehrfach entstanden sind. Die gleich sparsame Alternative, daß der prototunicate Ascus mehrfach reduziert wurde, mußte zumindest vorläufig abgelehnt werden, da dies ein mehrfaches Entstehen des Ontogenie-Typs Pycnoascocarp gefordert hätte. Letzteres ist nach den gewonnenen Erkenntnissen sehr unwahrscheinlich. Anatomische Details, die Wuchsform oder Pyknidien taugen nicht zur

Abgrenzung monophyletischer Gruppen oberhalb der Gattungsebene. Das hohe Maß an Parallelentwicklungen in dieser Ebene behinderte die phylogenetische Analysen zum Teil erheblich.

Die Ergebnisse wurden in ein geschriebenes System und eine darauf aufbauende Klassifikation integriert. Es wurde eine Emendierung der Lichinaceae vorgenommen und darin die Heppiaceae und Gloeopheppiaceae in die Synonymie verwiesen.

Die Gattung *Thyrea* wurde emendiert. *Jenmania* ist nach den gewonnenen Erkenntnissen in der ursprünglichen Form als monotypische Gattung zu belassen. Die Gattung *Paulia* wurde erweitert. Die Namen folgender Taxa wurden provisorisch umkombiniert:

Jenmania osorioi Henss. \equiv *Thyrea osorioi* (Henss.) Schultz

Synalissa nitidula Müll. Arg. \equiv *Paulia nitidula* (Müll. Arg.) Schultz

Synalissa salevensis Müll. Arg. \equiv *Paulia salevensis* (Müll. Arg.) Schultz

Folgende Artnamen wurden in die Synonymie verwiesen:

Thyrea schroederi Zahlbr. \equiv *Paulia nitidula* (Müll. Arg.) Schultz

Paulia schroederi (Zahlbr.) Henss. \equiv *Paulia nitidula* (Müll. Arg.) Schultz

Es wurde ein Schlüssel zur Bestimmung aller derzeit in die Lichinaceae gestellten Gattungen vorgelegt sowie einige Schlüssel zur Bestimmung der Arten überarbeitet, erweitert oder neu erstellt.

7. Literatur

- Agardh, C.A. (1817) Synopsis Algarum Scandinaviae. Officina Berlingiana, Lund.
- Agardh, C.A. (1824) Systema Algarum. Litteris Berlingianis, Lund.
- Asahina, Y. (1958) Lichenologische Notizen (§ 139). J. Jap. Bot. 33: 67-69.
- Awasthi, D.D. & Singh, S.R. (1979) New or otherwise interesting lichens from Mt. Abu, Rajasthan, India. Norweg. J. Bot. 26: 91-97.
- Ax, P. (1988) Systematik in der Biologie. UTB 1502. Fischer, Stuttgart.
- Büdel, B. (1987) Zur Biologie und Systematik der Flechtengattungen *Heppia* und *Peltula* im südlichen Afrika. Bibl. Lichenol. 23: 1-105.
- Büdel, B., Becker, U., Porembski, S. & Barthlott, W. (1997) Cyanobacteria and cyanobacterial lichens from inselbergs of the Ivory Coast, Africa. Botanica Acta 110: 458-465.
- Büdel, B. & Henssen, A. (1983) *Chroococcidiopsis* (Cyanophyceae), a phycobiont in the lichen family Lichinaceae. Phycologia 22: 367-375.
- Büdel, B., Lüttge, U., Stelzer, R., Huber, O. & Medina, E. (1994) Cyanobacteria of rocks and soils of the Orinoco Lowlands and the Guyana Uplands, Venezuela. Botanica Acta 107: 422-431.
- Clauzade, G. & Roux, C. (1985) Likenoj de okcidenta Europa ilustrita determinlibro. Bull. Soc. Bot. Centre-Quest, n.s., num. spec. 7: 1-893.
- Döring, H. & Lumbsch, H.T. (1998) Ascoma-ontogeny: is this character set of any use in the systematics of the lichenized ascomycetes? Lichenologist 30: 489-500.
- Ellis, L.T. (1981) A revision and review of *Lemmopsis* and some related species. Lichenologist 13: 123-139.
- Erichsen, C. F. E. (1940) Lichenologische Beiträge III. Ann. Mycol. 38: 303-331.
- Eriksson, O.E. (2000) (Hrsg.) Outline of ascomycota – 2000. www.umu.se/myconet/Myconet.html.
- Eriksson, O.E. & Hawksworth, D.L. (1998) Outline of the Ascomycetes - 1998. Systema Ascomycetum 16: 83-296.
- Eriksson, O.E. & Winka, K. (1997) Supraordinal taxa of Ascomycota. Myconet 1: 1-16.
- Felsenstein, J. (1984) Distance methods for inferring phylogenies: A justification. Evolution 38: 16-24.
- Felsenstein, J. (1985) Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. Evolution 39: 783-791.
- Felsenstein, J. & Kishino, H. (1993) Is there something wrong with the bootstrap? A reply to Hillis and Bull. Syst. Biol. 42: 193-200.
- Forey, P.L., Humphries, C.J., Kitching, I.L., Scotland, R.W., Siebert, D.J. & Williams, D.M. (1992) Cladistics. The Systematics Association Publication No. 10. Clarendon, Oxford.
- Forssell, K.B.J. (1885) Beiträge zur Kenntnis der Anatomie und Systematik der Gloeolichenen. Nova Acta Reg. Soc. Scient. Upsal. 13: 1-118.
- Frey, W. & Kürschner, H. (1988) Bryophytes of the Arabian Peninsula and Socotra. Floristics, phytogeography and definition of the Xerothermic Pangean element. Studies in Arabian bryophytes 12. Nova Hedwigia 46: 37-120.
- Fries, T.M. (1861) Lichenes Arctoi Europae Groenlandiaeque hactenus cogniti. Acta Reg. Soc. Scien. Upsal., Ser. III, 3: 103-390.
- Galun, M. (1970) The lichens of Israel. Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem.
- Gargas, A. & DePriest, P.T. (1996) A nomenclature for fungal PCR primers with examples from intron-containing SSU rDNA. Mycologia 88: 745-748.

- Gunderson J. H., Elwood, H., Ingold, A., Kindle, K. & Sogin, M.L. (1987) Phylogenetic relationships between chlorophytes, chrysophytes, and oomycetes. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 84: 5823-5827.
- Gyelnik, V. (1935) De familia Heppiacearum. 1, 2. Feddes Repert. 38: 153-157(465-469), 307-313(523-529).
- Hafellner, J. (1984) Studien in Richtung einer natürlicheren Gliederung der Sammelfamilien Lecanoraceae und Lecideaceae. Beih. Nova Hedwigia 79: 241-371.
- Hafellner, J. (1988) Principles of classification and main taxonomic groups. In: M. Galun (Hrsg.), CRC Handbook of Lichenology, Vol. III. CRC Press, Boca Raton, Florida. S. 41-52.
- Hafellner, J., Hertel, H., Rambold, G. & Timdal, E. (1993) A new outline of the Lecanorales. Unpubliz. Manuskript verteilt an die Teilnehmer des „First International Workshop on Ascomycete Systematics“ in Paris, 11.-14. Mai 1993.
- Hale, M.E., Jr. (1984) An historical review of the genus concept in lichenology. Beih. Nova Hedwigia 79: 11-23.
- Hamby, R.K., Sims, L.E., Issel, L.E. & Zimmer, E.A. (1988) Direct RNA sequencing: optimization of extraction and sequencing techniques for work with higher plants. Pl. Mol. Biol. Rep. 6: 179-197.
- Hasegawa, M., Kishino, H. & Yano, T. (1985) Dating the human-ape split by a molecular clock of mitochondrial DNA. J. Mol. Evol. 22: 160-174.
- Hennig, W. (1984) Aufgaben und Probleme stammesgeschichtlicher Forschung. Parey, Hamburg und Berlin.
- Henssen, A. (1963a) Eine Revision der Flechtenfamilien Lichinaceae und Ephebaceae. Symb. Bot. Upsal. 18: 1-123.
- Henssen, A. (1963b) Drei neue Arten der Flechtengattung *Phylliscum*. Svensk Bot. Tidskr. 57: 145-160.
- Henssen, A. (1968) A new *Lichinodium* species from British Columbia. Bryologist 71: 271-274.
- Henssen, A. (1969) Three non-marine species of the genus *Lichina*. Lichenologist 4: 88-98.
- Henssen, A. (1973) New or interesting cyanophilic lichens I. Lichenologist 5: 444-451.
- Henssen, A. (1974) New or interesting cyanophilic lichens II. Lichenologist 6: 106-111.
- Henssen, A. (1977) The genus *Zahlbrucknerella*. Lichenologist 9: 17-46.
- Henssen, A. (1979 [1980]) Problematik der Gattungsbegrenzung bei den Lichinaceen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 92: 483-506.
- Henssen, A. (1985) A new *Zahlbrucknerella* species from the Subantarctic. Lichenologist 17: 301-303.
- Henssen, A. (1986a) *Edwardiella mirabilis*, a holocarpous lichen from Marion Island. Lichenologist 18: 51-56.
- Henssen, A. (1986b) The genus *Paulia* (Lichinaceae). Lichenologist 18: 201-229.
- Henssen, A. (1989) *Metamelanea* and *Stromatella*, new genera of the Lichinaceae. Lichenologist 21: 101-118.
- Henssen, A. (1990a) *Thermutopsis jamesii*, a new member of the Lichinaceae from Antigua. Lichenologist 22: 253-259.
- Henssen, A. (1990b) Lichenes cyanophili et fungi saxicolae exsiccati, fasc. II, nos. 26-50: 1-11.
- Henssen, A. (1994) Contribution to the morphology and species delimitation in *Heppia* sensu stricto (lichenized Ascomycotina). Acta Bot. Fennica 150: 57-73.
- Henssen, A. (1995) The new lichen family Gloeopheppiaceae and its genera *Gloeopheppia*, *Pseudopeltula* and *Gudelia* (Lichinales). Lichenologist 27: 261-290.
- Henssen, A. & Büdel, B. (1984a) *Phyllisciella*, a new genus of the Lichinaceae. Nova Hedwigia Beih. 79: 381-398.
- Henssen, A. & Büdel, B. (1984b) *Peccania cerebriformis* und *Psorotichia columnaris* - zwei neue Lichinaceen von Lanzerote. Int. J. Mycol. Lichenol. 1: 261-271.

- Henssen, A. & Büdel, B. (1986) No. 115. Lichinales Henssen & Büdel ordo nov. S. 138 in O.E. Eriksson & D.L. Hawksworth (Hrsg.), Notes on ascomycetes systematics, nos. 1-224. Systema Ascomycetum 5: 113-184.
- Henssen, A., Büdel, B. & Titze, A. (1987) *Euopsis* and *Harpidium*, genera of the Lichinaceae (Lichenes) with rostrate asci. Botanica Acta 101: 49-55.
- Henssen, A., Büdel, B. & Wessels, D. (1985) New or interesting members of the Lichinaceae from southern Africa I. Species from northern and eastern Transvaal. Mycotaxon 22: 169-195.
- Henssen, A. & Jahns, H.M. (1973 [1974]) Lichenes. Eine Einführung in die Flechtenkunde. Thieme, Stuttgart.
- Henssen, A. & Jørgensen, P.M. (1990) New combinations and synonyms in the Lichinaceae. Lichenologist 22: 137-147.
- Henssen, A. (Keuck, G., Renner, B. & Vobis, G.) (1981) The lecanoralean centrum. In: D.R. Reynolds (Hrsg.), Ascomycete systematics. The Lutrellian concept. Springer. New York, Heidelberg, Berlin: 138-234.
- Henssen, A. & Tretiach, M. (1995) *Paulia glomerata*, a new epilithic species from Europe, and additional notes on some other *Paulia* species. Nova Hedwigia 60: 297-309.
- Holmgren, P.K., Holmgren N.H. & Barnett, L.C. (1990) Index Herbariorum. Part I. The herbaria of the world. NYBG, New York.
- Jaeger, J. (2000) Charakterisierung der kosmopolitischen, felsbewohnenden und lichenisierten, einzelligen Cyanobakteriengattung *Chroococcidiopsis* Geitler. Diplomarbeit, FB Biologie, Univ. Kaiserslautern, S. 129.
- Jørgensen, P.M. & Henssen, A. (1990) Proposal to conserve *Pyrenopsis* (Nyl.) Nyl., and nomenclatural comments on some related genera (Lichenized Fungi). Taxon 39: 343-347.
- Jørgensen, P.M. & Santesson, R. (1989) Proposal to conserve *Anema* Nylander ex Forsell against *Omphalaria* Massalongo (Lichenes). Taxon 38: 303-304.
- Kishino, H & Hasegawa, M. (1989) Evaluation of the maximum likelihood estimate of the evolutionary tree topologies from DNA sequence data, and the branching order in Hominoidea. J. Mol. Evol. 29:170-179.
- Kluge, A.G. & Wolf, A.J. (1993) Cladistics: what's in a word? Cladistics 9: 183-199.
- Körber, G.W. (1855) Systema Lichenum Germaniae. Trewendt & Granier, Breslau.
- Lange, O.L. (1958) Eine neue *Gonohymenia*-Art (Lichenes) aus Mauretanien und ihre Stellung innerhalb der Gattung. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 71: 293-303.
- Lange, O.L. (1961) Die Flechte *Gonohymenia hungarica* Szat. und ihre systematische Stellung. Nova Hedwigia 3: 361-366.
- Liu, Y.J., Whelen, S & Hall, B.D. (1999) Phylogenetic relationships among ascomycetes: evidence from an RNA Polymerase II subunit. Mol. Biol. Evol. 16: 1799-1808.
- Lorenzen, S. (1993) The role of parsimony, outgroup analysis, and the theory of evolution in phylogenetic systematics. Z. zool. Syst. Evolut.-forsch. 31: 1-20.
- Lorenzen, S. (1994) Phylogentische Systematik gestern, heute und morgen. Biologie in unserer Zeit 24: 200-206.
- Lumbsch, H.T. (1997) Systematic studies in the suborder Agyriineae (Lecanorales). J. Hatt. Bot. Lab. 83: 1-73.
- Lumbsch, H.T. (1998) Taxonomic use of metabolic data in lichen-forming fungi. In: J.C. Frisvad, P.D. Bridge & D.K. Arora (Hrsg.), Chemical fungal taxonomy. Marcel Dekker, New York. S. 345-387.
- Lumbsch, H.T., Feige, G.B. & Schmitz, K.E. (1994) Systematic studies in the Pertusariales I. Megasporaceae, a new family of lichenized ascomycetes. J. Hatt. Bot. Lab. 75: 295-304.

- Lutzoni, F. & Vilgalys, R. (1995) Integration of morphological and molecular data sets in estimating fungal phylogenies. *Can. J. Bot.* 73(Suppl. 1): S649-S659.
- Marton, K. & Galun, M. (1981) The cyanophilous lichen population of the Arava Valley and the Judean Desert (Israel). *Isr. J. Bot.* 30: 125-155.
- Miadlikowska, J. & Lutzoni, F. (2000) Phylogenetic revision of the genus *Peltigera* (lichen-forming Ascomycota) based on morphological, chemical and large subunit nuclear ribosomal RNA data. (im Druck)
- Monatgne, C. (1846) Aperçu morphologique da la famille des Lichens Extrait du Dictionnaire universel d'Histoire naturelle par d'Orbigny. Paris.
- Moreno, P.P. (1988) Estudio de la familia Lichinaceae en el sureste de la Península Ibérica y norte de Africa. Dissertation, Fac. de Biología, Univ. Murcia, 384 S.
- Moreno, P.P. & Egea, J.M. (1991) Biología y taxonomía de la familia Lichinaceae, con especial referencia a las especies del sureste Español y norte de Africa. Universidad Murcia, Secretariado de Publicaciones, Murcia.
- Moreno, P.P. & Egea, J.M. (1992a) *Digitothyrea*, a new genus in the familiy Lichinaceae. *Lichenologist* 24: 215-228.
- Moreno, P.P. & Egea, J.M. (1992b) El género *Lichinella* Nyl. en el sureste de España y norte de Africa. *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.* 13: 237-259.
- Moreno, P.P. & Egea, J.M. (1992c) Estudios sobre el complejo *Anema-Thyrea-Peccania* en el sureste de la Peninsula Iberica. *Acta Botan. Barcinon.* 41: 1-66.
- Moreno, P.P. & Egea, J.M. (1994) El género *Psorotichia* y especies próximos en el sureste de España y norte de Africa. *Bull. Soc. Linn. Provence* 45: 291-308.
- Nimis, P.L. (1998) A critical appraisal of modern generic concepts in lichenology. *Lichenologist* 30: 427-438.
- Nylander, W. (1854) Essai d'une nouvelle classification des lichens. *Mém. Soc. Scien. Cherbourg* 2: 5-16.
- Olson, G.J. (1990) Sequence Editor and Analysis Program.
- Poelt, J. (1969) Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. Cramer, Vaduz.
- Posada, D. & Crandell, K.A. (1998) Modeltest: testing the model of DNA substitution. *Bioinformatics* 14: 817-818.
- Purvis, O.W., Coppins, B.J., Hawksworth, D.L., James, P.W. & Moore, D.M. (1992) The lichen flora of Great Britain and Ireland. Natural History Museum Publications, London.
- Rambold, G. & Triebel, D. (1992) The inter-lecanoralean association. *Bibl. Lichenol.* 48: 1-201.
- Rambold, G. & Triebel, D. (1999) Generic concepts in lichenized and licheniculous ascomycetes since 1950 - a historical approach. *Symb. Bot. Upsal.* 32: 123-164.
- Reynolds, D.R. (1991) A phylogeny of fissitunicate ascostromatic fungi. *Mycotaxon* 42: 99-123.
- Schultz, M. (1998) Studies on lichens from southern Yemen (Arabian Peninsula). *Lichenologist* 30: 293-297.
- Schultz, M., Arendholz, W.-R. & Büdel, B. (2000a) Origin and evolution of the lichenized ascomycete order Lichinales: monophyly and systematic relationships inferred from ascus, fruiting body and SSU rDNA evolution. *Plant Biology* (eingereicht).
- Schultz, M., Brown, G. & Büdel, B. (2000b) Cyanophilous lichens from Kuwait. *Nova Hedwigia* 70: 193-216.
- Schultz, M., Büdel, B. & Elix, J.A. (2000c) Additional lichen records from Australia 42. *Paulia caespitosa*, new to Australia and the Southern Hemisphere. *Austral. Lichenol.* 46: 29-30.
- Schultz, M., Büdel, B. & Porembski, S. (2000d) *Thyrea porphyrella*, a new species of the Lichinaceae from inselbergs in tropical South America. *Lichenologist* (akzeptiert).

- Schultz, M., Mies, B. & Al-Gifri, A.N. (1999) New localities of some *Paulia* species (Lichinaceae, lichenized Ascomycota) from Socotra (Indian Ocean). *Bryologist* 102: 61-66.
- Schultz, M., Porembski, S. & Büdel, B. (2000e) Diversity of rock-inhabiting cyanobacterial lichens: studies on granite inselbergs along the Orinoco and in Guyana. *Plant Biology* 2: 482-495.
- Schultz, M., Printzen, C. & Scheidegger, C. (2000f) *Harpidium nashii* sp. nov., a new species and a genus new to North America. *Bryologist* 103 (im Druck).
- Sipman, H.J.M. (1983) A monograph of the lichen family Megalosporaceae. *Bibl. Lichenol.* 18: 1-241.
- Stenroos, S., Ahti, T. & Hyvönen, J. (1997) Phylogenetic analysis of the genera *Cladonia* and *Cladina* (Cladoniaceae, lichenized Ascomycota). *Plant Syst. Evol.* 207: 43-58.
- Sudhaus, W. & Rehfeld, K. (1992) Einführung in die Phylogenetik und Systematik. Fischer, Stuttgart.
- Swofford, D.L. (1999) PAUP*: phylogenetic analysis using parsimony (*and other methods). Version 4.0b test version. Sunderland, Massachusetts, Sinauer.
- Tamura, K. & Nei, M. (1993) Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. *Mol. Biol. Evol.* 10: 512-526.
- Taylor, T.N., Hass, H. & Kerp, H. (1999) The oldest fossile ascomycetes. *Nature* 399: 648.
- Tehler, A. (1988) A cladistic outline of the Eumycota. *Cladistics* 4: 227-277.
- Tehler, A. (1990) A new approach to the phylogeny of Euascomycetes with a cladistic outline Arthoniales focussing on Roccellaceae. *Can. J. Bot.* 68: 2458-2492.
- Tehler, A. (1994) The phylogeny of *Roccellina* (Roccellaceae), revisited. *Acta Bot. Fennica* 150: 185-195.
- Tehler, A. (1995) Morphological data, molecular data, and total evidence in phylogenetic analysis. *Can. J. Bot.* 73(Suppl. 1): S667-676.
- Tehler, A. (1996) Systematics, phylogeny and classification. In: T.H. Nash III (Hrsg.), *Lichen Biology*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. S. 217-239.
- Tibell, L. (1998) Practice and prejudice in lichen classification. *Lichenologist* 30: 439-453.
- Tibell, L. & Wedin, M. (2000) Mycocaliciales, anew order for the nonlichenized calicioid fungi. *Mycologia* 92: 577-581.
- Tretiach, M. & Henssen, A. (1996) *Paulia caespitosa* sp. nov. and *P. wrightii* comb. nov. (Lichinaceae, Ascomycotina). *Mycotaxon* 57: 359-369.
- Vobis, G. (1980) Bau und Entwicklung der Flechten-Pyknidien und ihrer Conidien. *Bibl. Lichenol.* 14: 1-141.
- Wedin, M., Tehler, A. & Gargas, A. (1998) Phylogenetic relationships of Sphaerophoraceae (Ascomycetes) inferred from SSU rDNA sequences. *Pl. Syst. Evol.* 209: 75-83.
- Wedin, M. & Tibell, L. (1997) Phylogeny and evolution of Caliciaceae, Mycocaliciaceae, and Sphinctrinaceae (Ascomycota), with notes on the evolution of the prototunicate ascus. *Can. J. Bot.* 75: 1236-1242.
- Wetmore, C. (1970) The lichen family Heppiaceae in North America. *Ann. Miss. Bot. Gard.* 57: 158-209.
- Wirth, V. (1995) Die Flechten Baden-Württembergs. Ulmer, Stuttgart.
- Yoshimura, I. (1968) Japanese species of *Anema*. *J. of Jap. Bot.* 43: 66-70.
- Yoshimura, I. (1974) New combinations adopted in my „Lichen Flora of Japan in Colour“. *Miscell. Bryol. et Lichenol.* 6: 135.
- Zahlbruckner, A. (1926) Lichenes. B. Spezieller Teil. In: A. Engler & K. Prantl (Hrsg.), *Die Natürlichen Pflanzenfamilien* 8. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

8. Verzeichniss und Anhänge

A - Abkürzungen

<i>excip. prop.</i>	<i>excipulum proprium</i> , der Eigenrand
18S rDNA	Gen der kleinen Untereinheit der Ribosomen
ITS	internal transcribed spacer, Abschnitte zw. der 18S rDNA und 28S rDNA
LSU	large subunit (28S rDNA), das Gen der großen Untereinheit der Ribosomen
CI	consistency index, Maß der Stammbaumstabilität (s. z.B. Forey et al. 1992)
RI	retention index, Maß der Stammbaumstabilität (s. z.B. Forey et al. 1992)
HI	homoplasy index, Maß der Stammbaumstabilität (s. z.B. Forey et al. 1992)

B - Untersuchungsmaterial

Anema decipiens (Massal.) Forss.: JEMEN, SW, 4km nördlich von Schureida, Straße von Aden nach Ta'izz, 13°22', 95°N, 44°24', 65°E, Basalt, M. Schultz, 10.03.97, 14003c, B. Mies, 10.03.1997, 14181. *Anema nummularium* (Duf. ex Dur. & Mont.) Nyl. ex Forss., GRIECHENLAND, Kalumbaka, Aghios Alissos, G. Willems, 28.06.1989, 10744/10. SPANIEN, Andalusien, Sierra de Cabo de Gata, Las Negras, 20 m, Muschelkalk, G. Willems, 1990, 10795/06; G. Willems, 02.01.1989, 10642/08. *Anema progidulum* (Nyl.) Henss.: USA, Arizona, Yavapai Co., White Hills NW of McGuireville, hwy. 17, ca. 1100 m, 111°53'W, 34°42'N, limestone, M. Schultz, 21.02.99, 16063d, 16064b, 16066, 16068d, ähnliche Stelle, ca. 1050 m, 12°40,1'N, 54°3,7'E, M. Schultz, 15.03.97, 14018a, 14021a, 14023, 14024. MEXIKO, Baja California Sur, Sierra la Giganta, dirtroad to Agua Verde, ca. 7 km SE of rd. 1, volcanic konglomerate, ca. 350 m, 111°15.5'W, 25°33.5'N, M. Schultz, 03.03.99, 16117a, 16122c. *Digitothyrea polyglossa* (Nyl.) Moreno & Egea: MEXIKO, Baja California Sur, Sierra la Giganta, dirtroad to Agua Verde, ca. 7 km SE of rd. 1, volcanic konglomerate, ca. 350 m, 111°15.5'W, 25°33.5'N, M. Schultz, 03.03.99, 16117b, 16122b; Sierra la Giganta, Cerro Adamn at rd. 1 (ca 50 km S of Loreto), volcanic rock, ca. 550 m, 111°16.5'W, 25°37'N, M. Schultz, 02.03.99, 16106h; Sierra la Giganta, where rd. 1 climbs up mountains from E (ca 40 km S of Loreto), volcanic rock, ca. 300 m, 111°14'W, 25°42'N, M. Schultz, 02.03.99, 16100e; E of Sierra la Giganta, dirtroad to Primera Agua, ca. 5 km SW of Loreto, volcanic rock, ca. 100 m, 111°24'W, 25°56'N, M. Schultz, 04.03.99, 16124; Sonora, 24 km W of Ria Yaqui, along Sonoran Hwy. 20, 450 m, 28°50'N, 110°00'W, B.D. Ryan, 21.02.1987 (ASU 21696); along route 16, bluffs along the W bank of the Rio Yaqui, mesquite vegetation, sedimentary rock, 700 m, 28°34'25"N, 109°33'20"W, Nash, T.H. III, 26.07.1994 (ASU 37984); Sinaloa, 38 km N of Los Mochis, hill beside cemetery (km-post 38, 50 m, 26°07'N, 109°02'W, Moberg, R. (10251), 12.02.1993 (ASU, Dupl. ex Herb. UPS L-57901). USA, Arizona, Maricopa Co., 5 km W of Canyon Lake along rd. 88 (Apache Trail), granite, ca. 700 m, 111°27'W, 33°31'N, M. Schultz, 12.02.99, 16038d.

Digitothyrea divergens (Henss.) Moreno & Egea: Kapverden, Santiago, Mnt. Craciosa, W-Hang, auf balatischen Kliffs, in voller Sonne exponiert n. S, 140 m, B. Mies (CV 3575), 12.11.1987, det. Henssen, Almborn: Lich. Africanic. no. 147 (als *Thyrea divergens*) (ASU). JEMEN, SW, 4km nördlich von Schureida, Straße von Aden nach Ta'izz, offener Fels, Abflußrinne, voll exponiert, 13°22',95°N, 44°24',65°E, Basalt, Tuff, M. Schultz, 10.03.97, 14001; Sokotra, ca. 30 km südlich von Hadibu, Nordrand der Küstenebene Nogeed, nahe der Höle, Kalkfelsen, ca. 50 m, 12°23,0'N, 54°0,9'E, M. Schultz, 16.03.97, 14030a; östlich von Hadibu, Djebel Hawari, Kalkgestein, in relativ beschatteten Gesteinsritzen, ca. 25 m, 12°40,1'N, 54°3,7'E, M. Schultz, 15.03.97, 14018a, 14021a, 14023, 14024. MEXIKO, Baja California Sur, Sierra la Giganta, dirtroad to Agua Verde, ca. 7 km SE of rd. 1, volcanic konglomerate, ca. 350 m, 111°15.5'W, 25°33.5'N, M. Schultz, 03.03.99, 16117a, 16122c. *Digitothyrea polyglossa* (Nyl.) Moreno & Egea: MEXIKO, Baja California Sur, Sierra la Giganta, dirtroad to Agua Verde, ca. 7 km SE of rd. 1, volcanic konglomerate, ca. 350 m, 111°15.5'W, 25°33.5'N, M. Schultz, 03.03.99, 16117b, 16122b; Sierra la Giganta, Cerro Adamn at rd. 1 (ca 50 km S of Loreto), volcanic rock, ca. 550 m, 111°16.5'W, 25°37'N, M. Schultz, 02.03.99, 16106h; Sierra la Giganta, where rd. 1 climbs up mountains from E (ca 40 km S of Loreto), volcanic rock, ca. 300 m, 111°14'W, 25°42'N, M. Schultz, 02.03.99, 16100e; E of Sierra la Giganta, dirtroad to Primera Agua, ca. 5 km SW of Loreto, volcanic rock, ca. 100 m, 111°24'W, 25°56'N, M. Schultz, 04.03.99, 16124; Sonora, 24 km W of Ria Yaqui, along Sonoran Hwy. 20, 450 m, 28°50'N, 110°00'W, B.D. Ryan, 21.02.1987 (ASU 21696); along route 16, bluffs along the W bank of the Rio Yaqui, mesquite vegetation, sedimentary rock, 700 m, 28°34'25"N, 109°33'20"W, Nash, T.H. III, 26.07.1994 (ASU 37984); Sinaloa, 38 km N of Los Mochis, hill beside cemetery (km-post 38, 50 m, 26°07'N, 109°02'W, Moberg, R. (10251), 12.02.1993 (ASU, Dupl. ex Herb. UPS L-57901). USA, Arizona, Maricopa Co., 5 km W of Canyon Lake along rd. 88 (Apache Trail), granite, ca. 700 m, 111°27'W, 33°31'N, M. Schultz, 12.02.99, 16038d.

Ephebe brasiliensis Henss.: GUYANA, Potaro-Siparuni Region, Umgebung des Dorfes Paramakatoi, 4°41'N, 59°42'W, 900 m, auf Granit (?) Felsen in Fluß, H.J.M. Sipman, 24.2.1996 (B 41324). *Ephebe hispidula* (Ach.) Horw.: RUBLAND, Karelien, Unterer Nilma-See, sporadisch befeuchtetes Gestein am Ufer, Metamorphit, 33°08'E, 66°29'N, M. Schultz, 19.08.97, 13105c. NORWEGEN, Südtrondheim, Rösos, an Blöcken am Fämmundsee bei Langen, Erichsen, C.F.E., 19.07.1928 (HBG). SCHWEDEN, Vestergötland: an Sickerfelsen bei Änggarden bei Gotenburg, Erichsen, C.F.E., 11.07.1928 (HBG). *Ephebe lanata* (L.) Vain.: SCHWEDEN, Bohuslän, Insel Orust an Sickerfelsen bei Svanesund, Erichsen, C.F.E., 13.07.1928 (HBG); Bohuslän, par. Langelanda, Gömme, auf beregnetem Fels, Magnusson, A.H., 07.07.1928, Magnusson: Lich. sel. scan. exs. no. 77 (HBG). FINNLAND, Kl., Kurkijoki, Heposaari, auf horiz. Silikatfels beim Laatokka See, Räsänen, V., 03.08.1932, Gyelnik: Lichenothea no. 4 (HBG). *Ephebe perspinulosa* Nyl. ex Norrl.: RUBLAND, Karelien, südliche Hälfte der HI Kindra, bei der Krummen Schwelle Krivoj Porok, Ufergestein oberhalb des Salzwassereinflusses, Silikatfels, M. Schultz, 21.08.97, 13126a.

Euopsis pulvinata (Schaer.) Nyl. SCHWEDEN, Torne Lappmark, Jukkasjärvi, Riksgränsen, Njutum, auf Boden in alpinen Region, ca. 600 m, Magnusson, A.H., 14.07.1919, als *Pyrenopsis* p. in Magnusson: Lich. sel scan. exs. no. 227 (B 92625; HBG); Gotenburg, an Sickerflächen der Gneissfelsen bei Änggarden, Erichsen, C.F.E., 11.07.1928 (HBG).

Forssellia neglecta Erichsen: DEUTSCHLAND, Hansestadt Hamburg, Kirchwerder, Vierlande, am Kalksteinschutz des Elbdeiches bei Warwisch, 5 m, MTB 2526/4, Erichsen, C.F.E., 06.09.1904 (Typus, HBG 4296).

Gloeoheppia erosa (J.Steiner) Marton: JEMEN, SO, westlich der Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, Plateau des Dschol-Gebirges, Talhang mit Wolkenaufstieg, in geschützten Felsritzen, ca. 2000 m, 14°49,43'N, 48°48,57'E, verfestigter Boden, kalkhaltig, M. Schultz, 25.03.97, 14070f; SO, Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, Plateau des Dschol-Gebirges, erdgefüllte Felsspalten, 1250 m, 14°57,78'N, 48°58,83'E, verfestigter Boden, kalkhaltig, M. Schultz, 13.03.97, 14013h; SO, Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, südliche Abbruchkante des Dschol-Gebirges, schattige senkrechte Felsfläche, Kalkgestein, 500 m, 14°50,9'N, 49°8,84'E, M. Schultz, 13.03.97, 14010d; Jahein, 80 km ö von Aden, Boden über Kalkstein, 950 m, 13°34'N, 45°49'E, B. Mies, 04.02.1998, 14753; Al Mumqati, 25 km NW von Al-Bayda, Straße von Damar, Boden über Kalkstein, 14°08'N, 45°26'E, 1925 m, B. Mies, 18.01.1998, 14398; Sokotra, ca. 20 km südöstlich von Hadibu, Weg nach Nogeed, am Talhang in sandgefüllten Ritzen von karstigen Kalkfelsen, ca. 200 m, 12°31,7'N, 54°10,6'E, M. Schultz, 16.03.97, 14029e. KUWAIT, nördl. der Kuwait Bay, Umm Al-Rimam, Bodenkruste über kalkh. Fels, M. Schultz & B. Brown, V/98, 15012f. *Gloeoheppia polyspora* Henss.: USA, Arizona, Maricopa Co., S end of South Maricopa Mountain Wilderness, N of hwy 8, exit 140, N-facing cliff, rhyolite, ca. 520 m, 112°22'W, 32°53'N, M. Schultz, 14.02.99, 16044g, 16050b; White Hills S of South Maricopa Mountains Wilderness, S of hwy 8, exit 144, on SE hill slope, ca. 580 m, 112°17'W, 32°45'N, M. Schultz, 08.02.99, 16018a; 5 km W of Canyon Lake along rd. 88 (Apache Trail), on slightly sloped shaded rock surface, Granite ca. 700 m, 111°27'W, 33°31'N, M. Schultz, 12.02.99, 16038a, 16034c. MEXIKO, Baja California Sur, Sierra la Giganta, dirtroad to Agua Verde, ca. 7 km SE of rd. 1, NO-facing, shaded, steep wall, volcanic konglomerate, ca. 350 m, 111°15.5'W, 25°33.5'N, M. Schultz, 03.03.99, 16121c; Sierra la Giganta, Cerro Adamn at rd. 1 (ca 50 km S of Loreto), steep N-facing wall with water runoffs, volcanic rock, ca. 550 m, 111°16.5'W, 25°37'N, M. Schultz, 02.03.99, 16106g. *Gloeoheppia turgida* (Ach.) Gyelnik: JEMEN, SO, westlich der Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, Plateau des Dschol-Gebirges, in den Felsritzen und auf kalkhaltigem Boden, ca. 2000 m, 14°49,43'N, 48°48,57'E, M. Schultz, 25.03.97, 14070b; SO, Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, Plateau des Dschol-Gebirges, erdgefüllte Felsspalten, kalkhaltiger Boden, 1250 m, 14°57,78'N, 48°58,83'E, M. Schultz,

13.03.97, 14013f; SO, Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, südliche Abbruchkante des Dschol-Gebirges, schattige senkrechte Kalkgesteinblöcke, 500 m, 14°50,9'N, 49°8,84'E, M. Schultz, 13.03.97, 14010f; SO, Küstenebene bei Riyan, Straße zum Wadi Hadramaut, zwischen kalkhaltigem Fels, ca. 25 m, 14°42'N, 49°19,9'E, M. Schultz, 13.03.97, 14009b; Sokotra, ca. 8 km östlich von Hadibu, steile Kante eines Wadis, kalkhaltiges Flußgeröll, ca. 50 m, 12°39,6'N, 54°6,7'E, M. Schultz, 16.03.97, 14026d; ca. 4 km südlich von Hadibu, Aufstieg zu Muqadrihon Paß, in erdgefüllter Spalte über Kalkgestein, ca. 150 m, 12°37,0'N, 54°0,9'E, M. Schultz, 19.03.97, 14044b; ca. 20 km östlich von Qalansiyah, flacher Bergpaß, Kalkfelstrümmer am Boden, ca. 250 m, 12°36,8'N, 53°39,1'E, M. Schultz, 20.03.97, 14052, 14054a; Hamaderoh-Massiv, ca. 28 km östlich von Hadibu, Aufstieg zum Plateau, in erdgefüllten Ritzen und Spalten im Kalkstein, ca. 450 m 12°36,0'N, 54°16,9'E, M. Schultz, 23.03.97, 14065a, 14067b; R'as Hebak, ca. 5 km westlich von Hadibu, Küstefelsen, Kalk, ca. 25 m, 12°38,7'N, 53°58,5'E, M. Schultz, 18.03.97, 14036e, 14039b, 14040b; östlich von Hadibu, Djebel Hawari, in relativ beschatteten Gesteinsritzen, ca. 25 m, 12°40,1'N, 54°3,7'E, M. Schultz, 15.03.97, 14017b, 14018d, 14019d, 14020b, 14022b, 14023d; ca. 15 km südwestlich von Qalansiyah, schmaler Küstenstreifen südlich des R'as Yisfur, Kalkfelstrümmer, 12°35,3'N, 53°23,9'E, M. Schultz, 20.03.97, 14056b; ca. 30 km südlich von Hadibu, Nordrand der Küstenebene Nogeed, nahe der Höle, in sandgefüllten Ritzen von Kalkfelsen, ca. 50 m, 12°23,0'N, 54°0,9'E, M. Schultz, 16.03.97, 14030b; ca. 20 km südöstlich von Hadibu, Weg nach Nogeed, am Talhang in sandgefüllten Ritzen von karstigen Kalkfelsen, ca. 200 m, 12°31,7'N, 54°10,6'E, M. Schultz, 16.03.97, 14029d. KUWEIT, südöstl. Teil bei Khiran, 2 Felsen, Bodenkruste über kalkh. Fels, M. Schultz & B. Brown, V/98, 15022c; nördl. der Kuwait Bay, Umm Al-Rimam, Bodenkruste über kalkh. Fels, G. Brown, XII/95, 50017, M. Schultz & B. Brown, V/98, 15009d, 15017g. OMAN, nah bei der Universität, G. Brown, 16.02.2000, 50508. ERITREA, Hügel bei Mai Atar, Küstenebene zw. Massaua und Ghinda, Granit, 150 m, 15°31'N, 39°12'E, B. Mies, 14.03.1995, 13861.

Gonohymenia octosporella Lettau: DEUTSCHLAND, Allgäuer Alpen, Sigiswanger Horn bei Sonthofen, an sonnigen Sandsteinfelsen am Gipfel, 1527 m, Lettau, 1.7.1918, (Holotypus, B 33759).

Harpidium nashii Scheideg.: MEXIKO, Baja California, 10 km N of Catavina, Northern Vizcaino Region of the Sonoran Desert, 570 m, granite boulder area, 29°47'N, 114°45'W, 06.01.1989, C. Scheidegger (Holotypus G; Isotypus ASU, UPS, US); 1 km N of Catavina, Northern Vizcaino Region of the Sonoran Desert, 560 m, batholithic granite boulder area, 29°43'N, 114°40'W, 06.01.1989, C. Scheidegger (Paratypus Hb. Scheidegger); Mountain Slope 3 km WNW of Laguna Chapala, border of the Lower Colorado Valley - Vizcaino Region of the Sonoran Desert, 870 m, pre-batholithic, sedimentary rock, 29°27'N, 114°03'W, 06.01.1989, C. Scheidegger (Paratypus Hb. Scheidegger ASU, UPS, US). USA, California, Santa Barbara Co., Santa Cruz Isl., N side of Central Valley, N of La Cascada, 34°00'40''N, 119°44'50''W, 25.09.1997, C. Printzen (Paratypus Hb. Printzen). **Harpidium rutilans** Flotow ex Körber: RUMÄNIEN, Com. Krassó-Szörény, supra saxa vallis "Szvetnik" prope "Mehadia", H. Lojka: Flora exs. Austro-Hung. no. 3125 (HBG); Transsilvanien, Domugledicum, prope balneum Mehadia, in valle Szvetnik, H. Lojka, Köföragó-Gyelnik: Lichenotheca no. 180 (HBG); Com. Krassó-Szörény, prope pagum Szvinicza, H. Lojka, 25.04.1886, H. Lojka: Lichenotheca univ. no. 170 (HBG).

Heppia adglutinata (Kremp.) A.Massal.: USA, Arizona, City of Phoenix, South Mountain Park, granite with mosses and soil, ca. 600 m, 112°W, 33°21'N, M. Schultz, 07.02.99, 16012a. JEMEN, SO, westlich der Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, Plateau des Dschol-Gebirges, kalkhaltiger Boden, ca. 2000 m, 14°49,43'N, 48°48,57'E, M. Schultz, 25.03.97, 14069e; Sokotra, Hamaderoh-Massiv, ca. 28 km östlich von Hadibu, kalkhaltiger Boden, ca. 450 m 12°36,0'N, 54°16,9'E, M. Schultz, 23.03.97, 14064b. OMAN, Wadi Al-Khod direkt hinter der Sultan Qaboos-Univ. außerhalb Muskad, 23°33'N, 58°06'E, ca. 150 m, G. Brown, 22.02.2000; Al-Khod, auf Bodenkruste, G. Brown, 14.02.2000, 50501a. **Heppia conchiloba** Zahlbr.: USA, Arizona, Maricopa Co., Crater Range, along AZ 85, 42 km S of Gila Bend, Sonoran Desert, soil, 425 m, 32°32'55"N, 112°52'40"W, Nash, T.H. III, 27.02.1998 (ASU 40618); Yavapai Co., Bell Trail in Beaver Creek valley (E of exit 298, hwy. 17), pine-juniper forest, sandstone, ca. 1400 m, 111°39'W, 34°40'N, M. Schultz, 23.02.99, 16086a. **Heppia despreauxii** (Mont.) Tuck.: JEMEN, SW, 4 km nördlich von Schureida, Straße von Aden nach Ta'izz, kalkhaltiger Boden, 13°22,95'N, 44°24,65'E, M. Schultz, 10.03.97, 14004a. KUWEIT, südöstl. Teil bei Khiran, 2 Felsen, Bodenkruste über kalkh. Fels, Brown, II/97, 50058, M. Schultz & B. Brown, V/98, 15020a, 15021a. USA, Arizona, City of Phoenix, South Mountain Park, soil over granite, ca. 600 m, 112°W, 33°21'N, M. Schultz, 07.02.99, 16001b, 16008a; Maricopa Co., Usuary Pass at Usuary Mts. N of Mesa, Tonto Nat. Forest, soil, 671 m, 33°29'30"N, 111°37'15"W, Nash, T.H. III, 27.02.1998 (ASU 40532); White Hills S of South Maricopa Mountains Wilderness, S of hwy 8, exit 144, open desert plain, soil, ca. 550 m, 112°17'W, 32°45'N, M. Schultz, 08.02.99, 16018c, 16027d; Yavapai Co., E of Camp Verde, campground at Clear Creek (rd. 260), soil, ca. 1000 m, 111°46'W, 34°31'N, M. Schultz, 21.02.99, 16054b; White Hills close to McGuireville, hwy. 17 (exit 293), calcareous soil, ca. 1050 m, 111°49,5'W, 34°38,5'N, M. Schultz, 23.02.99, 16078; Cochise Co., ca. 2 km S of Tombstone, Tombstone Hills, Military Hill, Chihuahuan Desert shrub, calcareous soil, ca. 1500 m, 110°04'W, 31°41'N, M. Schultz, 28.02.99, 16097a. **Heppia solorinoides** (Nyl.) Nyl.: JEMEN, SO, Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, Plateau des Dschol-Gebirges, kalkhaltiger Boden in Kalkfesspalten, 1250 m, 14°57,78'N, 48°58,83'E, M. Schultz, 13.03.97, 14013j; Jahein, 80 km ö von Aden, Boden über Kalk, 13°34'N, 45°49'E, 950 m, B. Mies, 04.02.1998, 15752; Sokotra, ca. 4 km südlich von Hadibu, Aufstieg zu Muqadrihon Paß, in erdgefüllter Spalte über Kalkgestein, ca. 150 m, 12°37,0'N, 54°0,9'E, M. Schultz, 19.03.97, 14044d; östlich von Hadibu, Djebel Hawari, in relativ beschatteten Gesteinsritzen, kalkhaltiger Boden, ca. 25 m, 12°40,1'N, 54°3,7'E, M. Schultz, 15.03.97, 14020d.

Jenmania goebelii Wächter: GUYANA, Mazaruni River, Fels, in leicht fließendem Wasser, M. Kato, 14.9.1999 (TNS). **Jenmania osorioi** Henss.: URUGUAY, Salto-Uruguay River, Salto Grande Island, ob. Teil eines gr. Steins unterh. d. Hochwasserlinie, H. Osorio, 4.-6.2.1974, Henssen: Lich. Cyan. et Fungi Sax. Exs. no. 29 (Isotyp. M 0023944) (s. Umkombination in Abchn. 4.3.4. bei *Thyrea*).

Lemmopsis arnoldiana (Hepp) Zahlbr.: DEUTSCHLAND, Westfalen, Ziegenberg bei Höxter, kleine kalksteine, Beckhaus, V/1867 (B); Brunsberg bei Höxter, Beckhaus, IV/1864 (B); alter Johannisberg bei Bielefeld, Beckhaus V/1867 (B). USA, Arizona, Maricopa Co., S end of South Maricopa Mountain Wilderness, N of hwy 8, exit 140, desert pavement with caliche-crust, rhyolite, ca. 520 m, 112°22'W, 32°53'N, M. Schultz, 14.02.99, 16041e; Arizona, E of Tempe, Superior, wash, caliche crust, R. Puente & O. Mejia (ASU).

Lempholemma botryosum (Massal.) Zahlbr.: DEUTSCHLAND, Baden-Württemberg, Schwäbische Alb, Seeburg bei Bad Urach, Kalkgestein, ca. 600 m, MTB 7522/4, M. Schultz, 18.04.98, 03171b, 03173, 03186b, 03193, 03194a. TÜRKIEI, Prov. Trabzon, 40°43'37"N, 39°31'27"E, 850 m, interm. Schiefer, V. John, 1.8.1997, 9697; Prov. Trabzon, 40°47'11"N, 39°34'35"E, 500 m, interm. Schiefer, V. John, 1.8.1997, 9689. **Lempholemma chazanum** (Ach.) B. de Lesd.: DEUTSCHLAND, Rheinland-Pfalz, Kaiserslautern, Campus der Universität, unter Sitzplätzen gegenüber der Mensa in Pflasterritzen, M. Schultz, 25.08.2000, 03290. **Lempholemma cladodes** (Tuck.) Zahl.: TÜRKIEI, Prov. Trabzon, 40°43'37"N, 39°31'27"E, 850 m, interm. Schiefer, V. John, 1.8.1997, 9695. **Lempholemma intricatum** (Arn.) Zahlbr.: SCHWEIZ, Graubünden, San Bernadino Paß, in Sickerwasserstreifen auf Urgesteinfels auf der Paßhöhe, 1720 m, A. Henssen (19737a), 25.08.1968, Henssen: Lichinaceae . Cyan. Exs. no. 13 (BM). ÖSTERREICH, Salzburg, N von Salzburg, Rettenbach, Kalkstein, 700 m, Nash, T.H. III, 27.08.1978 (ASU 17499). TÜRKIEI, Prov. Trabzon, 40°47'11"N, 39°34'35"E, 500 m, interm. Schiefer, V. John, 1.8.1997, 9691. **Lempholemma lingulatum** (Tuck.) Henss.: DOMINIKANISCHE REP., Prov. Independencia, 3 km W von Duverge an Straße nach Jimani, steiler N Hang, Wetmore, C.M., 12.06.1968 (MIN 17807); Prov. Pedernales, 15 km ö von Pedernales in karstigem Kalkstein nah der Straße, 200 ft., Wetmore, C.M., 14.06.1968 (MIN, 17886). **Lempholemma polyanthes** (Bernh.) Malme: USA, Arizona, City of Phoenix, South Mountain Park, on 45°, shaded, slope of small canyon, granite with mosses and soil, ca. 600 m, 112°W, 33°21'N, M. Schultz, 07.02.99, 16011a; Yavapai Co., White Hills NW of McGuireville, hwy. 17, beneath boulder in NE-facing cliff, on moss over limestone, ca. 1100 m, 111°53'W, 34°42'N, M. Schultz, 21.02.99, 16072f. TÜRKIEI, Prov. Trabzon, 40°43'37"N, 39°31'27"E, 850 m, interm. Schiefer, V. John, 1.8.1997, 9696. DEUTSCHLAND, Niedersachsen, LK Harburg, Dröge Heide, Grundmauern eines alten Schafstalles, MTB 2724.422, G. Ernst, 6.5.1998; Rheinland-Pfalz, Frankenstein östl. von Kaiserslautern, Burgruine, Bodenkruste auf Mauerkrone, M. Schultz, 01.07.2000, 03291. **Lempholemma** spec.: JEMEN, Sokotra, ca. 4,5 km südlich von Hadibu, Aufstieg zu Muqadrihon Paß, auf großem verkarstem Kalksteinblock, ca. 250 m, 12°36,8'N, 54°0,75'E, M. Schultz, 19.03.97, 14045a, 14046b; ca. 3,5 km südlich von Hadibu, am Fuße des

Haghier Massivs, in kleinen ausgewaschenen Höhlen und Kehlen auf Kalkgestein, ca. 100 m, 12°37,3'N, 54°1,0'E, M. Schultz, 19.03.97, 14042c; Wadi Manifoh, 3,7 km S von Hadibu, Kalkstein, 12°38'N, 54°01'E, 50 m, B. Mies, 18.03.1997, 14067.

Lichina confinis (O.F.Müller) C.A.Ag.: RUBLAND, Karelien, Insel Kostjan westlich von der Station, Kandalakscha Bucht des Weißen Merres, Silikatgestein knapp oberhalb der Fucus-Bestände, M. Schultz, 20.08.97, 13122. Frankreich, Bretagne, Dept. Finistère, Ortsrand von Raguénès, 500 m westl. des Île Raguénès, knapp oberh. des Supralitorals, M. Schultz, 01.08.1999, 04015a. **Lichina pygmaea** (Lightf.) C.A.Ag.: Frankreich, Bretagne, Dept. Finistère, Küstenfels bei Raguénès, Balanidenzone, Gneis, D. Schultz, 31.07.1999, 04011; Ortsrand von Raguénès, 500 m westl. des Île Raguénès, Balanidenzone unterhalb der Fundstelle von *L. confinis* (04015a), M. Schultz, 01.08.1999, 04019. Dept. Morbihan, HI Quiberon, Côte Sauvage, südl. des Point du Percho, Balanidenzone, Gneis, M. Schultz, 27.07.1999, 04013; Dept. Côte d'Armor, Pleubian, Port La Chaîne, Granit, Balanidenzone, D. Schultz, 25.07.2000, 04020.

Lichinaceae gen. spec. JEMEN, Sokotra, Wadi Ayeb, Inlandtal 5 km SW von Hadibu, in Rissen von Kalksteinblock, 300 m, B. Mies (12989) & C. Printzen, 19.01.1994; ca. 3,5 km südlich von Hadibu, am Fuße des Haghier Massivs, in kleinen ausgewaschenen Höhlen und Kehlen, Kalkgestein, ca. 100 m, 12°37,3'N, 54°1,0'E, M. Schultz, 19.03.97, 14042a; ca. 4,5 km südlich von Hadibu, Aufstieg zu Muqadrihön Paß, auf Kalksteinblock, ca. 250 m, 12°36,8'N, 54°0,75'E, M. Schultz, 19.03.97, 14046c; Wadi Ma'nifoh, ca. 4 km südlich von Hadibu, am Fuße des Haghier Massivs, auf blankem Kalkfels, ca. 50 m, 12°37'N, 54°1,1'E, B. Mies, 18.03.97, Herb. Schultz 14041b.

Lichinella algerica (J.Steiner) Moreno & Egea: JEMEN, SO, westlich der Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, Plateau des Dschol-Gebirges, in Kalkfelsritzen, ca. 2000 m, 14°49,43'N, 48°48,57'E, M. Schultz, 25.03.97, 14071b. KUWEIT, nördl. der Kuwait Bay, Umm Al-Rimam, kalkh. Fels, G. Brown, II/97, 50064; nördl. der Kuwait Bay, westl. von Sobiya, Bodenkruste über kalkh. Fels, V/98, 15001b, 15031b; südöstl. Teil, 2 Felsen bei Khiran, Bodenkruste über kalkh. Fels, G. Brown, II/97, 50048, M. Schultz & G. Brown, V/98, 15025b. **Lichinella americana** Henss.: MEXIKO, Baja California Sur, Sierra la Giganta, where rd. 1 climbs up mountains from E (ca 40 km S of Loreto), N-facing steep slope, volcanic rock, ca. 300 m, 11°14'W, 25°42'N, M. Schultz, 02.03.99, 16100f; Sierra la Giganta, Cerro Adamn at rd. 1 (ca 50 km S of Loreto), steep N-facing wall with water runoffs, shaded, volcanic rock, ca. 550 m, 11°16,5'W, 25°37'N, M. Schultz, 02.03.99, 16106e. USA, Arizona, Maricopa Co., 5 km W of Canyon Lake along rd. 88 (Apache Trail), granite, ca. 700 m, 11°27'W, 33°31'N, M. Schultz, 12.02.99, 16038b. **Lichinella cribellifera** (Nyl.) Moreno & Egea: ISRAEL, Hagalil, Ob. Jordantal, Almagor bei Korazim, Basalt, 85 m, A. Henssen (21514b) & J. Garty, 26.3.1971, Henssen: Lich. Cyan. et Fungi Sax. Exs. no. 36 (als *Gonohymenia c.*) (M). SPANIEN, Andalusien, Sierra de Cabo de Gata, W. Schütz, III/1988, 10533, 10535, 10539 (Sammlung Willems). USA, Arizona, Cochise Co., Rucker Canyon above campgrounds, Chiricahua Mts., 31°47'N, 109°17'W, 1900 m, Rhyolit, Ryan, B.D., 21.05.1084 (ASU 10925-a); Gila Co., 1 km S of Payson, close to hwy 87, pine-juniper-oak forest, shaded water run-off, sandstone, ca. 1450 m, 11°20'W, 34°13'N, M. Schultz, 06.03.99, 16128; N of Payson, rock, 1572 m, 43°15'24"N, 111°20'20"W, Biringir, J., 25.04.1997, (ASU 139); Maricopa Co., 5 km W of Canyon Lake along rd. 88 (Apache Trail), granite, ca. 700 m, 11°27'W, 33°31'N, M. Schultz, 12.02.99, 16029a, 16031a, 16033d, 16034b, 16035a; ähnliche Stelle, Rhyolit-Tuff, 33°31'N, 111°27'W, B. Büdel (19009a) & T.H. Nash III, 28.12.1988; Papago Park, Scottsdale, 1200 ft., 33°25'N, 111°55'W, Ryan, B.D., 13.04.1985 (ASU 16264). MEXIKO, Baja California, Guadalupe Isl., narrow E-W canyon into the southern peak on the east side with rocky outcrops, sedimentary rock, 800 m, 29°00'50"N, 118°15'50"W, Nash, T.H. III, 04.01.1996 (ASU 38561); Baja California Norte, 16 km S of Santa Ynez, volcanic rock, 600 m, 29°40'N, 114°42'W, Nash, T.H. III, 25.05.1974 (ASU 8788); **Lichinella flexa** Henss., Büdel & Nash: MEXIKO, Baja California Sur, Sierra la Giganta, dirtroad to Agua Verde, ca. 7 km SE of rd. 1, volcanic konglomerate, ca. 350 m, 11°15,5'W, 25°33,5'N, M. Schultz, 03.03.99, 16119; Sierra la Giganta, Cerro Adamn at rd. 1 (ca 50 km S of Loreto), volcanic rock, ca. 550 m, 11°16,5'W, 25°37'N, M. Schultz, 02.03.99, 16106f; similar site, ca. 350 m, 11°15,5'W, 25°33,5'N, M. Schultz, 03.03.99, 16121a. **Lichinella intermedia** Henss., Büdel & Nash: USA, Arizona, Yavapai Co., White Hills NW of McGuireville, hwy. 17, slightly sloped limestone surface, ca. 1100 m, 11°53'W, 34°42'N, M. Schultz, 21.02.99, 16063q, 16065b; similar site, limestone, ca. 1050 m, 11°49,5'W, 34°38,5'N, M. Schultz, 23.02.99, 16073b, 16074d; Maricopa Co., 5 km W of Canyon Lake along rd. 88 (Apache Trail), granite, ca. 700 m, 11°27'W, 33°31'N, M. Schultz, 12.02.99, 16035b. **Lichinella intermedia**, MEXIKO, Baja California Sur, Sierra la Giganta, Cerro Adamn at rd. 1 (ca 50 km S of Loreto), Sonoran Desert shrub, steep, W-facing boulder, volcanic konglomerate, ca. 550 m, 11°16,5'W, 25°37'N, M. Schultz, 03.03.99, 16113c, 16115b. **Lichinella iodopolchra** (Croz. ex Coudere) Moreno & Egea: USA, Arizona, City of Phoenix, South Mountain Park, granite with soil and mosses, ca. 600 m, 11°2'W, 33°21'N, M. Schultz, 07.02.99, 16007e; Maricopa Co., 5 km W of Canyon Lake along rd. 88 (Apache Trail), granite, ca. 700 m, 11°27'W, 33°31'N, M. Schultz, 12.02.99, 16038f; S end of South Maricopa Mountain Wilderness, N of hwy 8, exit 140, N-facing cliff, rhyolit, ca. 520 m, 11°22'W, 32°53'N, M. Schultz, 14.02.99, 16044a, 16050c; Yavapai Co., E of Camp Verde, old military reservation (rd. 260), on steep limestone boulder, N-W-facing, ca. 1000 m, 11°49'W, 34°33'N, M. Schultz, 21.02.99, 16055d, 16060b; White Hills close to McGuireville, hwy. 17 (exit 293), N-facing cliff, limestone, ca. 1050 m, 11°49,5'W, 34°38,5'N, M. Schultz, 23.02.99, 16075c; Cochise Co., Dragoon Mountains, NE of Tombstone, Middle March Pass Rd., pine-juniper-oak forest, soil on silicous rock ca. 1700 m, 109°57'W, 31°51'N, M. Schultz, 28.02.99, 16099c; Chiricahua Mountains, Tex Canyon (to Rucker Canyon), pine-juniper-oak forest, on small limestone boulders in N slope, ca. 1750 m, 109°20'W, 31°39'N, M. Schultz, 27.02.99, 16094. MEXIKO, Baja California Sur, Sierra la Giganta, Cerro Adamn at rd. 1 (ca 50 km S of Loreto), steep N-facing wall with water runoffs, volcanic rock, ca. 550 m, 11°16,5'W, 25°37'N, M. Schultz, 02.03.99, 16106i. SPANIEN, Andalusien, Sierra de Cabo de Gata, Las Negras, 20 m, Muschelkalk, G. Willems, 1990, 10793/75, 10793/80. JEMEN, Sokotra, ca. 5,5 km süd-südwestlich von Hadibu, nahe des Scheitels des Muqadrihön Paß, Kalkgestein, ca. 500 m, 12°36,45'N, 54°0,1'E, M. Schultz, 19.03.97, 14051c. KUWEIT, nördl. der Kuwait Bay, westl. von Sobiya, Bodenkruste über kalkh. Fels, M. Schultz & G. Brown, V/98, 15001c, 15003c, 15006d. OMAN, G. Brown, 19.02.2000, 50531. **Lichinella mauritanica** (O.L.Lange) Moreno & Egea: JEMEN, SO, westlich der Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, Plateau des Dschol-Gebirges, in sandgefüllten Kalkfelsritzen, ca. 2000 m, 14°49,43'N, 48°48,57'E, M. Schultz, 25.03.97, 14070o. KUWEIT, nördl. der Kuwait Bay, Umm Al-Rimam, Bodenkruste über kalkh. Fels, G. Brown, II/97, 50065; westl. von Sobiya, Bodenkruste über kalkh. Fels, M. Schultz & G. Brown, V/98, 15001a, 15003b, 15004f; südöstl. Teil bei Khiran, 2 Felsen, Bodenkruste über kalkh. Fels, G. Brown, II/97, 50050, M. Schultz & G. Brown, V/98, 15022g, 15025b. **Lichinella myriospora** (Zahlbr.) Moreno & Egea: UNGARN, bei Fiume auf kalkh. Gestein, J. Schuler, Krypt. Exs. no. 1036 (Typus, WU 5164; B 81602). USA, Arizona, Maricopa Co., 5 km W of Canyon Lake along rd. 88 (Apache Trail), granite, ca. 700 m, 11°27'W, 33°31'N, M. Schultz, 12.02.99, 16038f; S end of South Maricopa Mountain Wilderness, N of hwy 8, exit 140, desert pavement with caliche-crust, rhyolite, ca. 520 m, 11°22'W, 32°53'N, M. Schultz, 14.02.99, 16041f. **Lichinella nigrifella** (Lettau) Moreno & Egea: DEUTSCHLAND, Bayern, Blaibach bei Sonthofen, auf kalkh. Molassesandstein unmittl. bei Fabrik, ca. 700 m, Lettau, 2.7.1918 (Holotyp, B 53783). TSchechien, Mähren, Brünn, auf Konglomerat, 280 m, A. Henssen & A. Vězda, 7.11.1981 (B 75207) (als *Gonohymenia n.*). FRANKREICH, Angers, "Bon Pasteur", Lettau, 1894 (B 81298). ITALIEN, Südtirol, Distr. Bolzano, NW v. Meran, 500 m, H.J.M. Sipman, 18.9.1976 (B 65704); Südtirol, Vintschgau/Val Venosta, Lasa/Laas, auf Schiefer, 700 m, H.J.M. Sipman, 5.9.1991 (B 82923). SPANIEN, Kanar. Inseln, Tenerife, zw. Santiago del Teide und Masca, 500-600 m, vulk. Gestein, A. Henssen (20031a) & M. Kütke, 2.4.1969, Henssen: Lich. Cyan. et Fungi Sax. Exs. no. 38 (als *Gonohymenia n.*) (M). Kanada, Quebec, Gatineau Co., king Mountain area off mountain road, ca. 3 mi NW of Notch Road, S-facing limestone cliff, 130 m, 45°29'N, 75°52'W, I. Brodo (19076), 28.09.1972, det. A. Henssen, Brodo: Lich. Can. Exs. Distr. Nat. Herb. Can. (als *Gonohymenia n.*) (ASU). USA, Arizona, Yavapai Co., Bell Trail in Beaver Creek valley (E of exit 298, hwy. 17), pine-juniper forest, steep, W-facing overhang, sandstone, ca. 1400 m, 11°39'W, 34°40'N, M. Schultz, 23.02.99, 16086c; Yavapai Co., White Hills close to McGuireville, hwy. 17 (exit 293), limestone, ca. 1050 m, 11°49,5'W, 34°38,5'N, M. Schultz, 23.02.99, 16077f; E of Camp Verde, old military reservation (rd. 260), on steep limestone boulder, ca. 1000 m, 11°49'W/34°33'N, M. Schultz, 21.02.99, 16060a; similar site, ca. 1050 m, 11°49,5'W, 34°38,5'N, M. Schultz, 23.02.99, 16075d; Gila Copunty, Calif Pen Canyon close to Strawberry at hwy 87, pine-juniper-oak forest, in canyon slope, steep sandstone, ca. 2000 m, 11°36'W, 34°26,5'N, M. Schultz, 06.03.99, 16135a. MEXIKO, Sonora, 24 km SW of Ures, 460 m, 29°20'N, 110°35'W, Ryan, B.D., II/1987

(ASU 21762); Sonora, N-slope of Cerro El Tordillo, 33 km E of intersection of Mexican Hwy. 15 bypass and Sonoran Hwys 16 & 20, 450 m, 20°00'N, 110°45'W, Ryan, B.D., 22.02.1987 (ASU 21656). *Lichinella robusta* Henss.: ITALIEN, Sardinien "Monte Arcosu", 520 m, Nimis, Roux, Tretiach, Vezda, 29.8.1989, det. A. Henssen, Vezda: Lich. Sel. Exs. no. 2394 (B 75321). GRIECHENLAND, Kalumbaka, Aggios Alissos, Büdel, G. Willems, 28.06.1989, 10744/3, 10744/4. *Lichinella robustoides* Henss., Büdel & Nash: USA, Arizona, Maricopa Co., 5 km W of Canyon Lake along rd. 88 (Apache Trail), granite, ca. 700 m, 111°27'W, 33°31'N, M. Schultz, 12.02.99, 16033a, 16036c, 16038k. MEXIKO, Baja California Sur, Sierra la Giganta, Cerro Adamn at rd. 1 (ca 50 km S of Loreto), NW-facing steep slope, on shaded boulder, volcanic rock, ca. 550 m, 111°16.5'W, 25°37'N, M. Schultz, 02.03.99, 16104e, 16106s. *Lichinella sinaica* (Galun & Marton) Morenao & Egea: JEMEN, SO, westlich der Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, Plateau des Dschol-Gebirges, in Kalkfelsritzen, ca. 2000 m, 14°49,43'N, 48°48,57'E, M. Schultz, 25.03.97, 14071e. KUWEIT, nördl. der Kuwait Bay, westl. von Sobiya, kalkh. Sandstein, M. Schultz & G. Brown, V/98, 15008, 15018d. OMAN, G. Brown, 19.02.2000, 50525. USA, Arizona, Yavapai Co., White Hills NW of McGuireville, hwy. 17, limestone boulder, ca. 1100 m, 111°53'W, 34°42'N, M. Schultz, 21.02.99, 16063m, 16067b, 16068a; Bell Trail in Beaver Creek valley (E of exit 298, hwy. 17), pine-juniper forest, steep, N exposed boulder, volcanic rock, ca. 1200 m, 111°41'W, 34°40'N, M. Schultz, 23.02.99, 16080; Maricopa Co., S end of South Maricopa Mountain Wilderness, N of hwy 8, exit 140, rhyolite, ca. 520 m, 112°22'W, 32°53'N, M. Schultz, 14.02.99, 16049c; similar site, rhyolite and caliche, ca. 580 m, 112°17'W, 32°45'N, M. Schultz, 08.02.99, 16023f. *Lichinella stipatula* Nyl.: USA, Arizona, Yavapai Co., White Hills NW of McGuireville, hwy. 17, on exposed limestone, ca. 1100 m, 111°53'W, 34°42'N, M. Schultz, 21.02.99, 16063b, 16070b; Gila Co., 1 km S of Payson, close to hwy 87, pine-juniper-oak forest, SW exposed water run-off, sandstone, ca. 1450 m, 111°20'W, 34°13'N, M. Schultz, 06.03.99, 16130b; Maricopa Co., S end of South Maricopa Mountain Wilderness, N of hwy 8, exit 140, N-facing cliff, rhyolite, ca. 520 m, 112°22'W, 32°53'N, M. Schultz, 14.02.99, 16043b, 16044b; 5 km W of Canyon Lake along rd. 88 (Apache Trail), on steep, N-facing rock surface, granite, ca. 700 m, 111°27'W, 33°31'N, M. Schultz, 12.02.99, 16033b, 16036a, 16037a; White Hills S of South Maricopa Mountains Wilderness, S of hwy 8, exit 144, steep slope of wash, N-facing, shaded, rhyolite and caliche, ca. 580 m, 112°17'W, 32°45'N, M. Schultz, 08.02.99, 16025d; City of Phoenix, South Mountain Park, on steep, shaded, N-facing boulder, granite, ca. 600 m, 112°W, 33°21'N, M. Schultz, 07.02.99, 16003, 16005a. MEXIKO, Baja California, mountain slope 3 km WNW of Laguna Chapala, border of the Lower Colorado Valley, Vizcaino Region of the Sonoran Desert, acidic rock, 780 m, 29°27'N, 114°25'W, Nash, T.H. III, 06.01.1989 (ASU 26318); Baja California Sur, Sierra la Giganta, Cerro Adamn at rd. 1 (ca 50 km S of Loreto), volcanic rock, ca. 550 m, 111°16.5'W, 25°37'N, M. Schultz, 02.03.99, 16106l. JEMEN, SO, Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, südliche Abbruchkante des Dschol-Gebirges, Kalkgestein, 500 m, 14°50,9'N, 49°8,84'E, M. Schultz, 13.03.97, 14010c. SPANIEN, Andalusien, Sierra de Cabo de Gata, Las Negras, 20 m, Muschelkalk, G. Willems, 1990, 10795/08, 10793/77, 10794/17.

Metamelanea caesiella (Th.Fr.) Henss.: DEUTSCHLAND, Baden-Württemberg, Schwäbische Alb, Seeburg bei Bad Urach, Kalkgestein, ca. 600 m, MTB 7522/4, M. Schultz, 18.04.98, 03191a. *Metamelanea melambola* (Tuck.) Henss.: VENEZUELA, Edo. Bolívar, ca. 60 km südwestl. von Cd. Bolívar, ca. 07°45'N, 63°50'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24039d; Edo. Amazonas, Sipapo ca. 40 km südl. von Pto. Ayacucho, ca. 05°20'N, 67°45'W, B. Büdel & M. Schultz, V/99, 24061a.

Paulia aldabrensis Henss.: JEMEN, Sokotra, ca. 4,5 km südlich von Hadibu, Aufstieg zu Muqadrihon Paß, auf Kalksteinblock, ca. 250 m, 12°36,8'N, 54°0,75'E, M. Schultz, 19.03.97, 14046a; Wadi Di-Fa'r'ho, ca. 25 km südöstlich von Hadibu, Weg nach Nogeed, am Talhang auf steilen Flanken von karstigen Kalkfelsen, ca. 200 m, 12°26,6'N, 54°9,2'E, M. Schultz, 17.03.97, 14034; "Momi"-Plateau, bei Shilhin, ca. 35 km südöstlich von Hadibu, auf Steilfläche eines Kalkfelsens, ca. 450 m 12°31,3'N, 54°19,0'E, M. Schultz, 22.03.97, 14060b; ca. 20 km südöstlich von Hadibu, Weg nach Nogeed, am Talhang auf steilen Flanken von karstigen Kalkfelsen, ca. 200 m, 12°31,7'N, 54°10,6'E, M. Schultz, 16.03.97, 14029a; Ant Kashara, Mumi Plateau, Kalksteinblöcke, 560 m, SW-expon., B. Mies (12886) & C. Printzen, 13.01.1994.

Paulia caespitosa Tretiach & Henss.: AUSTRALIEN, New South Wales, Lord Howe Island, Boat Harbour, gestörte Tieflandvegetation mit Palmen, auf Basalt entlang der Küste, 31°33'40"S, 159°05'50"E, 3 m, Elix, J.A., 10.02.1995 (als *Lichina*; CBG 42467, CANB, HO). MEXIKO, SW Chihuahua, Mpio Bocoyna, Valley of Basiguare, 21 km S of Cusarare, on vertical rock, W.A. Weber & R. Bye, 01.88.1977, Lich. Exs. Col. Mus. Boulder no. 576 (als *Peccania* spec. indet.) (B 186 und BM); Baja California Sur, Sierra la Giganta, Cerro Adamn at rd. 1 (ca 50 km S of Loreto), steep N-facing wall with water runoffs, volcanic rock, ca. 550 m, 111°16.5'W, 25°37'N, M. Schultz, 02.03.99, 16106m; 5 km N of San Juanico along an old coral reef, Magdalena Region of the Sonoran Desert, 50 m, 26°18'25"N, 112°29'25"W, Nash, T.H. III, 04.01.1998 (ASU 39800). *Paulia gibbosa* Henss.: VENEZUELA, Edo. Amazonas, Pto. Ayacucho, Estación Experimental Amazonas, fon-IAP, Granitinselberg beim Flugplatz ca. 05°40'N, 67°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96 24046b, 24057b, 24110a. *Paulia myriocarpa* (Zahlbr.) Henss.: JEMEN, Sokotra, "Momi"-Plateau, bei Shilhin, ca. 35 km südöstlich von Hadibu, auf Steilfläche eines Kalkfelsens, ca. 450 m 12°31,3'N, 54°19,0'E, M. Schultz, 22.03.97, 14060e. VENEZUELA, Edo. Bolívar, Guaniamo, ca. 120 km südl. von Caicara del Orinoco, U. Lüttge, 4a; Edo. Amazonas, Pto. Ayacucho, Estación Experimental Amazonas, fon-IAP, Granitinselberg beim Flugplatz ca. 05°40'N, 67°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24046a, 24057a, 24110b. *Paulia perforata* (Pers.) Asah.: JEMEN, Sokotra, ca. 4,5 km südlich von Hadibu, Aufstieg zu Muqadrihon Paß, auf großem verkarstem Kalksteinblock, in Höhlungen und Kehlen, ca. 250 m, 12°36,8'N, 54°0,75'E, M. Schultz, 19.03.97, 14045e; Muqadrihon Paß zw. Hadibu Ebene und Wadi Ayhaft, auf Kalksteinblock, 470 m, N-exp., 12°37'N, 54°00'E, B. Mies, 25.02.1999, 31.03.2000, 14941; Spitze des Dixam Plateau am See, dolomit. Kalkstein, 12°31'N, 53°57'E, 940 m, B. Mies, 27.01.1998, 14589; Wadi Ayeb, Inlandtal 5 km SW von Hadibu, in Rissen von Kalksteinblock, 300 m, B. Mies (12989) & C. Printzen, 19.01.1994 (mit Lichinaceae gen. spec.). *Paulia rhizophora* Henss.: JEMEN, Wadi Selul, 1 km S von Mukayras, Boden über Kalk, 2100 m, 13°55'N, 45°33'E, B. Mies, 19.01.1998, 14406; Al Marsala, Straße von Aden nach Sanaa, auf Kalkstein, 1450 m, 13°40'N, 44°45'E, B. Mies, 17.01.1998, 14366; SO, Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, Plateau des Dschol-Gebirges, erdgefüllte Kalkfesspalten, 1250 m, 14°57,78'N, 48°58,83'E, M. Schultz, 13.03.97, 14013k. *Paulia schroederi* (Zahlbr.) Henss.: KENIA, bei Mombassa, Schröder (Holotyp; WU 3733) (s. Abschn. 4.3.4. bei *Paulia* für Umkombination zu *P. nitidula*). *Paulia wrightii* (Tuck.) Tretiach & Henss.: JEMEN, Sokotra, S Hang des Aduno-Grats (Dimele), Hajhir Mts., feuchter Überhang unter Granitblock, 1000 m, B. Mies, 29.01.1998, 14714.

Peccania arizonica Tuck. ex Herre: USA, Texas, El Paso Co., Weber & Worthington: Lich. exs. distr. Univ. Colo. Mus. Boulder no. 612 (B 35853); Franklin Mnts., Avispa Canyon, 31°56'30"N, 106°30'17"W, Kalksteinhang, 5300ft., Worthington, 20.8.1988 (ex COLO, B 97951). Arizona, Cochise Co., Chiricahua Mountains, Tex Canyon (to Rucker Canyon), pine-juniper-oak forest, on small limestone boulders, ca. 1750 m, 109°20'W, 31°39'N, M. Schultz, 27.02.99, 16092b; Maricopa Co., S side of the White Hills, soil over limestone deposit, T.H. Nash III, 08.02.1999 (ASU 42757). MEXIKO, Sonora, on rocks at foot of Cerro de la Compana, Hermesillo, Field Mus. Exped. to Sonora and southwestern U.S., D. Richards, F. Drouret, L.D. Alvarado, 01.11.1939, det. Herre (als *Synalissa texana* Tuck. no. 567) (F 1136670, 1235082); on cley soil near summit of Cerro de la Compana, Hermesillo, Field Mus. Exped. to Sonora and southwestern U.S., D. Richards, F. Drouret, L.D. Alvarado, 01.11.1939, det. Herre (als *Synalissa texana* Tuck. no. 572) (F 1233773, 1136713); on soil at summit of Sierra de la Calera, S of Hermesillo, Field Mus. Exped. to Sonora and southwestern U.S., D. Richards, F. Drouret, L.D. Alvarado, 02.11.1939, det. Herre (als *Synalissa texana* Tuck. no. 585) (F 1136715, 1233651). *Peccania cerebriformis* Henss. & Büdel: USA, Arizona, Yavapai Co., White Hills close to McGuireville, hwy. 17 (exit 293), limestone, ca. 1050 m, 111°49.5'W, 34°38.5'N, M. Schultz, 23.02.99, 16074c, 16075b; 1 km N of McGuireville, open desert with Canotia and limestone boulders, 1070 m, 34°38'30"N, 111°49'00"W, Nash, T.H. III, 1999 (ASU 42717). KUWEIT, nördl. der Kuwait Bay, Umm Al-Rimam, Bodenkruste über kalkh. Fels, G. Brown, XII/95, 50005, 50011, G. Brown, II/97, 50064, M. Schultz & G. Brown, V/98, 15012c, 15015a. *Peccania coralloides* (Massal.) Massal.: JEMEN, SO, Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, südliche Abbruchkante des Dschol-Gebirges, Kalkgestein, 500 m, 14°50,9'N, 49°8,84'E, M. Schultz, 13.03.97, 14010i; Sokotra, östlich von Hadibu, Djebel Hawari, in relativ beschatteten Kalksteinritzen, ca. 25 m, 12°40,1'N, 54°3,7'E, M. Schultz, 15.03.97, 14019a, 14020a; ca. 4 km südlich von Hadibu, Aufstieg zu Muqadrihon Paß, in erdgefüllter Spalte über Kalkgestein, ca. 150 m, 12°37,0'N, 54°0,9'E, M. Schultz, 19.03.97, 14044c; ca. 15 km südwestlich von Qalansiyah, schmaler Küstenstreifen südlich des R'as Yisfur,

Kalkgestein, 12°35,3'N, 53°23,9'E, M. Schultz, 20.03.97, 14056a. KUWEIT, nördl. der Kuwait Bay, Umm Ghudi, westl. von Sobiya, G. Brown, 1/96, 50034; nördl. der Kuwait Bay, Umm Al-Rimam, Bodenkruste über kalkh. Fels, M. Schultz & G. Brown, V/98, 15017a. OMAN, G. Brown, 19.02.2000, 50514. SPANIEN, Andalusien, Sierra de Cabo de Gata, Las Negras, 20 m, Muschelkalk, G. Willems, 1990, 10795/05. USA, Arizona, Yavapai Co., White Hills close to McGuireville, hwy. 17 (exit 293), soil over limestone, ca. 1050 m, 111°49,5'W, 34°38,5'N, M. Schultz, 23.02.99, 16076b; E of Camp Verde, old military reservation (rd. 260), limestone, ca. 1000 m, 111°49'W, 34°33'N, M. Schultz, 21.02.99, 16056a, 16060c. *Peccania fontqueriana* Moreno & Egea: JEMEN, SO, westlich der Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, Plateau des Dschol-Gebirges, kalkhaltiger Boden, ca. 2000 m, 14°49,43'N, 48°48,57'E, M. Schultz, 25.03.97, 14069f; Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, Plateau des Dschol-Gebirges, kalkhaltiger Boden, 1250 m, 14°57,78'N, 48°58,83'E, M. Schultz, 13.03.97, 14013m; 4km nördlich von Schureida, Straße von Aden nach Ta'izz, offener Basaltfels, Abflußrinne, 13°22,95'N, 44°24,65'E, M. Schultz, 10.03.97, 14003b. KUWEIT, nördl. der Kuwait Bay, Umm Al-Rimam, Bodenkruste über kalkh. Fels, M. Schultz & G. Brown, V/98, 15009a; nördl. der Kuwait Bay, westl. von Sobiya, Bodenkruste über kalkh. Fels, M. Schultz & G. Brown, V/98, 15001e; südöstl. Teil, 2 Felsen bei Khiran, Bodenkruste über kalkh. Fels, G. Brown, II/97, 50056, M. Schultz & G. Brown, V/98, 15022h. USA, Arizona, Gila Co., 1 km S of Payson, close to hwy 87, pine-juniper-oak forest, sandstone covered by soil and mosses, ca. 1450 m, 111°20'W, 34°13'N, M. Schultz, 06.03.99, 16127; Cochise Co., ca. 2 km S of Tombstone, Tombstone Hills, Military Hill, Chihuahuan Desert shrub, soil over calcareous rock, ca. 1500 m, 110°04'W, 31°41'N, M. Schultz, 28.02.99, 16097f. *Peccania terricola* H. Magn.: AFGHANISTAN, Prov. Baghlan, Darrah-i-Kayan, unteres Seitental des Darrah-i-Surkhab, 68°33'E, 35°37'N, ca. 1200 m, Steilwände, harter Kalk, M. Steiner, 7.6.1970, Lichenoth. Afghan. no. 72 (B 63674). MONGOLEI, Ömnögobi Aimak, Gurvantes Somon, Gobi Altai, Tost Unl Gebirge, S v. Gurvantes, S. Huneck, 2.7.1988 (B 95127). *Peccania cf. tiruncula* (Nyl.) Henss.: USA, Arizona, Cochise Co., Chiricahua Mountains, Tex Canyon (to Rucker Canyon), pine-juniper-oak forest, on small limestone boulders, ca. 1750 m, 109°20'W, 31°39'N, M. Schultz, 27.02.99, 16093a; Yavapai Co., Bell Trail in Beaver Creek valley (E of exit 298, hwy. 17), pine-juniper forest, steep water run-off, sandstone, ca. 1200 m, 111°41'W, 34°40'N, M. Schultz, 23.02.99, 16079i.

Peltula auriculata Büdel, Schultz & Gröger: GUYANA, Shea Rock, Granitinselberg, 02°50'N, 59°09'W, 200-300 m, F. Scheplitz, 1997 (Hb. Poremski). *Peltula obscurans* (Nyl.) Gyeln. var. *hassei* (Zahlbr.) Wetm.: USA, Arizona, City of Phoenix, South Mountain Park, on N-facing slope of Pima Wash, Konglomerate, ca. 600 m, 112°W, 33°21'N, M. Schultz, 07.02.99, 16015e. *Peltula radicata* Nyl.: Kuwait, nördl. der Kuwait-Bucht, westl. Sobiya, flache Bruchstufe, Bodenkruste auf kalkhaltigem Sandstein, ca. 25 m, 48°01,2'E, 29°37,6'N, M. Schultz & G. Brown, V/98, 15002. *Peltula richardsii* (Herre) Wetm.: USA, Arizona, City of Phoenix, South Mountain Park, on 45° slope of small canyon, granite with mosses and soil, ca. 600 m, 112°W, 33°21'N, M. Schultz, 07.02.99, 16011d.

Phloeopeccania australiensis Henss.: Australien, westl. Australien, Küstenebene zw. Denham und Nanga, in Vertiefungen auf horizontalen Felsplatten aus Muschelkalk, A. Henssen (31366a), 31.08.1987 (Isotyp BM). *Phloeopeccania hispanica* Henss. & Willems: SPANIEN, Andalusien, Sierra de Cabo de Gata, Las Negras, 20 m, Muschelkalk Blockhalde, G. Willems, 08.01.1990, 10796/01-07 (Isotypen, BM und Hb. Büdel). JEMEN, Sokotra, östlich von Hadibu, Djebel Hawari, in beschatteten Gesteinsritzen, kalkhaltiges Konglomerat, ca. 25 m, 12°40,1'N, 54°3,7'E, M. Schultz, 15.03.97, 14017c, 14018b; R'as Hebak, ca. 5 km westlich von Hadibu, Küstefelsen, Ritzen und sandgefüllten Spalten, Kalkgestein, ca. 50 m, 12°38,7'N, 53°58,5'E, M. Schultz, 18.03.97, 14036g, 14039a. *Phloeopeccania pulvinulina* J.Steiner: JEMEN, SW, Vulkan El Harida del Hamra (bei Aden?), O. Simony, Dez. 1898 (Holotyp, WU 193); SW, 4 km nördlich von Schureida, Straße von Aden nach Ta'izz, offener Fels, Basalt, 13°22,95'N, 44°24,65'E, M. Schultz, 10.03.97, 14002a; SO, Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, Plateau des Dschol-Gebirges, Kalkgestein, 1250 m, 14°57,78'N, 48°58,83'E, M. Schultz, 13.03.97, 14014a; SO, Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, Plateau des Dschol-Gebirges, Kalkgestein, 1400 m, 15°0, 7'N, 48°58, 83'E, M. Schultz, 15.03.97, 14015g; SO, westlich der Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, Plateau des Dschol-Gebirges, Kalkgestein, ca. 2000 m, 14°49,43'N, 48°48,57'E, M. Schultz, 25.03.97, 14071c; Sokotra, östlich von Hadibu, Djebel Hawari, kalkhaltiges Konglomerat, ca. 25 m, 12°40,1'N, 54°3,7'E, M. Schultz, 15.03.97, 14018f, 14019b; ca. 20 km östlich von Qalansiyah, flacher Bergpaß, Kalkfelstrümmer am Boden, ca. 250 m, 12°36,8'N, 53°39,1'E, M. Schultz, 20.03.97, 14054b; R'as Hebak, ca. 5 km westlich von Hadibu, Küstefelsen, Ritzen und Spalten, Kalkgestein, ca. 25 m, 12°38,7'N, 53°58,5'E, M. Schultz, 18.03.97, 14040c; ca. 20 km südöstlich von Hadibu, Weg nach Nogeed, am Talhang auf steilen Flanken von kalkverkrusteten Granitblöcken, ca. 200 m, 12°31,7'N, 54°10,6'E, M. Schultz, 16.03.97, 14028d. OMAN, nah bei der Universität, G. Brown, 16.02.2000, 50507. ISRAEL, Totes Meer, El Gedi, Wüste, M.R.D. Seaward, 29.08.1998. USA, Arizona, Yavapai Co., White Hills NW of McGuireville, hwy. 17, in W-facing slope, calcareous sandstone, ca. 1100 m, 111°53'W, 34°42'N, M. Schultz, 21.02.99, 16062d; E of Camp Verde, old military reservation (rd. 260), on small limestone boulder, ca. 1000 m, 111°49'W, 34°33'N, M. Schultz, 21.02.99, 16056g; Maricopa Co., S end of South Maricopa Mountain Wilderness, N of hwy 8, exit 140, N-facing cliff, rhyolite, ca. 520 m, 112°22'W, 32°53'N, M. Schultz, 14.02.99, 16044e, 16050g; S end of the White Hills, upland Sonoran Desert, caliche, 300 m, 32°47'00"N, 112°50'30"W, Nash, T.H. III (ASU 42752); White Hills S of South Maricopa Mountains Wilderness, S of hwy 8, exit 144, steep slope of wash, rhyolite and caliche, ca. 580 m, 112°17'W, 32°45'N, M. Schultz, 08.02.99, 16023k; Cochise Co., Dragoon Mountains, NE of Tombstone, Middle March Pass Rd., pine-juniper-oak forest, soil on siliceous rock, ca. 1700 m, 109°57'W, 31°51'N, M. Schultz, 28.02.99, 16099d. MEXIKO, Baja California 76 km WNW of La Paz, route 1, desert scrub, calcareous rock, 110 m, 111°01'W, 24°21'N, Nash, T.H. III, 17.02.1993 (ASU 33860); Baja California Sur, Sierra la Giganta, dirtroad to Agua Verde, ca. 7 km SE of rd. 1, steep wall, volcanic konglomerate, ca. 350 m, 111°15,5'W, 25°33,5'N, M. Schultz, 03.03.99, 16121b; Sierra la Giganta, where rd. 1 climbs up mountains from E (ca 40 km S of Loreto), N-facing steep slope, volcanic rock, ca. 300 m, 111°14'W, 25°42'N, M. Schultz, 02.03.99, 16100d; Sierra la Giganta, Cerro Adamn at rd. 1 (ca 50 km S of Loreto), N-facing wall with water runoffs, volcanic rock, ca. 550 m, 111°16,5'W, 25°37'N, M. Schultz, 02.-03.03.99, 16106d, 16115d; S of Ciudad Constitucion along road to Cancun, ca. 3 km W of route 1 along road to Puerto Cancun, caliche, Magdalena Region of Sonoran Desert, 24°42'36"N, 111°32'55"W, Nash, T.H. III, 05.01.1998 (ASU 39752). IRAN, S, Bandar Lengeh, auf kalkh. Steiner, Sojak, 25.6.1977, Vezda: Lich. sel. exs. no. 1654 (als *Pyrenopsis sojakii* Vezda) (Isotyp, B 75508). *Phloeopeccania* spec. (vermutl. ident. mit *P. hispanica*): MEXIKO, Baja California Sur, Sierra la Giganta, Cerro Adamn at rd. 1 (ca 50 km S of Loreto), N-facing hill slope, volcanic konglomerate, ca. 550 m, 111°16,5'W, 25°37'N, M. Schultz, 02.-03.03.99, 16106b, 16107g, 16112a, 16113a, 16115a.

Phylliscidium monophyllum (Kremp.) Forss.: VENEZUELA, Edo. Amazonas, Pto. Ayacucho, Estación Experimental Amazonas, fon-IAP, Granitinselberg beim Flugplatz, ca. 05°40'N, 67°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24046c; Edo. Amazonas, Sipapo ca. 40 km südl. von Pto. Ayacucho, Granitinselberg, ca. 05°20'N, 67°45'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24061h; Edo. Bolívar, Los Pijiguaos, ca. 100 km südl. von Caicara del Orinoco, Granitinselberg, ca. 06°50'N, 66°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24070e. FRANZÖSISCH GUYANA, Inselberg bei Station Les Ouragues, Granit, M. Lakatos, XI/99.

Phylliscium demangeonii (Moug. & Mont. in Mont.) Nyl.: USA, Kalifornien, L. Sigal, III/76 (als *Psorotichia squamulosa*) (ASU); Minnesota, C. Wetmore, VII/79 (MIN 39043). *Phylliscium japonicum* Zahlbr.: JAPAN, Honschu, Prov. Ise, auf Granit, in 120 m Höhe, H. Kashiwadani, 18.3.1976, S. Kurokawa & H. Kashiwadani: Lich. rar. et crit. Exs. no. 586 (B 68 und ASU); Prov. Settsu, bei Karato, Berg Rokko, auf Fels, S. Kurokawa, 17.11.1964, S. Kurok.: Lich. rar. et crit. exs. no. 46 (B 40491); Prov. Kôdzuke, Hondo, Berg Tanigawadake, 600 m, Y. Asahina, Zahlbr. & K. Redinger: Lich. rar. exs. no. 349 (B 40490). *Phylliscium macrosporum* Henss.: VENEZUELA, Edo. Bolívar, Los Pijiguaos, ca. 100 km S of Caicara del Orinoco, Granitinselberg, ca. 06°50'N, 66°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24070f. *Phylliscium tenue* Henss.: VENEZUELA, Edo. Amazonas, Sipapo ca. 40 km S of Pto. Ayacucho, Granitinselberg, ca. 05°20'N, 67°45'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24061i. *Phylliscium testudineum* Henss.: VENEZUELA, Edo. Amazonas, Pto. Ayacucho, Estación Experimental Amazonas, fon-IAP, Granitinselberg beim Flugplatz, ca. 05°40'N, 67°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24046d, 24057h, 24110c, 24111c; Edo. Amazonas, Sipapo ca. 40 km S of Pto. Ayacucho, Granitinselberg, ca. 05°20'N, 67°45'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24061c. *Phylliscium vermiformis* Schultz & Büdel: VENEZUELA, Edo. Amazonas, Pto. Ayacucho, Estación Experimental Amazonas, fon-IAP,

Granitinselberg beim Flugplatz, ca. 05°40'N, 67°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24046h (Holotyp B), 24051a, 24109. GUYANA, Shea Rock, Granitinselberg, F. Scheplitz, 1997, in Herb. S. Porembski. *Phylliscum* spec.: MEXIKO, Baja California Sur, Sierra la Giganta, Cerro Adamn at rd. 1 (ca 50 km S of Loreto), N-facing wall with water runoffs, volcanic rock, ca. 550 m, 111°16.5'W, 25°37'N, M. Schultz, 02.03.99, 16106f; along rte. 1, 68 km NE of Ciudad Insurgentes in pass through Sierra la Giganta, hillside and rock ledges, 400 m, 25°36'N, 111°20'W, C. Wetmore, 08.01.1989 (MIN 63915). USA, Arizona, Maricopa Co., 5 km W of Canyon Lake along rd. 88 (Apache Trail), on steep, N-facing granite rock, ca. 700 m, 111°27'W, 33°31'N, M. Schultz, 12.02.99, 16033c; Cochise Co., Huachuca Mts., Montezuma Pass unterhalb des Coronado Peak, schräge Konglomeratfelsfläche, 1940 m, 31°21'N, 110°17'W, B. Büdel 15.01.1989, 19057b.

Porocyphus coccodes (Flotow) Körber: SCHWEDEN, Bohuslän, Langelanda, Svanesund, auf beregnetem Fels am Ufer, Magnussen, A.H., 13.08.1926, P. coccodes, Magn.: Lich. sel. scand. exs. no. 248 (als *P. areolatus*) (HBG); Bohuslän, Insel Orust, an Felsflächen, zu ebener Erde, bei Svanesund, Erichsen, C.F.E., 19.07.1928 (als *P. areolatus*) (HBG); par Ödemab, Hallerdalen, auf beregnetem Fels, Magnusson, Hugo, 10.08.1918 (als *P. areolatus*) (HBG). DEUTSCHLAND, Baden-Württemberg, Schwäbische Alb, Seeburg bei Bad Urach, Kalkgestein, ca. 600 m, MTB 7522/4, M. Schultz, 18.04.98, 03166b, 03188a. USA, Arizona, City of Phoenix, South Mountain Park, on 45°, shaded, slope of small canyon, Granite with mosses and soil, ca. 600 m, 112°W, 33°21'N, M. Schultz, 07.02.99, 16012c; Maricopa Co., 5 km W of Canyon Lake along rd. 88 (Apache Trail), on slightly sloped, relatively shaded granite rock, ca. 700 m, 111°27'W, 33°31'N, M. Schultz, 12.02.99, 16034a, 16038i; S end of South Maricopa Mountain Wilderness, N of hwy 8, exit 140, steep water run-off, rhyolite, ca. 520 m, 112°22'W, 32°53'N, M. Schultz, 14.02.99, 16043a, 16049b, 16050k. *Porocyphus* cf. *rehmicus* (Massal.) Zahlbr.: RUBLAND, Karelien, Unterer Nilma-See, Ufergestein, amphibische Zone, Metamorphit, 33°08'E, 66°29'N, M. Schultz, 11.-12.08.96, 13009c, 13011b.

Pseudopeltula heppioides Henss.: MEXICO, Baja California Sur, Sierra la Giganta, where rd. 1 climbs up mountains from E (ca 40 km S of Loreto), Sonoran Desert shrub, N-facing steep slope, ca 300 m, 111°14'W, 25°42'N, volcanic rock, M. Schultz, 02.03.99, 16100b; Sierra la Giganta, Cerro Adamn at rd. 1 (ca 50 km S of Loreto), Sonoran Desert shrub, NW-facing steep slope, on shaded plateau, ca 550 m, 111°16.5'W, 25°37'N, volcanic rock, M. Schultz, 02.03.99, 16103e; along rte. 1, 68 km NE of Ciudad Insurgentes in pass through Sierra la Giganta, in rocky slope with Acacia, Lycium, Prosopis, 400 m, 25°36'N, 111°20'W, B. Büdel, 08.01.1989, 20062, 20065; 62 km WNW of La Paz along rte. 1, in canyon, on limestone, 300 m, 24°12'N, 110°58'W, B. Büdel, 17.02.1993, 20178; Isla Santa Margarita, E coast, in small E-W running canyon, N-side, on conglomerate, seepage track, ca. 10 m, B. Büdel, 18.02.1993, 20184 and canyon c. 5 km W of E-coast, niches and overhangs, ca. 30 m, 24°24'N, 111°43'W, B. Büdel, 20188; Baja California Norte, along route to Punta Rosalito, 300 m W of route no. 1 and 11 km S of Rosarilo, southern Vizcaino Region of Sonoran Desert, ca. 30° inclined slope, NNW-exposed, ca. 30 m, 28°34'N, 114°04'W, B. Büdel, 10.01.1989, 20075; Sonora, [6 km SW of Moctezuma], 5 km W of Moctezuma, ca. 700 m, 29°46'N, 109°44'W, B. Büdel, 10.02.1993, 20125, 20127; 33 km SW of Moctezuma, flat plate on lava hill, ca. 1000 m, 29°38'N, 109°56'W, B. Büdel, 10.02.1993, 20132.

Psorotichia diffracta (Nyl.) Forss.: FRANKREICH, Nant (Aveyron), auf kalkh. Steinen des Pic d'Ambouls, Marc, Fr., Claud. et Harm.: Lich. Gall. praec. exs. no. 485 (HBG). JEMEN, SW, 4 km nördlich von Schureida, Straße von Aden nach Ta'izz, offener Fels, Basalt, 13°22,95'N, 44°24,65'E, M. Schultz, 10.03.97, 14003a; Sokotra, östlich von Hadibu, Djebel Hawari, Ritzen, Kalkgestein, ca. 25 m, 12°40,1'N, 54°3,7'E, M. Schultz, 15.03.97, 14020c; ca. 3,5 km südlich von Hadibu, am Fuße des Haghier Massivs, Kalkgestein, ca. 100 m, 12°37,3'N, 54°1,0'E, M. Schultz, 19.03.97, 14043c; R'as Hebak, ca. 5 km westlich von Hadibu, Küstefelsen, in Ritzen, Kalkgestein, ca. 50 m, 12°38,7'N, 53°58,5'E, M. Schultz, 18.03.97, 14036b. *Psorotichia incrustans* Arn.: ALGERIEN, Algier, auf feuchtem Kalk bei Azeba, Flagey (HBG). *Psorotichia kenmorensis* (Holl ex Nyl.) Henss., FINNLAND, Satakunta, Yläne, Ufer des Pyhäjärvi bei Haukkavuorio, horiz. Granitfl. in Spritzwasserzone, A. Henssen (25361a), 1976, Henssen: Lich. Cyan. et Fungi Sax. Exs. no. 45 (M). *Psorotichia moravica* Zahlbr.: TSCHECHIEN, Mähren, Brünn, an zerbrochenen Backsteinen bei Mohelno, Erichsen, C.F.E., 21.07.1927 (HBG); Mähren, in valle fluminis Jihlavka prope pag. Mohelno supra tegulas lateritias, 250 m, loc. class., Suza, J., 1929, Suza: Lichenes Bohemoslovakiae fasc. IV, no. 94 (HBG); Mähren, in valle fluminis Jihlavka prope pag. Mohelno supra tegulas lateritias, 250 m, Suza, J., Krypt. exs. ed. a Mus. Hist. Nat. Vindobon. no. 3052 (HBG). *Psorotichia murorum* Massal.: JEMEN, Sokotra, "Momi"-Plateau, bei Shilhin, ca. 35 km südöstlich von Hadibu, Kalkfelsen, ca. 450 m 12°31,3'N, 54°19,0'E, M. Schultz, 22.03.97, 14060i. USA, Arizona, Maricopa Co., White Hills S of South Maricopa Mountains Wilderness, S of hwy 8, exit 144, calcareous gravels in wash, ca. 550 m, 112°17'W, 32°45'N, M. Schultz, 08.02.99, 16016; Maricopa Co., on Indian pottery, L. Garvie, 1999 (ASU). *Psorotichia obtenebrans* (Nyl.) Forss.: JEMEN, Sokotra, Hamaderoh-Massiv, ca. 28 km östlich von Hadibu, Gesteinsgrus, Ritzen und Spalten, Kalkstein, ca. 450 m 12°36,0'N, 54°16,9'E, M. Schultz, 23.03.97, 14067f. *Psorotichia polyspora* Schultz & Büdel: VENEZUELA, Edo. Amazonas, Pto. Ayacucho, Estación Experimental Amazonas, fon-IAP, Granitinselberg beim Flugplatz, ca. 05°40'N, 67°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24057e (Holotyp B), 24046i, 24111b; Edo. Bolívar, Los Pijiguao, ca. 100 km S of Caicara del Orinoco, Granitinselberg, ca. 06°50'N, 66°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24070d. SEYCHELLEN, Trail to Anse Lascars Silhouette, 40 m, M.R.D. Seaward, 062.037, 133 Dupl. *Psorotichia rimosa* Henss.: FRANKREICH, Languedoc, Ariège, Montagnes du Plantaurel, Kalk, ca. 280 m, A. Henssen, 5.6.1983, Henssen: Lich. Cyan. et Fungi Sax. Exs. no. 50 (Isotyp, M 0024097). *Psorotichia schaeferi* (Massal.) Arnold: UNGARN, Com. Árva, auf Kalkfelsen bei Árva-Váralja, Lojka, H. (ex. reliquii Lojkanis), Krypt. exs. no. 455 (HBG). USA, Arizona, Maricopa Co., S end of South Maricopa Mountain Wilderness, N of hwy 8, exit 140, water run-off, rhyolite, ca. 520 m, 112°22'W, 32°53'N, M. Schultz, 14.02.99, 16048a. MEXIKO, Baja California Sur, Sierra la Giganta, Cerro Adamn at rd. 1 (ca 50 km S of Loreto), NW-facing steep slope, volcanic rock, ca. 550 m, 111°16.5'W, 25°37'N, M. Schultz, 02.03.99, 16101a, 16104b. JEMEN, SO, Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, Plateau des Dschol-Gebirges, Kalkgestein, 1400 m, 15°0,7'N, 48°58,83'E, M. Schultz, 13.03.97, 14015b; Sokotra, östlich von Hadibu, Djebel Hawari, kalkhaltiges Konglomerat, ca. 25 m, 12°40,1'N, 54°3,7'E, M. Schultz, 15.03.97, 14018e, 14019c; "Momi"-Plateau, bei Shilhin, ca. 35 km südöstlich von Hadibu, auf Kalkfelsen, ca. 450 m 12°31,3'N, 54°19,0'E, M. Schultz, 22.03.97, 14060g; Hamaderoh-Massiv, ca. 28 km östlich von Hadibu, Aufstieg zum Plateau, kalkverkrusteter Granit, ca. 450 m 12°36,0'N, 54°16,9'E, M. Schultz, 23.03.97, 14067a. KUWEIT, Umm Al-Rimam, nördl. der Kuwait Bay, kalkhaltiger Sandstein, M. Schultz & G. Brown, V/98, 15011a; südöstl. Teil, 2 Felsen bei Khiran, kalkh. Sandstein, M. Schultz & G. Brown, V/98, 15025c. *Psorotichia sinaiensis* Vain.: ISRAEL, Nordwestufer des Toten Meers unweit Jericho, locus class., Kneucker, A., 23.03.1904, det. Wainio (eine *Peccania*-Art, ähnl. *Peccania* spec. in Galun 1970!) (HBG). *Psorotichia terricola* Rehm: IRAK, Tallafar, Steppenboden, R. Schubert, 23.10.1969 (HAL 002193, 002206); nördl. Baiji, Halbwüste am Fuße eines Bergzuges, R. Scubert, 21.10.1969 (HAL 0021197); Samarra, Stipa capensis-Halbwüste, R. Schubert, 21.10.1969 (HAL 002204)

Pterygiopsis australiensis Henss.: AUSTRALIEN, W, Kalbarri Nat. Park, Red Bluff, Sandstein in ausgetr. Bachbett, Sickerwasserf., A. Henssen, 29.8.1987, Henssen: Lich. Cyan. et Fungi Sax. Exs. no. 44 (Isotyp, M 0024061). *Pterygiopsis canariensis* Henss.: SPANIEN, Kanar. Ins., Fuerteventura, basisch-krist. Gest. 550-580 m, A. Henssen, 13.-14.2.1988, Henssen: Lich. Cyan. et Fungi Sax. Exs. no. 42 (Paratyp, M 0024063). *Pterygiopsis convoluta* Henss.: AUSTRALIEN, W, Kalbarri Nat. Park, Red Bluff, Sandst., Sickerw., A. Henssen, 29.8.1987, Henssen: Lich. Cyan. et Fungi Sax. Exs. no. 43 (Paratyp, M 0024066). *Pterygiopsis guyanensis* Schultz, Poremb. & Büdel: GUYANA, Shea Rock, Granitinselberg, 02°50'N, 59°09'W, 200-300 m, F. Scheplitz, 1997 (Holotyp B). *Pterygiopsis submersa* Büdel, Henss. & Wessels, REP. SÜDAFRICA, Transvaal, Tzaneen, De Hoek State forest, Dokoleva Valley, leg. Büdel & Wessels, 22.09.1983, Bu 14036a. *Pterygiopsis umbilicata* (Vězda) Henss., TSCHECHIEN, Mähren, V. Wirth & A. Vězda, 1969 (Herb. V. Wirth 18098).

Pyrenopsis antillarum Vain.: ISL. ST. THOMAS, Karibik, F. Boergesen, 1906 (TUR 12246, 12249, 12274); ISL. ST. JAN, F. Boergesen, 1906 (Lectotyp TUR 12245). *Pyrenopsis brasiliensis* Vain.: BRASILIEN, Rio de Janeiro, E.A. Vainio, 1885 (Lectotyp TUR 12273). *Pyrenopsis carassensis* Vain.: BRASILIEN, Minas Geraes, E.A. Vainio, 1885 (TUR 12247 Lectotyp). *Pyrenopsis monilifera* Vain.: BRASILIEN, Minas Geraes, E.A. Vainio, 1885 (Lectotyp TUR 12162). *Pyrenopsis negans* Vain.: ISL. ST. JAN, Karibik, F. Boergesen, 1906 (Lectotyp TUR 12200). *Pyrenopsis olivacea* Vain.: BRASILIEN, Minas Geraes, E.A. Vainio, 1885 (Lectotyp TUR 12196). *Pyrenopsis subareolata* Nyl.: SCHWEDEN, Bohuslän, bei Göteborg, Frölunda, Magnusson, Hugo, 24.04.1918 (HBG). DEUTSCHLAND, Baden, an sonnig

gelegenen Gneissblöcken bei Aftersteg, Lösch, A., 1904 (HBG). *Pyrenopsis* spec. a: VENEZUELA, Edo. Amazonas, Pto. Ayacucho, Estación Experimental Amazonas, fon-IAP, Granitinselberg beim Flugplatz ca. 05°40'N, 67°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24046e, 24110d; Sipapo ca. 40 km südl. von Pto. Ayacucho, ca. 05°20'N, 67°45'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24061b; Edo. Bolívar, Los Pijiguaos, ca. 100 km südl. von Caicara del Orinoco, ca. 06°50'N, 66°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24070n. *Pyrenopsis* spec. b: VENEZUELA, Edo. Amazonas, Pto. Ayacucho, Estación Experimental Amazonas, fon-IAP, Granitinselberg beim Flugplatz ca. 05°40'N, 67°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24046f, 24051c, 24057c, 24110k. *Pyrenopsis* spec. c: VENEZUELA, Edo. Amazonas, Pto. Ayacucho, Estación Experimental Amazonas, fon-IAP, Granitinselberg beim Flugplatz ca. 05°40'N, 67°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24046g, 24057g, 24110e; Edo. Bolívar, Los Pijiguaos, ca. 100 km südl. von Caicara del Orinoco, ca. 06°50'N, 66°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24070b. *Pyrenopsis* spec. d: VENEZUELA, Edo. Bolívar, ca. 60 km südwestl. von Cd. Bolívar, ca. 07°45'N, 63°50'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24039c; Los Pijiguaos ca. 100 km südl. von Caicara del Orinoco, ca. 06°50'N, 66°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24070c; Edo. Amazonas, Raudales de Atures südl. von Pto. Ayacucho, ca. 05°40'N, 67°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24067b. *Pyrenopsis* spec. e: VENEZUELA, Edo. Amazonas, Raudales de Atures südl. von Pto. Ayacucho, ca. 05°40'N, 67°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24067a. *Pyrenopsis* spec.: MEXIKO, Baja California Sur, Sierra la Giganta, Cerro Adamn at rd. 1 (ca 50 km S of Loreto), NW-facing steep slope, volcanic rock, ca. 550 m, 111°16.5'W, 25°37'N, M. Schultz, 02.03.99.

Stromatella bermudana (Riddle) Henss.: USA, Arizona, Yavapai Co., White Hills NW of McGuireville, hwy. 17, beneath limestone boulder in NE-facing cliff, ca. 1100 m, 111°53'W, 34°42'N, M. Schultz, 21.02.99, 16072g; similar site, ca. 1050 m, 111°49.5'W, 34°38.5'N, M. Schultz, 23.02.99, 16077b; E of Camp Verde, old military reservation (rd. 260), N-facing limestone boulder, ca. 1000 m, 111°49'W, 34°33'N, M. Schultz, 21.02.99, 16055f.

Synalissa matogrossensis (Malme) Henss.: USA, Arizona, Santa Cruz Co., Coronado Nat. Forest, Pena Blanca Lake, roadside, rhyolite, 1220 m, 21°22'N, 111°03'W, Biringer (ASU 55); Maricopa Co., 5 km W of Canyon Lake along rd. 88 (Apache Trail), on steep, N-facing granite boulder, ca. 700 m, 111°27'W, 33°31'N, M. Schultz, 12.02.99, 16030d. MEXIKO, Baja California Sur, Sierra la Giganta, Cerro Adamn at rd. 1 (ca 50 km S of Loreto), steep N-facing wall with water runoffs, volcanic rock, ca. 550 m, 111°16.5'W, 25°37'N, M. Schultz, 02.-03.03.99, 16104a, 16106k, 16107e, 16113b; Sierra la Giganta, T.H. Nash III, V/79 (ASU 16916). VENEZUELA, Edo. Amazonas, Pto. Ayacucho, Estación Experimental Amazonas, fon-IAP, Granitinselberg beim Flugplatz ca. 05°40'N, 67°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24046s; Sipapo ca. 40 km südl. von Pto. Ayacucho, ca. 05°20'N, 67°45'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24060c, 24061k; Edo. Bolívar, Los Pijiguaos ca. 100 km südl. von Caicara del Orinoco, ca. 06°50'N, 66°40'W, B. Büdel & M. Schultz, V/96, 24070a. BRASILIEN, Sítio Lagoz Secz, Saunders, W.B. Saunders, 15.12.1998, 98015.7. *Synalissa nitidula* Müll.Arg.: JEMEN, Sokotra, Kalk, Balfour (1467) (Holotyp, G Herb. Muelleri Arg.); Wadi Ayhaft, S vom Jebel Rughid, Granit in Inland Tal, 230 m, 12°36'N, 53°59'E, B. Mies, 25.01.1998, 14460; Jebel Hauwari östl. von Suk, östl. von Hadibu, in Karstlöchern und Felspalten auf Boden, 50 m, 12°40'N, 54°03'E, B. Mies, 15.03.1997, 14049. *Synalissa salevensis* Müll.Arg.: SCHWEIZ, Salève, Pas de l'Echelle, Kalk, Müll.Arg., 21.10.1860 (Holotyp, G Herb. Muelleri Arg.; B 35938, 35939, 35940) (s. Abschn. 4.3.4. bei *Paulia* für Umkombination zu *P. salevensis*). *Synalissa symphorea* (Ach.) Nyl.: JEMEN, SO, Straße von Riyan ins Wadi Hadramaut, südliche Abbruchkante des Dschol-Gebirges, schattige senkrechte Kalksteinfläche, 500 m, 14°50,9'N, 49°8,84'E, M. Schultz, 13.03.97, 14010a; Sokotra, Wadi Ma'nifoh, ca. 4 km südlich von Hadibu, am Fuße des Haghier Massivs, auf Kalkfels, ca. 50 m, 12°37'N, 54°1,1'E, B. Mies, 18.03.97, 14041c; ca. 20 km südöstlich von Hadibu, Weg nach Nogeed, am Talhang in sandgefüllten Ritzen von karstigen Kalkfelsen, ca. 200 m, 12°31,7'N, 54°10,6'E, M. Schultz, 16.03.97, 14029c; "Momi"-Plateau, bei Shilhin, ca. 35 km südöstlich von Hadibu, in Ritzen und Spalten eines Kalkfelsens, ca. 450 m, 12°31,3'N, 54°19,0'E, M. Schultz, 22.03.97, 14060d. DEUTSCHLAND, Baden-Württemberg, Schwäbische Alb, Seeburg bei Bad Urach, Kalkgestein, ca. 600 m, MTB 7522/4, M. Schultz, 18.04.98, 03167, 03192, 03197c. GRIECHENLAND, Nördl. Sporaden, Skopelos, F.O. 12, Felsblöcke am Wegrand, Pinienwald, G. Willems, 24.06.1989, 10740/2. SPANIEN, Andalusien, Sierra de Cabo de Gata, Las Negras, Muschelkalk, G. Willems, 02.01.1989, 10654/1.

Thelignya lignyota (Wahlenb.) P.M. Jørg. & Henss.: RUBLAND, Karelien, Unterer Nilma-See, Ufergestein, amphibische Zone, Metamorphit, 33°08'E, 66°29'N, M. Schultz, 11.08.96, 13009a; an derselben Stelle, 19.08.97, 13105f.

Thermutis velutina (Ach.) Flotw.: RUBLAND, Karelien, südliche Hälfte der HI Kindra, nördlich des Schwarzen Fließchens, steile Felswand, regengeschützt aber luftfeucht, Silikatfels, M. Schultz, 21.08.97, 13125a.

Thyrea confusa Henss.: DEUTSCHLAND, Baden-Württemberg, Schwäbische Alb, Seeburg bei Bad Urach, Kalkgestein, ca. 600 m, MTB 7522/4, M. Schultz, 18.04.98, 03168, 03169, 03170a, 03187c, 03188c, 03190b. USA, Arizona, Yavapai Co., E of Camp Verde, old military reservation (rd. 260), on small limestone boulder, ca. 1000 m, 111°49'W, 34°33'N, M. Schultz, 21.02.99, 16058a; White Hills close to McGuireville, hwy. 17 (exit 293), N-facing limestone rock, ca. 1050 m, 111°49.5'W, 34°38.5'N, M. Schultz, 23.02.99, 16077c. JEMEN, Sokotra, ca. 3,5 km südlich von Hadibu, am Fuße des Haghier Massivs, an einer Steilfläche, Kalkgestein, ca. 100 m, 12°37,3'N, 54°1,0'E, M. Schultz, 19.03.97, 14043a. *Thyrea girardi* (Dur. & Mont.) Bagl. & Car.: ALGERIEN, G. Couderc, Harmand: Exs. rar. no. 351 (B 81300); G. Couderc, Claudel & Harmand: Lich. gall. praec. exs. no. 351 (B 93227). *Thyrea latissima* Asah.: Japan, Honshu, Prov. Bitchu, Miyagonchi, Tetsutacho, Atetsu-gun, calcareous rock, 200 m, Kashiwadani (16737), 10.05.1981, S. Kurokawa & H. Kashiwadani: Lich. Rar. Critic. Exs. no. 542 (ASU). *Thyrea pachyphylla* (Müll.Arg.) Henss.: MEXIKO, Sonora, 33 km SW of Moctezuma, on vertical calcareous boulders, ca. 1000 m, 29°38'N, 109°56'W, J. Marsh, 10.02.1993, in Herb. B. Büdel 20133. *Thyrea plectopsora* aggr.: JEMEN, Sokotra, R'as Hebak, ca. 5 km westlich von Hadibu, Küstefelsen, Kalkstein, ca. 50 m, 12°38,7'N, 53°58,5'E, M. Schultz, 18.03.97, 14036h. *Thyrea plicatissima* (Nyl.) Zahlbr.: JEMEN, Sokotra, S Hang des Aduno-Grats (Dimele), Hajhir Mts., expon. Granitblock, 1050 m, B. Mies, 29.01.1998, 14703. *Thyrea porphyrella* Schultz, Büdel & Poremb. ined.: BRASILIEN, Est. Espirito Santo, near Pancas, Fazenda Palmeiros, granite inselberg, ca. 150 m, 19°01'S, 40°05'W, 11.04.1996, S. Porembski (no. 2914), G. Martinelli & L. Leitman (Holotyp RB no. 321989). GUYANA, Shea rock, granite inselberg, 02°50'N, 59°09'W, 1997, F. Scheplitz (Paratyp Herb. S. Porembski).

Zahlbrucknerella patagonica Henss.: ARGENTINIEN, Prov. Santa Cruz, Lago Argentino, Calafate, Cuevas de Hualichu, Sickerwasserf., Schieferfels in Ufernähe, A. Henssen & G. Vobis, 18.12.1973, Henssen: Lich. Cyan. et Fungi Sax. Exs. no. 30 (Isotyp, M 0024053). Kenia, Distr. Nyeri, Central Prov., Teleki Tal/Mnt. Kenya, 37°17'10"E, 0°09'15"S, 4260 m, A. Frisch, 11.09.1995, 95/K7.

C - Morphologische Datenmatrices

Variable Merkmalszustände sind eingeklammert; unsichere oder unbekannte Merkmalszustände sind mit einem ? angegeben; nicht vorhandene Merkmale sind mit einem – gekennzeichnet. Folgende Kürzel wurden für die Artnamen in den Datenmatrices verwendet:

anem.dec = *Anema decipiens*, anem.num = *A. nummularium*, calo.ins = *Calotrichopsis insignis*, cryp.per = *Cryptothele permiscens*, digi.div = *Digitothyrea divergens*, digi.pol = *D. polyglossa*, edwa.mir = *Edwardiella mirabilis*, ephe.bra = *Ephebe brasiliensis*, euop.gra = *Eopsis granatina*, gloe.tur = *Gloeoheppia turgida*, harp.rut = *Harpidium rutilans*, hepp.adg = *Heppia adglutinata*, hepp.con = *H. conchiloba*, hepp.des = *H. despreauxii*, jenn.goe = *Jenmania goebelii*, jenn.oso = „*J. osorioi*“, leci.cor = *Lecidopyrenopsis corticola*, lemm.arn = *Lemmopsis arnoldiana*, lemp.pol = *Lempholemma polyanthes*, lemp.spe = *Lempholemma* spec. (Mies 12989; Schultz 14042c, 14045a, 14046b), lich.con = *Lichina confinis*, lich.pyg = *L. pygmaea*, lich.wil = *L. willeyi*, lich.gen = Lichinaceae gen. spec. (Mies 14069; Schultz 14030c, 14041b, 14042a, 14046c), lich.alg = *Lichinella algerica*, lich.cri = *L. cribellifera*, lich.iod = *L. iodopulchra*, lich.rob = *L. robusta*, lich.sti = *L. stipatula*, lich.ahl = *Lichinodium ahlneri*, lich.sax = *L. saxicola*, meta.umb = *Metamelanea umbonata*, paul.ald = *Paulia aldabrensis*, paul.cae = *P. caespitosa*, paul.myr = *P. myriocarpa*, paul.per = *P. perforata*, pecc.ari = *Peccania arizonica*, pecc.cor = *P. coralloides*, pecc.fon = *P. fontqueriana*, pelt.obs = *Peltula obscurans*, pelt.rad = *P. radicata*, phlo.pul = *Phloeopeccania pulvinulina*, phyl.mon = *Phylliscidium monophyllum*, phyl.mar = *Phyllisciella marionensis*, phyl.dem = *Phylliscium demangeonii*, phyl.mac = *P. macrosporum*, poro.coc = *Porocyphus coccodes*, poro.dim = *P. dimorphus*, psor.mur = *Psorotichia murorum*, psor.pol = *P. polyspora*, psor.sch = *P. schaeferi*, pter.atr = *Pterygiopsis atra*, pter.guy = *P. guyanensis*, pyre.fus = *Pyrenopsis fuscata*, pyre.spe = *Pyrenopsis* spec. (Büdel & Schultz 24061a), stro.ber = *Stromatella bermudana*, syna.sym = *Synalissa symphorea*, thel.lig = *Thelignya lignyota*, ther.vel = *Thermutis velutina*, thyr.con = *Thyrea confusa*, thyr.pac = *T. pachyphylla*, zahl.cal = *Zahlbrucknerella calcarea*.

Gesamtmatrix von 62 Arten der Lichinales.

	1	2	3	4	5
	1234567890123456789012345678901234567890123456789012345				
anem.dec	0-0---	1000110001001000?	000001011210-	1120110000000010010	
anem.num	0-0---	0000110001001000?	000001011210-	1120110000000010010	
calo.ins	11---	10300110000010000?	000001011210-	1121100100000010301	
cryp.per	12----	0200110001010000?	000011111210-	112211000011?010000	
digi.div	3---1-	000111010000201--	110000000000-	11211100000000100 (012) 0	
digi.pol	2--1--	000111010000201--	110000000000-	11211100000000100 (012) 0	
edwa.mir	12----	030011000002001--	000002002101011210-	1121100000000010021	
ephe.bra	4----	00200110002001000?	000001011210-	1121010000000010201	
euop.gra	10----	0100110002000000?	001000000000-	000011000000001 (01) 000	
gloe.tur	0-0---	0100110000000000?	100000000000-	11211100000000000 (14) 0	
harp.rut	10----	0200000002000000?	000001011210-	0000101300000011000	
hepp.adg	0-0---	0100110003000000?	000000000000-	11211100000000101 (34) 0	
hepp.con	0-0---	1100110003000000?	000000000000-	11211100000000101 (34) 0	
hepp.des	0-0---	1100110003000000?	000000000000-	11211100000000101 (34) 0	
jenm.goe	3---1-	0?0001010001001--	100000000000-	1120110010000010001	
jenm.oso	3---1-	0000110100010000?	000001011210-	1121000100000010001	
leci.cor	3---01	0300110001001000?	0000000000100-	1110110000000010050	
lemm.arn	12----	0100110002001001?	100000000000-	1121110000000010010	
lemp.pol	11----	0100110001001000?	000001011210-	1121110010000010410	
lemp.spe	0-0---	0000110001000000?	00000?0????0-	1121100000020010410	
lich.ahl	3---01	010011000003111--	001000000000-	112110010011?110150	
lich.alg	0-0---	010011010002001--	0100020021010112000100000010010		
lich.con	3---1-	0200111201011000?	010000000000-	1121110000000000302	
lich.cri	2--1--	010011010002001--	00000200210111120000000000100 (01) 0		
lich.gen	0-1---	1000110002000000?	010000000000-	1121100000000010010	
lich.pyg	3---1-	0200011201011000?	010000000000-	1121110000000000302	
lich.iod	2--1--	000011010002001--	00000200210101120000000000100 (01) 0		
lich.rob	3---1-	010011120002001--	0000020021010112000000000010010		
lich.sax	(34) ---1	(01) 0100110000001000?	00?001011210-	1121110000000010100	
lich.sti	3---1-	010011110002001--	000002002101011200010000000100 (01) 0		
lich.wil	3---1-	0200111202001000?	010001011210-	1121110100000010301	
meta.umb	10----	0200110000000101?	100000000000-	11211100000000100 (01) 0	
paul.myr	0-1---	000011000101001--	100000000000-	11211100100000100 (01) 0	
paul.ald	0-0---	000011000101001--	101000000000-	1121110010000010010	
paul.per	0-1---	000011000101001--	101000000000-	1121110010000010010	
paul.cae	3---1-	000011001100001--	101000000000-	11211100100000100 (12) 0	
pecc.ari	3---0-	1100110002002000?	111000000000-	1121100100000010010	
pecc.cor	3---1-	010011020000201--	010100000100-	11201000001110100 (14) 0	
pecc.fon	3---1-	010011020000201--	010100000100-	11201110001110100 (34) 0	
pelt.obs	0-0---	0000000000000000?	000000000000-	00000001000000000 (012) 0	
pelt.rad	0-0---	0000000000000000?	000000000000-	00000001000000000 (4) 0	
phlo.pul	0-0---	000011001100101--	100000000000-	1121 (01) 001000000100 (12) 0	
phyl.dem	0-1---	0000110001010000?	000011101210-	1122 (01) 0100011?010010	
phyl.mar	0-0---	0000110001010000?	100001011210-	111000000011?010020	
phyl.mac	0-0---	0000110001001000?	000001011210-	1121110110000010000	
phyl.mon	0-0---	0000111002000000?	100001011210-	1110100000000010000	
poro.coc	10----	0200110002001001?	000001011210-	1121100000000010 (03) (012) 0	
poro.dim	3---0-	0?00111002012000?	000001011210-	1121100000000010300	
psor.mur	10----	010011000200201--	010000000000-	1121110000000010010	
psor.pol	13----	0200110002001000?	001000000000-	1121000000000010000	
psor.sch	10----	0100110002001000?	010000000000-	1121110000000010010	
pter.atr	13----	0200111002001000?	001000000000-	1110110000000010000	
pter.guy	13----	0201111002002000?	100001011210-	1110110000000010000	
pyre.fus	10----	0200110002000000?	000001011210-	0000110010000010000	
pyre.spa	10----	020011000200101--	0000010112-0-	0000110010000010000	
stro.ber	14----	0100110000001001?	110001011210-	1121110000000010010	
syna.sym	3---1-	1100110001012000?	001000000100-	1121000110000010010	
thel.lig	10----	0200110002000001?	101200000000-	1121110000000110301	
ther.vel	4---1-	0300110000001101?	000000011210-	11211110000201101 (01) 3	
thyr.con	3---1-	1001110100010000?	000001011210-	1121110010000010010	
thyr.pac	2--1--	0000110100010000?	000001011210-	1121110000000010010	
zahl.cal	4---00	000011200000101--	000000000000-	1121000000000110110	

Morphologische Matrix für Analyse mit eingeschränkter Taxonauswahl (Abschn. 4.2.5).

	1	2	3	4	5
	1234567890123456789012345678901234567890123456789012345				
pelt.obs	0-0---	00000000000000000000?	00000000000000000000	0000000010000000000	(012) 0
pelt.rad	0-0---	00000000000000000000?	00000000000000000000	0000000010000000000	(4) 0
hepp.des	0-0---	1100110003000000?	00000000000000000000	11211100000000101	(34) 0
euop.gra	10----	0100110002000000?	00100000000000000000	000011000000001	(01) 000
gloe.tur	0-0---	010011000000000000?	10000000000000000000	1121110000000000000	(14) 0
digi.div	3---1-	000111010000201--	11000000000000000000	11211100000000100	(012) 0
paul.ald	0-0---	000011000101001--	10100000000000000000	1121110010000010010	
jenm.goe	3---1-	0?0001010001001--	10000000000000000000	1120110010000010001	
phlo.pul	0-0---	000011001100101--	10000000000000000000	1121 (01) 001000000100	(12) 0
psor.mur	0-0---	010011000200201--	01000000000000000000	1121110000000010010	
syna.sym	3---1-	1100110001012000?	00100000001000000000	1121000110000010010	
lich.pyg	3---1-	0200011201011000?	01000000000000000000	1121110000000000302	
pecc.cor	3---1-	010011020000201--	01010000010000000000	11201000001110100	(14) 0
lich.cri	2--1--	010011010002001--	000002002101111200000000000100	(01) 0	
thyr.con	3---1-	1001110100010000?	0000010111210-1121110010000010010		
jenm.oso	3---1-	0000110100010000?	0000010111210-1121000100000010001		
anem.num	0-0---	0000110001001000?	0000010111210-1120110000000010010		
poro.coc	10----	0200110002001001?	0000010111210-1121100000000010	(03) (012) 0	
ephe.bra	4----	00200110002001000?	0000010111210-1121010000000010201		
lich.sax	(34) ---1	(01) 0100110000001000?	00?0010111210-1121110000000010100		
harp.rut	10----	0200000002000000?	0000010111210-0000101300000011000		
lemp.pol	11----	0100110001001000?	0000010111210-1121110010000010410		
lich.wil	3---1-	0200111202001000?	0100010111210-1121110100000010301		
lich.ahl	3---1-	01010011000003111--	00100000000000000000	112110010011?110150	
phyl.mar	0-0---	0000110001010000?	1000010111210-111000000011?010020		
phyl.dem	0-1---	0000110001010000?	0000111011210-1122 (01) 0100011?010010		
phyl.mac	0-0---	0000110001001000?	0000010111210-1121110110000010000		
pyre.fus	10----	0200110002000000?	0000010111210-0000110010000010000		

Morphologische Matrix für die Arten mit Sequenzdaten (Abschn. 4.2.5. und 4.2.7.).

	1	2	3	4	5
	1234567890123456789012345678901234567890123456789012345]				
pelt.obs	0-0---	00000000000000000000?	00000000000000000000	0000000010000000000	(012) 0
pelt.rad	0-0---	00000000000000000000?	00000000000000000000	0000000010000000000	(4) 0
hepp.con	0-0---	1100110003000000?	00000000000000000000	11211100000000101	(34) 0
hepp.adg	0-0---	0100010003000000?	00000000000000000000	11211100000000101	(34) 0
hepp.des	0-0---	1100010003000000?	00000000000000000000	11211100000000101	(34) 0
digi.div	3---1-	000111010000201--	11000000000000000000	11211100000000100	(012) 0
digi.pol	2--1--	000111010000201--	11000000000000000000	11211100000000100	(012) 0
paul.ald	0-0---	000011000101001--	10100000000000000000	1121110010000010010	
paul.per	0-1---	000011000101001--	10100000000000000000	1121110010000010010	
paul.cae	3---1-	000011001100001--	10100000000000000000	11211100100000100	(12) 0
jenm.goe	3---1-	0?0001010001001--	10000000000000000000	1120110010000010001	
phlo.pul	0-0---	000011001100101--	10000000000000000000	1121 (01) 001000000100	(12) 0
pecc.ari	3---1-	1100110002002000?	11100000000000000000	1121100100000010010	
psor.pol	13----	0200110002001000?	00100000000000000000	1121000000000010000	
psor.mur	10----	010011000200201--	01000000000000000000	1121110000000010010	
psor.sch	10----	0100110002001000?	01000000000000000000	1121110000000010010	
lich.gen	0-1---	1000110002000000?	01000000000000000000	1121100000000010010	
lemp.spe	0-0---	0000110001000000?	00000?0?0?0-1121100000020010410		
lich.pyg	3---1-	0200011201011000?	01000000000000000000	1121110000000000302	
lich.con	3---1-	0200111201011000?	01000000000000000000	1121110000000000302	
pecc.cor	3---1-	010011020000201--	01010000010000000000	11201000001110100	(14) 0
pecc.fon	3---1-	010011020000201--	01010000010000000000	11201110001110100	(34) 0
lich.cri	2--1--	010011010002001--	000002002101111200000000000100	(01) 0	
thyr.pac	2--1--	0000110100010000?	0000010111210-1121110000000010010		
thyr.con	3---1-	1001110100010000?	0000010111210-1121110010000010010		
anem.num	0-0---	0000110001001000?	0000010111210-1120110000000010010		
pyre.spa	10----	020011000200101--	00000101112-0-0000110010000010000		
pter.guy	13----	0201111002002000?	1000010111210-1110110000000010000		
stro.ber	14----	0100110000001001?	1100010111210-1121110000000010010		
ephe.bra	4----	00200110002001000?	0000010111210-1121010000000010201		

D - Introns in den 18S rDNA-Sequenzen (s. Abschn. 4.1.9.)

Wenn mehrere Teilsequenzen eines Introns vorlagen, wurden diese aligned.

Anema nummularium, Intron A

TGAAAGTGGCAGTGCACCTCACTGTCCAGTCTTAGATTACAGCACGCAGTCTCTGCTCCAGAAAGCAGCCTGAAAAGGTGAGTGGTGTATCTCGT
AACTGCTAGTCCCACCCCTCGGGGGTGGGGCGACACGCCAAAATTGCGGGAATGTCTAAAGCATCAACTACCAAGCCAGTGCCTGAAAAGGGC
?TGGTGGCCAGGTCAATCGCCTCGGGGTAGGGTAACAATGTTGATGATGTACCAATGGATGATCCGCAGCCAAAACCC?TGACGGGTACACCC

TGAAAGTGCCAGTGCACCTCACTGTCCAGTCTTAGATTACAGCACGCAGTCTCTGCTCCAGAAAGCAGCCTGAAAAGGTGAGTGGTGTATCTCGT
AACTGCTAGATCCACCCCTCGGGGGTGGGGCGACACGCCAAAATTGCGGGAATGTCTAAAGCATCAACTACCAAGCCAGTGCCTGAAAAGGGC
CTGGTGGCCAGGTCAATCGCCTCGGGGTAGGGTAACAATGTTGATGATGTACCAATGGATGATCCGCAGCCAAAACCC?TGACGGGTACACCC
CTAGGGTGTGCGGCACGGGAAGGTTTACAGAGACTAGATGGGCGTGGGTGGGGAACCCCTGGGGGACCGCGCTCGATCATGATATGTTCCAGACACC
GGAGGGACAGGCGCCTGGCCCGAACGATGCTGTGTGAACTTGCCAACGGGCCAATCGCCCCCGAGACATTCCCTGAATCGTGTATTTTC
ATCTTGCGAACCTGTGCCCGCCGCATATACTGTATGACGCTGCTGTTCCCGGCTTAAGATATAGTCCAATCCTCGTGCAGAGACGAGGCATG
TGCGTCATGGTATTATCCAGTGC

Anema nummularium, Intron B

CCTGGATCGGGGAAGCTTRACCTGTGTGTCCACAGCATGCTAACCCSGAGCGRAGCGGCTGGCAGAGCAATCTCCCGTCTGCCCGGTAGAG
CACGAAAAGGTGTC?GGTCAGGCATGAACCACGGATCATGGATGGCTTGAGGGACGTGCCATTCTACCCGAAAAGGGTACCACCGGTTTCGGAG
CACCTGTTTATGCGAGGATCGCGTGGGGGTTTGTCTAGTCCCTTTGGGGCCAGACCCGGCGAGTAGTAGACCTCTTCCGGGCAAAAACGG
TGCTCTTCTGATCGGCCGTCGAGGTTGACCGTGGGCCACGCCACGTATCCACGTCAGGAGTCATGGTTACCCGGGAGAAAGGTGCCTGC
CATAG

.....TAGAG
CACGAAAAGGTGTCGGTCCAGGCATGAACCACGGATCATGGATGGCTTGAGGGACGTGCCATTCTACCCGAAAAGGGTACCACCGGTTTCGGAG
CACCTGTTTATGCGAGG?ATCGCGTGGGGGTTT?GTCTAGTCC?TTTGGGGCCAGACCCGGCGAGTAGTAGACCTCTTCCGGGCAAAAACGG
TGCTCTTCTGATCGGCCGTCGAGGTTGACCGTGGGCCACGCCACGTATCCACGTCAGGAGTCATGGTTACCCGGGAGAAAGGTGCCTGC
CATAG

Phloeopeccania pulvinulina

GGCATTACAGGCCTGTCAAAGTAGGGCCTCTGTCCCGTAAATACCTGCTAGTCCATCGCCTTATCTCTGCTGGGGGAGCCCCCTACTACCG
GGCAGAGGGAGCGAGCGCTTACATGGGAAGGCGATGCTGTGGCATGGGCGACACCACCTGGTACAGGAACGTGAGGGCGCTGTGGTCACTGTC
AGCCCCCTCGGTGAATCCTGTGGCGAGCTTGGGTAGCGCTGGGCCGTGCGAACGCGCGGAAAGGGGTGGGCTGGCCCTGGTTCGGGCTGGCTTGA
GGTACGTGCTAATCCCCCTGGGTAACAGCCTCCGCATCCGAGGCCGGTAGGCCAAGGTGCGGAGGGGTAGGTGGGAGCTCCCGCCCAGCGAC
CGGACTTGCTCTCCCCCGGGGGGGGGGG?A?A?AAAA

.....CCCSGGGGGGGGGGGGGACACA???

Psorotichia murorum

GAATTAGGTACGTCTTTCTGTGTGCTGGCTATCACGATTTTCGTTACTGACTTGTCTGTGTGTAGGG

GAATTAGGTACGTCTTTCTGTGTGCTGGCTATCACGATTTTCGTTACTGACTTGTCTGTGTGTAGGG

Psorotichia polyspora

GGCACTCATCAGGCCTGTAAAGTAGGGCCTCGCGTCCGGCACCCGASTGCCCCCGCTAGTCCAACGCCGTATCTCCGTGGGGGAAGCTTCC
CCCCTGTGGGGCGG?AGAYGGTGGGGCAACGTGGCCCKACGAGACGGTGTGGGCGAMACCACCTGGTACAGG?AACACCCGGTCCCCCTCC
ACGGGGGGCGCTTCCACACCCGGGTCGATCCTGTGGCGACCCCGGTCGCGTGGGCCGTGMAACGCGCGGAAAGGGGTGGGCCGACCCGCTT
TGGGTCCGCTTGGAGTACGTGTGATCCCTCGGGTAACCKAGCYTTCYTCGCTGARACCCGANAGGTTNAAGCGYNAAGGGAMAWTMACTTCC
CTNCGCTGGGGCGTGTGTGCGGTGTGTCAGTAAATCCAAGGGGCTCCATTCCMAAAGGAACCGAAATCATCAATACTKTTGGAGTTGG
TACTTGCATTGTAGCAAAYTACTYTAGTACTCTCGGGATCCCAAACGACTCCATTGGGGGATGCCTTGGGAAAGTATGTGGAGCCGA?GCCCC
AGTCGGAACCTCGACGACATGCT

GGCACTGA?CAGGCTGTGACAGTGGGGCCTCGCGTCCGGCACCCGACGCTGCCCCCGCTAGTCCAACGCCGTATCTCCGTGGGGGAAGCKTCC
CCCCTGTGGGGCGGAGTACGTGG?CCAACGTGGCAMAACCGGGGG?TGTGGGCGACACCACCTGGTACAGGGAACACCCGGTCCCCCTCC
ACGGGGGG?G?TTCMACACCCGGGTCGATCYTGTGGCGAGCCCGGTCGCGTGGGCCGTGMAACGCGCGGAAAGGGGTGGGCCGACCCGCTT
GGTTCYCGGTTTGGAGTACGTGTGATCCCTCGGGTAACCGAGCCTTCTCGCTGAGACCCGACAGGTTGAAGCGYNAAGGGGAGTCAAGGTC
CCTGCGYTGGGGCGTGTGTGCGGTGTGTCAGTAAATCCAAGGGGCTCCATTCCMAAAGGAACCGAAATCATCAATACTKTTGGAGTTGG
TACTTGCATTGTAGCAAAYTACTYTAGTACTCTCGGGATCCCAAACGACTCCATTGGGGGATGCCTTGGGAAAGTATGTGGAGCCGA?GCCCC
AGTCGGAACCTCGACGACATGCT

Pterygiopsis guyanensis, Intron A

TGAACCAAGCCCCTACGCCGAGTACGACTCCGCGCCAGCAGCAGCCGAAAGGTGTGGCAACGCCAACCCCTCTTGGGGCCAGCCACAAAT
TGCTAGTCTACTTGGTAGGCGACACACTCAAATTCGGGAAAAACCTAAAGCTCAAGCTACCCAACCGACTGTCCGAAAGGCATCGGTGGCCAG
GCTAGTTGCCCTCGGGTCAAGGTTAAAATGCTAGAGATACAGCAATGGGCAATCCGCAGCCAAGCCCTACGAGTTCCTTGATCTGCTGAGGCCG
GCGGGACTTATGGGGAAGGTTACAGAGACTAAATGGGTGTGGGTATTGATCGTTAGTCCCTGTGAAATTGGAGTTGATAGGGTAAATCTGCCTGA
ACTGATGGCTCTTTAGCCGATTTCCGGGSCA?GAGCAATGCCAATKARCGCGGCTGTTGGCTGGCGAACAAAG . . .

.....AATTGGAGTGGATAGG?TAAATTC?KCCTGA
ACTGATG?CTCTTTAGCCGATTGCCGGGCCARGAGCAATGCCAGTGAGCGCGGCTGTTGGCGGCCAACAGGAGCCCTCGCACCCACACGGYTA
CACCAAACCTTAATCTCGCCACTCATTACGGCCCTCGCTCTGACGGTGGGCTTGTGGCTGTGACGCCCTGGATGTACCAGCTTGTGTGGTACTCG
GGGAGAAGGAGTGACCCCTGCTCAACACCCTGGTGGAGAGTACGAGGTHCTCATCTGTGCATACGTACGTTGTAAGCCAGAGCACGTAGTGGT
TGAGAGCCAGCCGTTGAACCCGCTCGTTCCGGTGGGCTGGATTATTTGTGGTGGAAATGTAGTTGCTGTGGGACGGGGTACAACCCCTTGTG
TCATGGTGTATCCGAGCATCATCTCGAGTGCATCTACTCTCGCGTGTCTGCAACCATCCAGGTACCACCAGCATAGCGTCACTGGCCCTGTT
GCCCTATAGCAAACCTCTACCAATCTCACTGGATGTGACAGTTCAATGCTTAAGATATAGTCCCGTACCCTAAAAGGCGATGTACCTTTTTCA
GTTTTTGGN

Pterygiopsis guyanensis, Intron B

?AACCATGGCCTCCCCAGCCGGGAGGGGCASTGACGCCAGAGATAGTAGGGCCCGCTTTGGTTGGGGTTACGCCTGCTAGTCGAGCGTTTACA
CCGGGGTGGGCGAACCCGGCGAGACAACTGGATCGGGGACGCTGTGGGGCCGTCAGGACCTGCCAATCCCGAGCAGAGCCGCGGGGAGC
GACCCCCCGCTGGCCTGTGTAGAGCGCGCAAGGTGTCCGCTGGTCTGTTCTGGGGTGTGCAACCCGTCAGCCGGCTTGAGGGACGTGCCATT
CCSCCCGAAAGGGCGTTCCCACTGGAGCACCTACCCTGCAAAGGTTGAGAAGGGCCGCATCGTGGGTGATGCGGCTCGGTGACAATTGCGGG
GCTTCCTCGGTGGGAAGCCTGCGCCATTGCGTGTAAAG

GAACCATGGC?YCCCCAGCCGGGAGGGGAGTACGCCAGAGATAGTAGGGCCCGCTTTGGTTGGGGTTACGCCTGCTAGTCGAGCGTTTACA
CCGGGGTGGGCGAACCCGGCGAGACAACTGGATCGGGGACGCTGTGGGGCCGTCAGGACCTGCCAATCCCGAGCAGAGCCGCGGGGAGC
GACCCCCCGCTGGCCTGTGTAGAGCGCGCAAGGTGTCCGCTGGTCTGTTCTGGGGTGTGCAACCCGTCAGCCGGCTTGAGGGACGTGCCATT
CCSCCCGAAAGGGCGTTCCCACTGGAGCACCTACCCTGCAAAGGTTGAGAAGGGCCGCATCGTGGGTGATGCGGCTCGGTGACAATTGCGGG
GCTTCCTCCCTGG?AAG . . .

Pyrenopsis spec., Intron A

GACATCACAGGCCTGTAACAGTGGACC?TCACAAAATAATCCGCTAGTCCACGTCAATCCCTGTGGAAGRAG?SCTTCCGCTGTCCGGCAGGGA
CGGTTGGC?CC?TCGTGGGCTTGCCGCGCCGT . . .

GACATCACAGGCCTGTAACAGTGGACC?TCACAAAATAATCCGCTAGTCCACGTCAATCCCTGTGGAAGRAG?SCTTCCGCTGTCCGGCAGGGA
CGGTTGGC?CC?TCGTGGGCTTGCCGCGCCGTGGGCGACACCCTGGTACAGGAACGCCAACCCATCCACGTGGGGCTCTGGTTCGATCCTGT
GGCCGAGCTTGGGTAGCGTCAGGCCCGTGCACACGCGCGGGAAGGGTGGCCCGGCTCTTGCTGGCTTAAGGTACGTGCTAATCCCTGGGTAA
CCAAGCTTCCACCATAAGGCCCGGCAAGCAAGGGGTGGGGAACAGTGCATCGGTCCCGGTTBCTGTTGGTCAAGAGAGGTTTACCAGCTTGC
ATCTGCAAGGTCAACAACACGTCGCGGAAGCTAGGTGCACCTTACAGATTGAAGGGAGAGAGGTGGTCCGCATGAGCCAGAGTGTGAGCGC
TCTCTGTGGATGTTTGTGGTTTGCCTGTAATGC

Pyrenopsis spec., Intron B

GTCCGGGAGCTCTGCGATGCCGATTTCCBKTCCCGCAGGGGGTTCCTGTTGGGCAC?GTACGCGTGTACGTACGATCAGGAGACGGGTGG
GGCTAGCAAGAGCAGTTGAAGTTGGTGGAGCTGGACCVAACAGTGA?CTCCGAGGTTGTGCGGTGTTGATGTACCCATGAAGGTTTGGT
AACATTTGCCTTAGAACATCCCTGCTAGAGGGAGTCTCGGAAAGGTTTACATCTACCACTACTGCACTCCACCGTGCCTATACCGTCCCTA
CCCCCGAGTTCAATGTTGATCGCTTGGCAATCGTCAACCCGGGACAAACCGCTGTGGGCCAGATGCTCTAACGATCCTTACGAGTGCGGGC
ACAAGTGGTGCATGAATGTAAATCACTTGTGATCGGCACAAAGACATGAACGATCAGCAAACGTTCTGCCATCGCGGGCTCCAGTCTTCCAC
CACGGCAACGGAGTATGCCGCTGTGGGAGCCATCTACTGCCGGCATCCCGTAAGTGTGGACGTTATGCTATCGAAATCCGTTTGGCGACCAT
CACAGATGGGCCCCGGCGTAATTGATCTGTATAGAAAGCGGACGGGACGTCGGCTCTTGTGAGGATCCCTGCTGTGTGCTCTGAAC?GTT
GTTCTATGTTTTGAG

E - 18S rDNA Sequenzalignment

Pro Block sind 60 Basen zusammengefaßt. In eckigen Klammern sind die Positionen
angegeben.

Lichinella cribellifera TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAACGCCCC-GACCTCT-GGGAG
Peltula radicata TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAACGCCCC-GACCCCT-GGAAG
Peltula obscurans TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG
Lichinaceae gen. spec. TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG
Lempholemma spec. TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG
Psorotichia polyspora TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG
Psorotichia murorum TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG
Lichina confinis TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG
Lichina pygmaea TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG
Jenmania goebelii TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG
Digitothyrea polyglossa TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG
Digitothyrea divergens TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG
Digitothyrea divergens, juv. TGGAATAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG
Heppia conchiloba TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG
Heppia despreauxii TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG
Heppia adglutinata TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG
Phloepeccania pulvinulina TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG
Paulia perforata TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG
Paulia aldabrensis TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG
Paulia caespitosa TGGA-TAACCGTGGTAATTCTAGAGCTAATACATGCTGAAGGCCCC-GACTCC--GGGAG

[181-240]

Peccania arizonica GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TCC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Peccania coralloides GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TCC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Peccania fontqueriana GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAT-GCC-TCC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Psorotichia schaereri GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TCC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Stromatella bermudana GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-ATC-GCCCTCG--TGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Pyrenopsis spec. GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCCCTCGGGGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Pterygiopsis guyanensis GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCTCCTCG--TGGG-CTT-CCT-GGTGAAT
Anema nummularium GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-TTC-GCCCTCC--GGGG-CTC-GTT-GGTGAAT
Ephebe brasiliensis GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-ATC-GCCCTC-ACGGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Thyrea confusa GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-TTC-GCC-TTT--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Thyrea pachyphylla GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-ATC-GCCC-CTC--GGGG-CTC-GTT-GGTGAAT
Lichinella cribellifera GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TCC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Peltula radicata GGGCGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAT-GCC-TTC-ACGGGG-CTC-CYTTGGTGAAT
Peltula obscurans GGGCGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-NCCCTCC--CGGG-CTC-CCT-GGTGAAT
Lichinaceae gen. spec. GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TCC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Lempholemma spec. GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-TTC-GCCCTCG--TGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Psorotichia polyspora GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TTC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Psorotichia murorum GGGCGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TTC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Lichina confinis GGGCGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TCC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Lichina pygmaea GGGCGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TCC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Jenmania goebelii GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TTC--GGGG-CTT-GCT-GGTGAAT
Digitothyrea polyglossa GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TTC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Digitothyrea divergens GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TTC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Digitothyrea divergens, juv. GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TTC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Heppia conchiloba GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TTC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Heppia despreauxii GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TTC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Heppia adglutinata GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TTC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Phloepeccania pulvinulina GGGCGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TTC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Paulia perforata GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TTC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Paulia aldabrensis GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TTC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT
Paulia caespitosa GGGTGTGTTTATTAGATAAAAAACC-AAC-GCC-TTC--GGGG-CTC-GCT-GGTGAAT

[241-300]

Peccania arizonica CATGATAACCTTACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Peccania coralloides CATGATAACCTTACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Peccania fontqueriana CATGATAACCTTACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Psorotichia schaereri CATAATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Stromatella bermudana CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Pyrenopsis spec. CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Pterygiopsis guyanensis CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Anema nummularium CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Ephebe brasiliensis CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Thyrea confusa CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Thyrea pachyphylla CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Lichinella cribellifera CATGATAACCTTACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Peltula radicata CATGATAACCTTACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Peltula obscurans CATGATAACCTTACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Lichinaceae gen. spec. CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Lempholemma spec. CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Psorotichia polyspora CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Psorotichia murorum CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Lichina confinis CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Lichina pygmaea CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Jenmania goebelii CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Digitothyrea polyglossa CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG
Digitothyrea divergens CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTCTG

Digitothyrea divergens, juv. CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTTCTG
Heppia conchiloba CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGT-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTTCTG
Heppia despreauxii CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGT-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTTCTG
Heppia adglutinata CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTTCTG
Phloeopeccania pulvinulina CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTTCTG
Paulia perforata CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTTCTG
Paulia aldabrensis CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTTCTG
Paulia caespitosa CATGATAACCGCACGAATCGCATGGCCTTGC-GCCGGCGATGGTTCATTCAA-TTTTCTG

[301-360]

Peccania arizonica CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Peccania coralloides CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Peccania fontqueriana CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Psorotichia schaereri CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Stromatella bermudana CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Pyrenopsis spec. CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Pterygiopsis guyanensis CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Anema nummularium CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Ephebe brasiliensis CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Thyrea confusa CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Thyrea pachyphylla CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Lichinella cribellifera CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Peltula radicata CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Peltula obscurans CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Lichinaceae gen. spec. CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Lempholemma spec. CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Psorotichia polyspora CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Psorotichia murorum CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Lichina confinis CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Lichina pygmaea CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Jenmania goebelii CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Digitothyrea polyglossa CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Digitothyrea divergens CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Digitothyrea divergens, juv. CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Heppia conchiloba CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Heppia despreauxii CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Heppia adglutinata CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Phloeopeccania pulvinulina CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Paulia perforata CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Paulia aldabrensis CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA
Paulia caespitosa CCCTATCAACTTTTCGATGGTAGGATAGTGGCCTACCATGGTCGCAACGGGTAAACGGGGAA

[361-420]

Peccania arizonica TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Peccania coralloides TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Peccania fontqueriana TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Psorotichia schaereri TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Stromatella bermudana TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Pyrenopsis spec. TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Pterygiopsis guyanensis TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Anema nummularium TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Ephebe brasiliensis TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Thyrea confusa TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Thyrea pachyphylla TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Lichinella cribellifera TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Peltula radicata TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Peltula obscurans TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Lichinaceae gen. spec. TAAGG-GTTTGACTCCGGAGAGGGGAGCCTG-AGAAATGGCCACCACATCCAAGGAAGGCA
Lempholemma spec. TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Psorotichia polyspora TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Psorotichia murorum TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Lichina confinis TTAGG-GTTGGATTCTGGAGAGGGGAGCCTG-AGAAATGGCCACCACATCCAAGGAAGGCA
Lichina pygmaea TTAGG-GTTGGATTCTGGAGAGGGGAGCCTG-AGAAATGGCCACCACATCCAAGGAAGGCA
Jenmania goebelii TAAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAATGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Digitothyrea polyglossa TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Digitothyrea divergens TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Digitothyrea divergens, juv. TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Heppia conchiloba TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Heppia despreauxii TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Heppia adglutinata TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Phloeopeccania pulvinulina TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Paulia perforata TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Paulia aldabrensis TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA
Paulia caespitosa TTAGG-GTTCTATTCGGAGAGGGAGCCTG-AGAAACGGTTACCACATCCAAGGAAGGCA

[421-480]

Peccania arizonica GCAGGCGCGCAAATTAACCAATCCCACACGGGGAGGTAGTGACAAATAAATACTGATACA
Peccania coralloides GCAGGCGCGCAAATTAACCAATCCCACACGGGGAGGTAGTGACAAATAAATACTGATACA

Peccania fontqueriana GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Psorotichia schaeferi GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Stromatella bermudana GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Pyrenopsis spec. TCAGGCGCGCAAATADADAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATGCA
Pterygiopsis guyanensis GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Anema nummularium GCAGGCGCGCAAATTANCCAATCCCGACGCGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Ephebe brasiliensis GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Thyrea confusa GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Thyrea pachyphylla GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Lichinella cribellifera GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Peltula radicata GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Peltula obscurans GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Lichinaceae gen. spec. GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Lempholemma spec. GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Psorotichia polyspora GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACATGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Psorotichia murorum GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Lichina confinis GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATGCA
Lichina pygmaea GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATGCA
Jenmania goebelii GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Digitothyrea polyglossa GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Digitothyrea divergens GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Digitothyrea divergens, juv. GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Heppia conchiloba GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Heppia despreauxii GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Heppia adglutinata GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Phloeopeccania pulvinulina GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Paulia perforata GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACTCGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Paulia aldabrensis GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA
Paulia caespitosa GCAGGCGCGCAAATACCCAATCCCGACACGGGGAGGTAGTGACAATAAACTGATACA

[481-540]

Peccania arizonica GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAATCCCTTAACGAGGAACAA
Peccania coralloides GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Peccania fontqueriana GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Psorotichia schaeferi GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Stromatella bermudana GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAATCCCTTAACGAGGAACAA
Pyrenopsis spec. GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGRATGGGTACAATCTACACCCCTTAACGAGGAACAA
Pterygiopsis guyanensis GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Anema nummularium GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Ephebe brasiliensis GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Thyrea confusa GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATTTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Thyrea pachyphylla GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Lichinella cribellifera GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Peltula radicata GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Peltula obscurans GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Lichinaceae gen. spec. GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAATCCCTTAACGAGGAACAA
Lempholemma spec. GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Psorotichia polyspora GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Psorotichia murorum GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Lichina confinis GGGCTCTTTTGGGTCTTGCAATCGGAATGGGTACAACCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Lichina pygmaea GGGCTCTTTTGGGTCTTGCAATCGGAATGGGTACAACCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Jenmania goebelii GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAATCCCTTAACGAGGAACAA
Digitothyrea polyglossa GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Digitothyrea divergens GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Digitothyrea divergens, juv. GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Heppia conchiloba GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATTTAAACCCCTTAACGAGTAGCCA
Heppia despreauxii GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATTTAAACCCCTTAACGAGTAGCCA
Heppia adglutinata GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATTTAAACCCCTTAACGAGTAGCCA
Phloeopeccania pulvinulina GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA
Paulia perforata GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAACCTAAATCCCTTAACGAGGAACAA
Paulia aldabrensis GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAACCTAAATCCCTTAACGAGGAACAA
Paulia caespitosa GGGCTCTTTTGGGTCTTGTAATCGGAATGGGTACAATCTAAACCCCTTAACGAGGAACAA

[541-600]

Peccania arizonica TTGGAGGGCAAGTCTGGT -GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Peccania coralloides TTGGAGGGCAAGTCTGGT -GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Peccania fontqueriana TTGGAGGGCAAGTCTGGT -GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Psorotichia schaeferi TTGGAGGGCAAGTCTGGT -GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Stromatella bermudana TTGGAGGGCAAGTCTGGT -GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Pyrenopsis spec. TTGGAGGGCAAGTCTGGT -GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Pterygiopsis guyanensis TTGGAGGGCAAGTCTGGT -GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Anema nummularium TTGGAGGGCAAGTCTGGT -GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Ephebe brasiliensis TTGGAGGGCAAGTCTGGT -GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Thyrea confusa TTGGAGGGCAAGTCTGGT -GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Thyrea pachyphylla TTGGAGGGCAAGTCTGGT -GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Lichinella cribellifera TTGGAGGGCAAGTCTGGT -GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Peltula radicata TTGGAGGGCAAGTCTGGT -GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Peltula obscurans TTGGAGGGCAAGTCTGGT -GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA

Lichinaceae gen. spec. TTGGAGGGCAAGTCTGGT-GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Lempholemma spec. TTGGAGGGCAAGTCTGGT-GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Psorotichia polyspora TTGGAGGGCAAGTCTGGT-GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Psorotichia murorum TTGGAGGGCAAGTCTGGT-GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Lichina confinis TTGGAGGGCAAGTCTGGT-GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Lichina pygmaea TTGGAGGGCAAGTCTGGT-GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Jenmania goebelii TTGGAGGGCAAGTCTGGT-GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Digitothyrea polyglossa TTGGAGGGCAAGTCTGGT-GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Digitothyrea divergens TTGGAGGGCAAGTCTGGT-GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Digitothyrea divergens, juv. TTGGAGGGCAAGTCTGGT-GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Heppia conchiloba TTGGAGGGCAAGTCTGGT-GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Heppia despreauxii TTGGAGGGCAAGTCTGGT-GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Heppia adglutinata TTGGAGGGCAAGTCTGGT-GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Phloeopeccania pulvinulina TTGGAGGGCAAGTCTGGT-GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Paulia perforata CTGGAGGGCAAGTCTGGT-GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Paulia aldabrensis CTGGAGGGCAAGTCTGGT-GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA
Paulia caespitosa TTGGAGGGCAAGTCTGGT-GCCAGCAGCCGCGGTAATCCAGCTCCAATAGCGTATATTA

[601-660]

Peccania arizonica AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Peccania coralloides AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Peccania fontqueriana AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Psorotichia schaeferi AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Stromatella bermudana AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCTGGTCCGCCTC
Pyrenopsis spec. AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Pterygiopsis guyanensis AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Anema nummularium AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Ephebe brasiliensis AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGTCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Thyrea confusa AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Thyrea pachyphylla AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Lichinella cribellifera AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Peltula radicata AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTCGGGCCTGGBTGGCCGGTCCGCCTC
Peltula obscurans AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTCGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Lichinaceae gen. spec. AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Lempholemma spec. AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Psorotichia polyspora AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Psorotichia murorum AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Lichina confinis AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Lichina pygmaea AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Jenmania goebelii AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCCGGTCCGCCTC
Digitothyrea polyglossa AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Digitothyrea divergens AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Digitothyrea divergens, juv. AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Heppia conchiloba AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCAGGCTGGTCCGCCTC
Heppia despreauxii AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCAGGCTGGTCCGCCTC
Heppia adglutinata AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCAGGCTGGTCCGCCTC
Phloeopeccania pulvinulina AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Paulia perforata AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Paulia aldabrensis AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC
Paulia caespitosa AAGTTGTTGCAGTTAAAAAGCTCGTAGTTGAACCTTGGGCCTGGCTGGCCGGTCCGCCTC

[661-720]

Peccania arizonica ACCGCGTGC-ACTGGTCCGGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Peccania coralloides ACCGCGTGC-ACTGGTCCGGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Peccania fontqueriana ACCGCGTGC-ACTGGTCCGGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Psorotichia schaeferi ACCGCGTGC-ACTGGTCCGGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Stromatella bermudana ACCGCGTGC-ACTGGTCCGGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Pyrenopsis spec. ACCGCGTGC-ACTGGTCCGGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Pterygiopsis guyanensis ACCGCGTGC-ACTGGTCCGGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Anema nummularium ACCGCGTGC-ACTGGTCCGGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Ephebe brasiliensis ACCGCGTGC-ACTGGTCCGGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Thyrea confusa ACCGCGTGC-ACTGGACCGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Thyrea pachyphylla ACCGCGTGC-ACTGGACCGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Lichinella cribellifera ACCGCGTGC-ACTGGTCCGGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Peltula radicata ACCGCGTGC-ACTGGACCGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Peltula obscurans ACCGCGTGC-ACTGGACCGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Lichinaceae gen. spec. ACCGCGTGC-ACTGGACCGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Lempholemma spec. ACCGCGTGC-ACTGGTCCGGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Psorotichia polyspora ACCGCGTGC-ACTGGTCCGGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Psorotichia murorum ACCGCGTGC-ACTGGACCGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Lichina confinis ACCGCGTGC-ACTGGACCGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Lichina pygmaea ACCGCGTGC-ACTGGACCGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Jenmania goebelii ACCGCGTGC-ACTGGACTGGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCTGCATGCCCTTCGCTGG
Digitothyrea polyglossa ACCGCGTGC-ACTGGACCGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Digitothyrea divergens ACCGCGTGC-ACTGGACCGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Digitothyrea divergens, juv. ACCGCGTGC-ACTGGACCGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Heppia conchiloba ACCGCGTGC-ACTGGTCCGGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Heppia despreauxii ACCGCGTGC-ACTGGTCCGGCCGGGCCTTTCTCCTGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG

Heppia adglutinata ACCGCGTGC-ACTGGTCGCGCCGGGCCTTTCTCCCGGGGAGCCTCATGCCCTTCACTGG
Phloeopeccania pulvinulina ACCGCGTGC-ACTGGACCCGCGGGCCTTTCTCCCGGGGAACCGCATGCCCTTCACTGG
Paulia perforata ACCGCGTGC-ACTGGACCCGCGGGCCTTTCTCCCGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Paulia aldabrensis ACCGCGTGC-ACTGGACCCGCGGGCCTTTCTCCCGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG
Paulia caespitosa ACCGCGTGC-ACTGGACCCGCGGGCCTTTCTCCCGGGGAGCCGATGCCCTTCGCTGG

[721-780]

Peccania arizonica GTGTGCC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Peccania coralloides GTGTGTC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Peccania fontqueriana GTGTGCC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Psorotichia schaeereri GTGTGCC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Stromatella bermudana GTGTGCC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Pyrenopsis spec. GCGTGCC-GGGG-ATCTGGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Pterygiopsis guyanensis GCGTGCC-GGGG-AACCGGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Anema nummularium GTGTGCC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Ephebe brasiliensis GCGTGTC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Thyrea confusa GCGTGTC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Thyrea pachyphylla GCGTGTT-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Lichinella cribbellifera GTGTGCC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Peltula radicata GTGTGCC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Peltula obscurans GTGTGCC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Lichinaceae gen. spec. GCGTGTGTCGGGATCCGGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Lempholemma spec. GCGTGCC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Psorotichia polyspora GTGTGCC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Psorotichia murorum GTGTGCC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Lichina confinis GTGTGCT-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Lichina pygmaea GTGTGCT-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Jenmania goebelii GCGTGTC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Digitothyrea polyglossa GTGTGCC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Digitothyrea divergens GTGTGCC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Digitothyrea divergens, juv. GTGTGCC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Heppia conchiloba GTGTGCTGGGG-ATCTGGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Heppia despreauxii GTGTGCTGGGG-ATCTGGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Heppia adglutinata GTGTGCT-GGGG-ATCTGGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Phloeopeccania pulvinulina GCGTGCC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Paulia perforata GTGTGCC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Paulia aldabrensis GTGTGCC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT
Paulia caespitosa GTGTGTC-GGGG-ATCCAGGACGTTTACTTTGAAAAAATTAGAGTGTTCAAAGCAGGCCT

[781-840]

Peccania arizonica ATGCTCGAATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Peccania coralloides ATGCTCGGATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Peccania fontqueriana ATGCTCGAATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Psorotichia schaeereri ATGCTCGAATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Stromatella bermudana ATGCTCGAATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Pyrenopsis spec. ATGCTCGAATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Pterygiopsis guyanensis ATGCTCGAATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Anema nummularium ATGCTCGGATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Ephebe brasiliensis ATGCTCGAATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Thyrea confusa ATGCTCGAATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Thyrea pachyphylla ATGCTCGAATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Lichinella cribbellifera ATGCTCGAATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Peltula radicata ATGCTCGAATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Peltula obscurans ATGCTCGAATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Lichinaceae gen. spec. ATGCTCGGATGCAATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Lempholemma spec. ACGCTCGGATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Psorotichia polyspora ATGCTCGGATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Psorotichia murorum ATGCTCGAATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Lichina confinis ATGCTCGGATGCGTTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Lichina pygmaea ATGCTCGGATGCGTTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Jenmania goebelii ATGCTCGAATACGTTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Digitothyrea polyglossa ATGCTCGGATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Digitothyrea divergens ATGCTCGGATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Digitothyrea divergens, juv. ATGCTCGGATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Heppia conchiloba ATGCTCGAATAGATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Heppia despreauxii ATGCTCGAATAGATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Heppia adglutinata ATGCTCGAATAGATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Phloeopeccania pulvinulina ATGCTCGGATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Paulia perforata ACGCTCGGATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Paulia aldabrensis ACGCTCGGATACATTAGCATGGAATAATAGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT
Paulia caespitosa ACGCTCGGATACATTAGCATGGAATGATGGAATAGGACGTGCGGTTCTATTTTGTGGTT

[841-900]

Peccania arizonica TCTAGGACCCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCCGGGGCATCCGTATTCAATTGTCAGA
Peccania coralloides TCTAGGACCCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCCGGGGCATCCGTATTCAATTGTCAGA
Peccania fontqueriana TCTAGGACCCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCCGGGGCATCCGTATTCAATTGTCAGA
Psorotichia schaeereri TCTGGGACCCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCCGGGGCATCCGTATTCAATTGTCAGA
Stromatella bermudana TCTAGGACCCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCCGGGGCATCCGTATTCAATTGTCAGA

Pyrenopsis spec. TCTAGGACCGTCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Pterygiopsis guyanensis TCTAGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Anema nummularium TCTAGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Ephebe brasiliensis TCTGGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Thyrea confusa TCTGGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Thyrea pachyphylla TCTGGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Lichinella cribellifera TCTAGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Peltula radicata TCTAGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Peltula obscurans TCTAGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Lichinaceae gen. spec. TCTGGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Lempholemma spec. TCTAGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Psorotichia polyspora TCTAGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Psorotichia murorum TCTGGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Lichina confinis TCTGGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Lichina pygmaea TCTGGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Jenmania goebelii TCTAGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Digitothyrea polyglossa TCTAGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Digitothyrea divergens TCTAGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Digitothyrea divergens, juv. TCTAGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Heppia conchiloba TTTGGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Heppia despreauxii TTTGGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Heppia adglutinata TTTGGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Phloeopeccania pulvinulina TCTAGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Paulia perforata TCTAGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Paulia aldabrensis TCTAGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA
Paulia caespitosa TCTAGGACCGCCGTAATGATTAATAGGGATAGTCGGGGGCATCCGTATTCAACTGTCAGA

[901-960]

Peccania arizonica GGTGAAATTTCTGGATTTATTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Peccania coralloides GGTGAAATTTCTGGATTTATTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Peccania fontqueriana GGTGAAATTTCTGGATTTATTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Psorotichia schaeferi GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Stromatella bermudana GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Pyrenopsis spec. GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Pterygiopsis guyanensis GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Anema nummularium GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Ephebe brasiliensis GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Thyrea confusa GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Thyrea pachyphylla GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Lichinella cribellifera GGTGAAATTTCTGGATTTATTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Peltula radicata GGTGAAATTTCTGGATTTATTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Peltula obscurans GGTGAAATTTCTGGATTTATTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Lichinaceae gen. spec. GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Lempholemma spec. GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Psorotichia polyspora GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Psorotichia murorum GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Lichina confinis GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Lichina pygmaea GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Jenmania goebelii GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Digitothyrea polyglossa GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Digitothyrea divergens GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Digitothyrea divergens, juv. GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Heppia conchiloba GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Heppia despreauxii GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Heppia adglutinata GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Phloeopeccania pulvinulina GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Paulia perforata GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Paulia aldabrensis GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT
Paulia caespitosa GGTGAAATTTCTGGATTTGTTTGAAGACGAACTACTGCGAAAGCATTGCGCAAGGATGTTTT

[961-1020]

Peccania arizonica TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Peccania coralloides TCATTAATCAGGGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Peccania fontqueriana TCATTAATCAGGGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Psorotichia schaeferi TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Stromatella bermudana TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Pyrenopsis spec. TCATTAATCAGGGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Pterygiopsis guyanensis TCATTAATCAGGGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Anema nummularium TCATTAATCAGGGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Ephebe brasiliensis TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Thyrea confusa TCATTAATCAGTGAACGAAATTTAGGGGATCGAAGTCGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Thyrea pachyphylla TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Lichinella cribellifera TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Peltula radicata TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Peltula obscurans TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Lichinaceae gen. spec. TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Lempholemma spec. TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Psorotichia polyspora TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA

Psorotichia murorum TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Lichina confinis TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Lichina pygmaea TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Jenmania goebelii TCATTAATCAGGGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Digitothyrea polyglossa TCATTAATCAGGGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Digitothyrea divergens TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Digitothyrea divergens, juv. TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Heppia conchiloba TCATTAATCAGGGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Heppia despreauxii TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Heppia adglutinata TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Phloeopeccania pulvinulina TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Paulia perforata TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Paulia aldabrensis TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA
Paulia caespitosa TCATTAATCAGTGAACGAAAGTTAGGGGATCGAAGACGATCAGATACCGTCGTAGTCTTA

[1021-1080]

Peccania arizonica ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTATCCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Peccania coralloides ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTATCCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Peccania fontqueriana ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTATCCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Psorotichia schaeferi ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGGTGTTACCTTTATGACCCGCTCGGCACCT
Stromatella bermudana ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTACCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Pyrenopsis spec. ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTATCCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Pterygiopsis guyanensis ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTATCCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Anema nummularium ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTATCCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Epebe brasiliensis ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTATCCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Thyrea confusa ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTATCCTTTTGACTCGBTCCGGCACCT
Thyrea pachyphylla ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTATCCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Lichinella cribellifera ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTATCCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Peltula radicata ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTATCCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Peltula obscurans ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTATCCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Lichinaceae gen. spec. ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTATCCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Lempholemma spec. ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTATCCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Psorotichia polyspora ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGGTGTTACCTTTTGACCCGCTCGGCACCT
Psorotichia murorum ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGGTGTTACCTTTATGACCCGCTCGGCACCT
Lichina confinis ACCATAAACCAATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTACCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Lichina pygmaea ACCATAAACCAATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTACCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Jenmania goebelii ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGGTGTTACCTTTTGACCCGCTCGGCACCT
Digitothyrea polyglossa ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGGTGTTACCTTTTGACCCGCTCGGCACCT
Digitothyrea divergens ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGGTGTTACCTTTTGACCCGCTCGGCACCT
Digitothyrea divergens, juv. ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGGTGTTACCTTTTGACCCGCTCGGCACCT
Heppia conchiloba ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTATTTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Heppia despreauxii ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTATCCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Heppia adglutinata ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGATGTTATCCTTTTGACTCGCTCGGCACCT
Phloeopeccania pulvinulina ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGGTGTTACCTTTTGACCCGCTCGGCACCT
Paulia perforata ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGGTGTTACCTATTTGACCCGCTCGGCACCT
Paulia aldabrensis ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGGTGTTACCTATTTGACCCGCTCGGCACCT
Paulia caespitosa ACCATAAACCATGCCGACTAGGGATCGGGCGGTGTTACCTATTTGACCCGCTCGGCACCT

[1081-1140]

Peccania arizonica TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Peccania coralloides TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Peccania fontqueriana TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Psorotichia schaeferi TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Stromatella bermudana TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Pyrenopsis spec. TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Pterygiopsis guyanensis TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Anema nummularium TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Epebe brasiliensis TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Thyrea confusa TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAATGCTGAAACTTA
Thyrea pachyphylla TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Lichinella cribellifera TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Peltula radicata TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Peltula obscurans TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Lichinaceae gen. spec. TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Lempholemma spec. TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Psorotichia polyspora TGCGA-GAAATCACAAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Psorotichia murorum TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Lichina confinis TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Lichina pygmaea TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Jenmania goebelii TGCGA-GAAATCACAAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Digitothyrea polyglossa TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Digitothyrea divergens TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Digitothyrea divergens, juv. TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Heppia conchiloba TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Heppia despreauxii TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Heppia adglutinata TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Phloeopeccania pulvinulina TACGA-GAAATCA-AAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Paulia perforata TGCGA-GAAATCACAAGTCTTTGGGTTCTGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA

Paulia aldabrensis TGCGA-GAAATCACAAAGTCTTTGGGTTCTGGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA
Paulia caespitosa TGCGAAGAAATCATAAGTCTTTGGGTTCTGGGGGGAGTATGGTCGCAAGGCTGAAACTTA

[1141-1200]

Peccania arizonica AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Peccania coralloides AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Peccania fontqueriana AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Psorotichia schaereri AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Stromatella bermudana AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCAATGGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Pyrenopsis spec. AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Pterygiopsis guyanensis AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Anema nummularium AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGAG-TGG-GACTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Ephebe brasiliensis AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Thyrea confusa AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Thyrea pachyphylla AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Lichinella cribellifera AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Peltula radicata AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Peltula obscurans AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Lichinaceae gen. spec. AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGAA-TAGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Lempholemma spec. AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACAC-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Psorotichia polyspora AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGAG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Psorotichia murorum AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Lichina confinis AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCAATGGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Lichina pygmaea AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCAATGGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Jenmania goebelii AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Digitothyrea polyglossa AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACAA-GGTG-TGGASCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Digitothyrea divergens AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACAA-GGTG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Digitothyrea divergens, juv. AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACAA-GGTG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Heppia conchiloba AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Heppia despreauxii AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Heppia adglutinata AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACCA-GGCG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Phloeopeccania pulvinulina AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACAA-GGAG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Paulia perforata AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACAA-GGAG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Paulia aldabrensis AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACAA-GGAG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC
Paulia caespitosa AAGAAATTGACGGAAGGGCACCACAA-GGAG-TGGAGCCTGCGGCTTAATTTGACTCAAC

[1201-1260]

Peccania arizonica ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Peccania coralloides ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Peccania fontqueriana ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Psorotichia schaereri ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACGATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Stromatella bermudana ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Pyrenopsis spec. ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Pterygiopsis guyanensis ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Anema nummularium ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACGATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Ephebe brasiliensis ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Thyrea confusa ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Thyrea pachyphylla ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Lichinella cribellifera ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Peltula radicata ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Peltula obscurans ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Lichinaceae gen. spec. ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Lempholemma spec. ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACGATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Psorotichia polyspora ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Psorotichia murorum ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Lichina confinis ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Lichina pygmaea ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Jenmania goebelii ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Digitothyrea polyglossa ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Digitothyrea divergens ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Digitothyrea divergens, juv. ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Heppia conchiloba ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Heppia despreauxii ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Heppia adglutinata ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACAATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Phloeopeccania pulvinulina ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACGATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Paulia perforata ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACGATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Paulia aldabrensis ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACGATAAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG
Paulia caespitosa ACGGGGAAACTCACCAGGTCCAGACACGATGAGGATTTGACAGATTGAGAGCTCTTTCTTG

[1261-1320]

Peccania arizonica AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Peccania coralloides AT-TTTGTGGGTGGTGGT-CATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Peccania fontqueriana AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATAGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Psorotichia schaereri AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Stromatella bermudana AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Pyrenopsis spec. AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Pterygiopsis guyanensis AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Anema nummularium AT-AW-GTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT

Ephebe brasiliensis AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Thyrea confusa AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Thyrea pachyphylla AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Lichinella cribellifera AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Peltula radicata AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Peltula obscurans AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Lichinaceae gen. spec. AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Lempholemma spec. AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Psorotichia polyspora AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Psorotichia murorum AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Lichina confinis AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Lichina pygmaea AT-TTTGTGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Jenmania goebelii AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Digitothyrea polyglossa AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Digitothyrea divergens AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Digitothyrea divergens, juv. AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Heppia conchiloba AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Heppia despreauxii AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Heppia adglutinata AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Phloeopeccania pulvinulina AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Paulia perforata AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT
Paulia aldabrensis AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTSTGCTTAAT
Paulia caespitosa AT-TTTGTGGGTGGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTTGGTGGAGTGATTTGTCTGCTTAAT

[1321-1380]

Peccania arizonica TNNNNNNNNNNNNNNNNNNCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-GGCTG-TCGCC
Peccania coralloides TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-GGCGGTTGCGC
Peccania fontqueriana TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-GGCTGGTCGCC
Psorotichia schaeferi TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-CGGCTGGTCGCC
Stromatella bermudana TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-CGGCGGGTCGCC
Pyrenopsis spec. TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-TGCGGCCGTCGCC
Pterygiopsis guyanensis TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-TGCGGCCGTCGCC
Anema nummularium TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-TGCGGCCGTCGCC
Ephebe brasiliensis TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-CGGCGGGTCGCC
Thyrea confusa TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-TGCGGCCGTCGCC
Thyrea pachyphylla TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-TGCGGCCGTCGCC
Lichinella cribellifera TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-GGCTGGTCGCC
Peltula radicata TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-TGCGGCCGTCGCC
Peltula obscurans TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-TGCGGCCGTCGCC
Lichinaceae gen. spec. TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-GGCTGGTCGCC
Lempholemma spec. TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-CGGCGGGTCGCC
Psorotichia polyspora TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-CGGCTGGTCGCC
Psorotichia murorum TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-CGGCGGGTCGCC
Lichina confinis TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-GGCTGGTCGCC
Lichina pygmaea TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-GGCTGGTCGCC
Jenmania goebelii TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-CGGCGGGTCGCC
Digitothyrea polyglossa TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-GGCTGGTCGCC
Digitothyrea divergens TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-GGCTGGTCGCC
Digitothyrea divergens, juv. TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-GGCTGGTCGCC
Heppia conchiloba TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-TGCGGCCGTCGCC
Heppia despreauxii TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-TGCGGCCGTCGCC
Heppia adglutinata TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-TGCGGCCGTCGCC
Phloeopeccania pulvinulina TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-TGCGGCCGTCGCC
Paulia perforata TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-CGSCGGCSCS
Paulia aldabrensis TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-CGGCGGGTCGCC
Paulia caespitosa TGCGATAACGAACGAGACCTTAACTGCTAAATAGCCCGGCCAGCCTT-CGGCGGGTCGCC

[1381-1440]

Peccania arizonica GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Peccania coralloides GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Peccania fontqueriana GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Psorotichia schaeferi GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Stromatella bermudana GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Pyrenopsis spec. GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Pterygiopsis guyanensis GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Anema nummularium GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCCAGAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Ephebe brasiliensis GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Thyrea confusa GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Thyrea pachyphylla GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Lichinella cribellifera GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Peltula radicata GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Peltula obscurans GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Lichinaceae gen. spec. GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Lempholemma spec. GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Psorotichia polyspora GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Psorotichia murorum GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Lichina confinis GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-
Lichina pygmaea GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGGAGCAATAACAGGTC-

Jenmania goebelii GGCTTCTTAGAGGGACGATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGAGGCAATAACAGGTC-
Digitothyrea polyglossa GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGAGGCAATAACAGGTC-
Digitothyrea divergens GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGAGGCAATAACAGGTC-
Digitothyrea divergens, juv. GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGAGGCAATAACAGGTC-
Heppia conchiloba GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGAGGCAATAACAGGTC-
Heppia despreauxii GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGAGGCAATAACAGGTC-
Heppia adglutinata GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGAGGCAATAACAGGTC-
Phloeopeccania pulvinulina GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGAGGCAATAACAGGTC-
Paulia perforata GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCCGGAT-GGAAGTTTGAGGCAATAACAGGTC-
Paulia aldabrensis GGCTTCTTAGAGGGACTATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGAGGCAATAACAGGTC-
Paulia caespitosa GGCTTCTTAGAGGGACGATCGGCTCAAGCC-GAT-GGAAGTTTGAGGCAATAACAGGTC-

[1441-1500]

Peccania arizonica TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGAGCCAAACAGTAC
Peccania coralloides TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGAGCCAAACAGTAC
Peccania fontqueriana TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGAGCCAAACAGTAC
Psorotichia schaeferi TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Stromatella bermudana TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Pyrenopsis spec. TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Pterygiopsis guyanensis TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Anema nummularium TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Ephebe brasiliensis TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Thyrea confusa TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Thyrea pachyphylla TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Lichinella cribellifera TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Peltula radicata TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Peltula obscurans TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Lichinaceae gen. spec. TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Lempholemma spec. TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Psorotichia polyspora TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Psorotichia murorum TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Lichina confinis TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Lichina pygmaea TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Jenmania goebelii TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Digitothyrea polyglossa TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Digitothyrea divergens TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Digitothyrea divergens, juv. TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Heppia conchiloba TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Heppia despreauxii TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Heppia adglutinata TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Phloeopeccania pulvinulina TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Paulia perforata TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Paulia aldabrensis TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC
Paulia caespitosa TGTGATGCCCTTAGATGTTCTGGGCCGCACGCGCGCTACACTGACAGGTTCAACAGTAC

[1501-1560]

Peccania arizonica ATCA-CCTTGGCCGAAGS-TTGGG-TAATCTTGTTAAACTC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Peccania coralloides ATCACCTTGGCCGAAGGTTKGGG-TAATCTTGTTAAACTC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Peccania fontqueriana ATCA-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACTC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Psorotichia schaeferi ATCA-CCTTGGCCGGAG-C-TGGGGTAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Stromatella bermudana ATCG-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Pyrenopsis spec. ACCA-CCTTGGCCGAGAG-C-TGGG-TAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Pterygiopsis guyanensis ACCG-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Anema nummularium ACCG-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Ephebe brasiliensis ACCG-CCTTGGCCGAGAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Thyrea confusa ACCG-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Thyrea pachyphylla ACCG-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Lichinella cribellifera ATCA-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACTC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Peltula radicata ATCA-CCTTGGCCGAAGG-TTGGG-TAATCTTGTTAAACTC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Peltula obscurans ATCA-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACTC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Lichinaceae gen. spec. ATCA-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-CGTCGTGC-TGGGGATA
Lempholemma spec. ATCG-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-CGTCGTGC-TGGGGATA
Psorotichia polyspora ATCA-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Psorotichia murorum ATCA-CCTTGGCCGGAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-CGTCGTGC-TGGGGATA
Lichina confinis ATCA-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Lichina pygmaea ATCA-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-CGTCGTGC-TGGGGATA
Jenmania goebelii ATCA-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-CGTCGTGC-TGGGGATA
Digitothyrea polyglossa ATCA-CCTTGGCCGGAGGCTTGGG-TGGGGTAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Digitothyrea divergens ATCA-CCTTGGCCGGAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Digitothyrea divergens, juv. ATCA-CCTTGGCCGGAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Heppia conchiloba AACG-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Heppia despreauxii AACG-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Heppia adglutinata AACG-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Phloeopeccania pulvinulina ATCA-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Paulia perforata AACG-CCTTGGCCGAAGS--TGGGGTAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Paulia aldabrensis AACG-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA
Paulia caespitosa AACG-CCTTGGCCGAAGGCTTGGG-TAATCTTGTTAAACC-TGTCGTGC-TGGGGATA

[1561-1620]

Peccania arizonica GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Peccania coralloides GAGCATT-GCAATATATTGCTCTTCAAAGCGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Peccania fontqueriana GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Psorotichia schaeferi GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTTATCAG
Stromatella bermudana GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Pyrenopsis spec. GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Pterygiopsis guyanensis GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Anema nummularium GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Ephebe brasiliensis GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Thyrea confusa GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Thyrea pachyphylla GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Lichinella cribellifera GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Peltula radicata GAGCATT-G-AA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCACCAG
Peltula obscurans GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCACCAG
Lichinaceae gen. spec. GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Lempholemma spec. GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Psorotichia polyspora GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Psorotichia murorum GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Lichina confinis GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Lichina pygmaea GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Jenmania goebelii GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Digitothyrea polyglossa GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Digitothyrea divergens GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Digitothyrea divergens, juv. GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Heppia conchiloba GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Heppia despreauxii GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Heppia adglutinata G??
Phloeopeccania pulvinulina GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Paulia perforata GAGCATTGTCACATTATTGCTCTTCAAACGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Paulia aldabrensis GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG
Paulia caespitosa GAGCATT-GCAA-TTATTGCTCTTCAA-CGAGG-AATGCCTAGTAAGCGCGAGTCATCAG

[1621-1680]

Peccania arizonica CTCGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Peccania coralloides CTCGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Peccania fontqueriana CTTGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Psorotichia schaeferi CTTGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Stromatella bermudana CTCGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Pyrenopsis spec. CTTGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Pterygiopsis guyanensis CTTGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Anema nummularium CTTGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Ephebe brasiliensis CTTGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Thyrea confusa CTTGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Thyrea pachyphylla CTTGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Lichinella cribellifera CTCGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Peltula radicata CTTGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Peltula obscurans CTTGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Lichinaceae gen. spec. CTTGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Lempholemma spec. CTCGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Psorotichia polyspora CTCGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Psorotichia murorum CTCGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Lichina confinis CTTGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Lichina pygmaea CTTGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Jenmania goebelii CTTGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Digitothyrea polyglossa CTCGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Digitothyrea divergens CTCGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Digitothyrea divergens, juv. CTCGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Heppia conchiloba CTCGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Heppia despreauxii CTCGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Heppia adglutinata ???
Phloeopeccania pulvinulina CTCG??
Paulia perforata CTCGCGTTGATTACAGTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCG-CGCTACTACCGATTGA
Paulia aldabrensis CTCGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA
Paulia caespitosa CTCGCGTTGATTAC-GTCCCTGCCCT-TTGTACACACCGCCCGTCGCTACTACCGATTGA

[1681-1740]

Peccania arizonica ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCAACGACA-CCC-GGGGCC-
Peccania coralloides ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCAACGACGCCCGGTGGCC-
Peccania fontqueriana ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCAACGACAACC- GGGGCC-
Psorotichia schaeferi ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCAACGAC-ACCC-GGGGCC-
Stromatella bermudana ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCAACGAC-ACCC-GGGGCC-
Pyrenopsis spec. ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGC-ACGAC-ACCCGGGGCC-
Pterygiopsis guyanensis ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCAACGAC-ACCC-GGGGCC-
Anema nummularium ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCAACGACGCCGCC- GGGGCC-
Ephebe brasiliensis ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCAACGAC-ACCC-GAGGCC-
Thyrea confusa ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCAACGAC-ACCC-GGGGCC-
Thyrea pachyphylla ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCAACGAC-ACCC-GGGGCC-

Lichinella cribellifera ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGACCGGCAACGGTCACCC-GGGGCC-
Peltula radicata ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCGTCAGGAGGTCGGCAACGAC-ACCC-GAGGCY-
Peltula obscurans ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCTTAGGAGCTCGGCAACGATCACCC-GAGGCC-
Lichinaceae gen. spec. ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCTTAGGAGGTCGGCAAC-AC-ACCCCGGGGCC-
Lempholemma spec. ATGGCTCAGTGAGGCTCCAGACTGGCCCCGGGAGGTTGGCAACGACCGCC-AGGGCC-
Psorotichia polyspora ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGAGACGACCACC-GGGGCC-
Psorotichia murorum ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCAACGAC-ACCC-GGGGCC-
Lichina confinis ATGGCTCAGTGAGGCTCTGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCAACGACGCACC-AGGGCC-
Lichina pygmaea ATGGCTCAGTGAGGCTCTGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCAACGACGCACC-AGGGCC-
Jenmania goebelii ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCTGGGAGGTCGGCAACGAC-GCCC-GGGGCC-
Digitothyrea polyglossa ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCGACGAC-ACCC-GGGBY-
Digitothyrea divergens ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCGACGAC-ACCC-GGGGCC-
Digitothyrea divergens, juv. ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCGACGTCACCC-GGGGCC-
Heppia conchiloba ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCGAC-AGGTCGGCAACGAC-ACCA-GTGGCT-
Heppia despreauxii ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCAACGAC-ACCA-GTGGCT-
Heppia adglutinata ???
Phloepeccania pulvinulina ???
Paulia perforata ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCAACGAC-GCCC-GGG-CY-
Paulia aldabrensis ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCAACGAC-ACCC-GGGGCC-
Paulia caespitosa ATGGCTCAGTGAGGCTCCGGACTGGCCCCAGGAGGTCGGCGACGAC-ACCC-GGGGCC-

[1741-1804]

Peccania arizonica GGGAAAGCTGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAGGT-----N
Peccania coralloides GGGAAAGTTGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAGTGAAGTAAAAGTCGTAACAAGGG-----N
Peccania fontqueriana GGGAAAGTTGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAGGTT-----N
Psorotichia schaeferi GGGAAAGTCGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-----N
Stromatella bermudana GGGAAAGTTGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAGGTTCCGTAGN
Pyrenopsis spec. GGGAAAGCTGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAA-TCGTAACAAGG-----N
Pterygiopsis guyanensis GGGAAAGCTGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-----N
Anema nummularium GGGAAAGTCGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-----N
Ephebe brasiliensis GGGAAAGTTGGTCAA-ACTTGGTCCATTTAGAG-GAAGTAAAATCGTAACAAGG-----N
Thyrea confusa GGGAAAGTCGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAG-----N
Thyrea pachyphylla GGGAAAGTCGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-----N
Lichinella cribellifera GGGAAAGCTGGTCAACACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-----N
Peltula radicata GGAAAGTTGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAA-----N
Peltula obscurans GGGAAAGTTGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-----N
Lichinaceae gen. spec. GGGAAATTGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAA-TWAAAATCGTAAAAAG-----N
Lempholemma spec. GGGAAAGCTGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAATCGTAAAAAA-----N
Psorotichia polyspora GGGAAAGTCGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-----N
Psorotichia murorum GGGAAAGTCGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-----N
Lichina confinis GGGAAAGCTGGTCAA-ACTCGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTC-----N
Lichina pygmaea GGGAAAGCTGGTCAA-ACTCGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTC-----N
Jenmania goebelii GGGAAAGTCGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-----N
Digitothyrea polyglossa GGGAAAGTCGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAGGTT-----N
Digitothyrea divergens GGGAAAGTCGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-----N
Digitothyrea divergens, juv. GGGAAAGTCGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-----N
Heppia conchiloba GGGAAAGTTGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-----N
Heppia despreauxii GGGAAAGTTGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAG-----N
Heppia adglutinata ???N
Phloepeccania pulvinulina ???N
Paulia perforata G--AAGTCGGTCAA-ACTTGGK-ATTTGAG-GSA--AAAAGTCGTAACAAGG-----N
Paulia aldabrensis GGGAAAGTCGGTCAA-ACTTGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-----N
Paulia caespitosa GGGAAAGTCGGTCAA-ACTCGGTC-ATTTAGAG-GAAGTAAAAGTCGTAACAA-----N