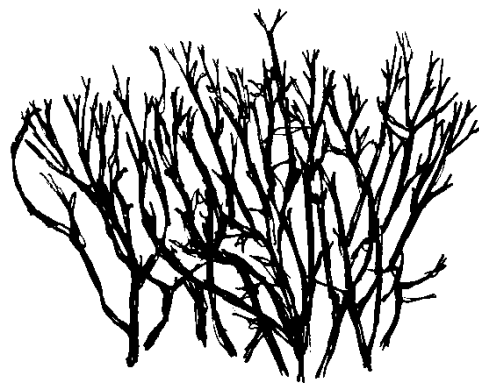


Erdflechten und ihre Gesellschaften in Nordhessen
mit besonderer Berücksichtigung der
morphologischen und genetischen Variabilität
bei *Cladonia furcata* (Hudson) Schrader

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultäten
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von
Bettina Günzl
aus Tübingen



Göttingen 2003

D 7

Referent: Prof. Dr. H. Dierschke

Korreferent: Prof. Dr. E. Bergmeier

Tag der mündlichen Prüfung: 22.01.2004

Inhaltsverzeichnis

A	Einleitung	1
1	Erdflechtenvegetation.....	1
2	Variabilität bei Cladonien.....	2
3	Zusammenfassung der Arbeitsziele.....	3
B	Das Untersuchungsgebiet	5
1	Lage der Flächen und naturräumliche Zuordnung.....	5
2	Geologie und Böden	7
3	Klima	11
4	Historische und aktuelle Nutzung der Flächen	13
4.1	Kalkmagerrasen.....	13
4.2	Zwergstrauchheiden	14
4.3	Wälder	15
4.4	Ruderalfluren.....	15
C	Charakterisierung der Art <i>Cladonia furcata</i>	16
D	Übersicht der angewandten Methoden	19
E	Vegetationskundliche und floristische Untersuchungen	20
1	Methoden	20
1.1	Auswahl und Verteilung der Aufnahmeflächen	20
1.2	Vegetationsaufnahmen und Bodenanalysen.....	21
1.3	Nomenklatur der Arten und Vegetationseinheiten	22
1.4	Tabellenarbeit	24
1.5	Syntaxonomie	25
2	Die Erdflechtengesellschaften	27
2.1	Ceratodonto-Polytrichetea piliferi	28
2.1.1	Baeomycion rosei.....	31
2.1.1.1	Dibaeetum baeomycetis	33
2.1.1.2	Lecideetum uliginosae	35
2.1.1.3	Pycnothelio-Cladonietum cervicornis und <i>Cladonia</i> cervicornis-Baeomycion rosei-Fragmentgesellschaft	36
2.1.2	Cladonion arbusculae	39
2.1.2.1	<i>Cladonia bacillaris</i> -Gesellschaft	39
2.1.2.2	Cladonietum mitis	43
2.1.2.3	<i>Cladonia furcata</i> -Cladonion arbusculae- und <i>Cladonia</i> gracilis-Cladonion arbusculae-Fragmentgesellschaft	46
2.1.2.4	Cladonietum foliaceae	48
2.1.3	Cladonion rei.....	49
2.1.3.1	<i>Cladonia floerkeana</i> -Cladonion rei- Fragmentgesellschaft	52
2.1.3.2	Cladonietum rei	53
2.1.3.3	<i>Cladonia subulata</i> -Cladonion rei-Fragmentgesellschaft	54
2.1.4	Standorte und Dynamik im Überblick	56

2.2	Toninio-Psoretea decipiens	60
2.2.1	Toninion sedifoliae	61
2.2.1.1	Toninia sedifolia-Toninion-Initialgesellschaft	64
2.2.1.2	Toninio-Psoretum decipiens	65
2.2.1.3	Cladonia symphylicarpa-Toninion-Fragmentgesellschaft	70
2.2.1.4	Peltigera rufescens-Toninion-Fragmentgesellschaft	72
2.2.2	Dominanzbestände	73
2.2.3	Standorte und Dynamik im Überblick	74
3	Die Vergesellschaftung von Cladonia furcata	77
3.1	Cladonia furcata ssp. furcata	77
3.2	Cladonia furcata ssp. subrangiformis	79
4	Einbindung der Flechtengesellschaften in die Phanerogamenvegetation	81
5	Fruchtkörperbildung	82
6	Gefährdung der Arten und Gesellschaften sowie Schutzmaßnahmen	89
6.1	Rote Liste-Arten	89
6.2	Bestandssituation der Flechtengesellschaften	91
6.3	Schutzmaßnahmen	93
6.3.1	Erdflechten in Kalkmagerrasen und auf Felsen	94
6.3.2	Erdflechten in Zwergstrauchheiden	95
6.3.3	Erdflechten in Steinbrüchen	97
6.3.4	Erdflechten in Wäldern	97
7	Zusammenfassung	98
F	Chemismus ausgewählter Cladonia-Arten	99
1	Methodik zur Identifizierung der Flechtenstoffe	99
2	Ergebnisse der Dünnschichtchromatographie	100
3	Zusammenfassung	105
G	Morphologische und anatomische Variabilität von Cladonia furcata	106
1	Methoden	106
1.1	Wuchsformen-Untersuchungen	106
1.1.1	Probenahme und untersuchte Merkmale	106
1.1.2	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	109
1.2	Verpflanzungsversuche	111
1.2.1	Standortwahl	111
1.2.2	Auswahl der Flechten-Polster und Bearbeitung der Podetien	112
1.2.3	Mikroklima-Messungen	113
2	Einführung: Varietäten und Formen	114
2.1	Cladonia furcata ssp. furcata	114
2.1.1	Die Varietät racemosa (= furcata)	114
2.1.2	Die Varietät pinnata	115
2.1.3	Die Varietät palamaea	115
2.1.4	Die Formen der Varietäten	116
2.2	Cladonia furcata ssp. subrangiformis	120
2.3	Ein kurzer Vergleich mit der Variabilität anderer Cladonia-Arten	121

3	Morphologie und morphologische Variabilität in Nordhessen	122
3.1	Allgemeine Beschreibung der Proben	122
3.2	Abhängigkeiten der morphologischen Merkmale von den Standortbedingungen	124
3.3	Abhängigkeiten und Korrelationen der morphologischen Merkmale untereinander	129
3.4	Rolle äußerer und innerer Faktoren bei der Merkmalsausbildung	132
3.5	Modifikationen	137
3.5.1	Cladonia furcata ssp. furcata	137
3.5.2	Cladonia furcata ssp. subrangiformis	139
4	Anatomische Merkmale.....	140
4.1	Podetien	141
4.2	Beschreibung der einzelnen Podetienquerschnitte	143
4.3	Schuppen am Podetium (= Phylloide) und Grundschnitten	145
5	Verpflanzungsversuche	148
5.1	Das Makroklima im Versuchszeitraum	148
5.2	Das Mikroklima an den Erdflechtenstandorten	150
5.3	Morphologische Veränderungen der Thalli und Zuwachsraten	156
5.3.1	Die Morphologie der Polster am Versuchsende	156
5.3.2	Zuwachsraten und Neubildung von Verzweigungen	157
5.3.3	Veränderungen der Podetienbündel	160
6	Zusammenfassung.....	161

H Genetische Variabilität der Bionten von Cladonia furcata und Cladonia gracilis

1	Molekularbiologische Methoden	162
1.1	Auswahl und Herkunft der Proben, DNA-Extraktion	162
1.2	Polymerase-Chain-Reaktion (PCR), Gelelektrophorese und DNA-Aufreinigung	164
1.3	DNA-Sequenzierung	165
1.4	Auswertung der Daten	166
2	Ergebnisse der ITS rDNA-Sequenzierung.....	167
2.1	ITS rDNA-Sequenzen der Mycobionten	167
2.1.1	Polymorphismen der sequenzierten ITS-Bereiche	167
2.1.2	Korrelation der ITS-Varianten mit systematischer Einstufung, Chemismus, Morphologie und Standortbedingungen	171
2.2	ITS rDNA-Sequenzen der Photobionten	172
2.2.1	Polymorphismen der sequenzierten ITS-Bereiche	172
2.2.2	Vergleich mit Photobionten-Sequenzen aus GenBank	172
2.2.3	Korrelation der ITS-Varianten mit systematischer Einstufung, Chemismus, Morphologie und Standortbedingungen	175
2.3	Kombinationen der Bionten	175
3	Diskussion	176
4	Zusammenfassung.....	179

I	Zusammenfassende Diskussion zu <i>Cladonia furcata</i>.....	181
1	Ursachen der morphologischen Erscheinungsformen der Subspezies	
	<i>furcata</i>	181
1.1	Auswirkungen des Mikroklimas	181
1.2	Gestaltveränderungen bei fortschreitender Podetienentwicklung.....	186
1.3	Modifikatorische Varianten oder phänologische Stadien	187
2	Zur Artberechtigung von <i>Cladonia subrangiformis</i>	188
2.1	Morphologische und chemische Merkmale	188
2.2	Vergesellschaftung	191
2.3	ITS rDNA-Sequenzen der Mycobionten.....	191
2.4	„subrangiformis“ – eine edaphisch bedingte Modifikation innerhalb der <i>Cladonia furcata</i> ?	192
J	Gesamtzusammenfassung.....	193
K	Summary	195
L	Literaturverzeichnis	197
M	Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	213
N	Anhang 1: Abkürzungen, Arten- und Belegliste, Tabellen	219
O	Anhang 2: Bildtafeln	233
P	Anhang 3: Vegetationstabellen.....	242

A Einleitung

1 Erdflechtenvegetation

Nordhessen stellt ein Gebiet mit hoher standörtlicher Vielfalt und einem bemerkenswerten Reichtum an seltenen und schützenswerten Biotopen dar. Stellvertretend hierfür seien die gut erhaltenen Zwergstrauchheiden sowie die Magerrasen basenreicher Standorte genannt. Die Vielfalt unterschiedlichster Biotope bietet Lebensraum für zahlreiche Pflanzen und Tiere, unter anderem auch für viele auf Erde siedelnde Flechten, die als konkurrenzschwache Doppelorganismen ganz spezielle Ansprüche an ihre Habitate stellen. Trotz des Reichtums an Erdflechten ist bis in die heutige Zeit relativ wenig über epigäische Flechten und ihre Vergesellschaftung in Nordhessen publiziert worden. Neben einigen rein lichenologischen Veröffentlichungen wurden die Flechten gelegentlich bei der Bearbeitung der Phanerogamenvegetation mit erfaßt (z.B. BULTMANN 1993, SCHMIDT 2000). Die Arbeit von KÜMMERLING (1991) ist eine der wenigen ausführlichen flechtenkundlichen Publikationen aus dem Gebiet, beschränkt sich aber auf den Hohen Meißner und sein Vorland. Vegetationsaufnahmen der Flechtengesellschaften liegen aus dem gesamten nordhessischen Raum nur in geringer Zahl vor; so berücksichtigt beispielsweise die Arbeit von PAUS (1997) einige Erdflechtenvorkommen im Meißner-Gebiet und im Waldecker Upland. In den von FOLLMANN veröffentlichten Artikeln aus den 1970er und 1980er Jahren finden sich zwar Angaben zur Flechtenvegetation, diese Schriften behandeln jedoch nur wenige, ausgewählte Flechtenarten bzw. -gesellschaften (z.B. FOLLMANN 1974/1981/1983). Eine umfassende Bearbeitung der Erdflechtengesellschaften in Nordhessen stand also bisher aus. Es bedurfte zudem einer Überprüfung, ob die vor zwanzig bis dreißig Jahren aufgenommenen Gesellschaften heute noch im selben Maße vorhanden sind wie damals, nicht zuletzt auch deshalb, weil viele Flechtenarten und -gesellschaften aktuell in ihrem Bestand gefährdet sind (s. z.B. WIRTH et al. 1996). Umfassende Kenntnisse über die derzeitigen Vorkommen sind zu ihrem Schutz dringend notwendig. Ein Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, hierfür notwendige Daten zu liefern und gleichzeitig einen Beitrag zur Kenntnis des Inventars an Flechtengesellschaften in Deutschland zu leisten. Die Erfassung und Dokumentation der Gesellschaften erfolgt anhand von Vegetationsaufnahmen. Auf Grundlage dieser Daten werden die aktuelle Gefährdungssituation der Erdflechten-Gesellschaften in Nordhessen beurteilt sowie Schutzmöglichkeiten aufgezeigt. Punktrasterkarten geben Auskunft über derzeitige Vorkommen der Bestände. Die Ergebnisse des ersten, vegetationskundlichen Teils stellen zudem die Grundlage für alle weiteren Untersuchungen der vorliegenden Arbeit dar.

2 Variabilität bei Cladonien

Die Gattung *Cladonia* spielt innerhalb der Erdflechtenvegetation eine bedeutende Rolle. Ihre Arten sind maßgeblich am Aufbau zahlreicher Gesellschaften beteiligt. Bemerkenswert ist weiterhin, daß in dieser Gattung etliche morphologisch ausgesprochen variable, epigäische Arten vorkommen. *Cladonia furcata* zählt hierzu und weist eine beeindruckende Formenvielfalt auf. Die ausgeprägte morphologische Variabilität von *Cl. furcata* offenbart sich beispielsweise bei Betrachtung der floristischen Arbeiten von ANDERS (1928), SANDSTEDE (1922/1931) oder ERICHSEN (1957). Ihre wechselnde Gestalt führte zur Beschreibung zahlreicher Varietäten und Formen, die besonders zahlreich in den Werken dieser drei Autoren zu finden sind. Viel zu wenig wurde dagegen, nicht nur bei *Cl. furcata*, der Frage nachgegangen, welches die Ursachen der Vielfalt an morphologischen Erscheinungsformen sind, wie schon SCHADE (1964) bemerkte. Als einer der wenigen hat sich SEMBDNER (1957/58) dieser Frage angenommen und die Standorteinflüsse auf die morphologische und anatomische Ausgestaltung bei *Cl. chlorophaea* (Syn. *Cl. pyxidata* ssp. *chlorophaea*) und *Cl. coniocraea* untersucht. Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit den Ursachen der morphologischen Variabilität bei *Cl. furcata* und geht dabei über die bisherigen, eher beschreibenden Arbeiten (z.B. SCHADE 1964) hinaus. Anhand statistisch abgesicherter Daten werden Aussagen über die Abhängigkeit der verschiedenen morphologischen Merkmale von Standortfaktoren bzw. vom Entwicklungszustand der Cladonie gemacht. Ergänzend wird mit einem Verpflanzungsversuch die Anpassungsfähigkeit der Art an sich verändernde Umgebungsbedingungen sowie der Einfluß der Standortfaktoren auf den Podetienzuwachs bestimmt.

Variabilität kann nicht nur die äußerliche Gestalt einer Flechte, sondern auch ihre Inhaltsstoffe (Flechtensäuren) betreffen. Ebenfalls von großem Interesse ist daher die Frage, ob ein Zusammenhang zwischen der Morphologie und den Flechtensäuren, d.h. verschiedenen Chemotypen einer Art besteht. CHRISTENSEN (1987) untersuchte die morphologische und chemische Variabilität beim *Cladonia macilenta/bacillaris*-Aggregat und stellte fest, daß das Auftreten von Thamnolsäure nicht mit irgendwelchen morphologischen Mustern korreliert. Mit dem Zusammenhang zwischen morphologischen und chemischen Merkmalen bei *Cl. [pyxidata ssp.] chlorophaea* bzw. dem *Cl. chlorophaea*-Komplex befaßten sich AHTI (1966) und DEPRIEST (1993). Während AHTI abschließend bemerkt, die „chemical species“ innerhalb des *Cl. chlorophaea*-Komplexes besäßen einige spezifische morphologische Merkmale, kommt DEPRIEST zu einem ähnlichen Ergebnis wie CHRISTENSEN: Es können zwar morphologische Tendenzen für die Chemotypen ausgemacht werden, die Morphologie kann aber nicht verwendet werden, um auf den Chemotyp zu schließen. Innerhalb von *Cl. furcata* sind ebenfalls verschiedene Chemotypen bekannt (s. z.B. BARENDREGT et al. 1982 und PAUS 1997). Die Unterteilung der Art in zwei Unterarten erfolgt u.a. aufgrund des Vorhandenseins oder Fehlens der Flechtensäure Atranorin (s. WIRTH 1995). Aus diesem Grunde wird in der vorliegenden Untersuchung auch der Chemismus von *Cl. furcata* im Untersuchungsgebiet betrachtet und nach Chemotypen sowie Korrelationen

derselben mit morphologischen und, wie nachfolgend aufgeführt, molekularen Merkmalen gesucht. Die dünnschichtchromatographischen Untersuchungen leisten darüber hinaus einen Beitrag zur Kenntnis und Verbreitung der Chemotypen von weiteren, ebenfalls bearbeiteten Arten der Gattung *Cladonia*.

Der letzte Abschnitt dieser Arbeit widmet sich der Variabilität von *Cladonia furcata* s.l auf molekularer Ebene. Umfangreiche Untersuchung zur genetischen Variabilität einer Flechtenart auf der Basis von DNA-Sequenzen publizierten erstmals ZOLLER et al. (1999). Sie stellten bei der Blattflechte *Lobaria pulmonaria* eine Variabilität innerhalb des ITS 1 der ribosomalen DNA fest. Die ITS rDNA-Sequenzierung wird bei Flechten erst seit wenigen Jahren, vorwiegend für systematische Zwecke angewandt (z.B. STENROOS et al. 2002). In der vorliegenden Arbeit tauchen beide Zielsetzungen auf. Zum einen soll mit Hilfe dieser Methode nach intraspezifischer Variabilität bei *Cl. furcata* gesucht werden, von der, ebenso wie von anderen Cladonien, bislang nur wenige ITS-Sequenzen bekannt sind (PIERCEY-NORMORE & DEPRIEST 2001, STENROOS et al. 2002). Zum anderen tragen die molekularbiologischen Untersuchungen zur Klärung der Frage bei, ob es gerechtfertigt ist, *Cl. [furcata ssp.] subrangiformis* in den Rang einer eigenen Art zu heben. Dies ist in einigen floristischen Arbeiten der Fall (s. Kap. G2.2). Es werden hierbei sowohl die Mycobionten, als auch die Photobionten untersucht. Um mögliche Zusammenhänge zwischen molekularen und morphologischen Merkmalen aufzudecken, wurden Thalli verschiedener Gestalttypen ausgewählt. Zum Vergleich wurden solche Exemplare von *Cl. gracilis* ebenfalls bearbeitet, die morphologisch der *Cl. furcata* ähnlich sehen. Die Flechtenthalli entstammen dabei nicht weit voneinander entfernt liegenden Regionen (wie z.B. bei STENROOS et al. 2002) sondern einem einzigen, mitteleuropäischen Untersuchungsraum und belegen somit die Variabilität innerhalb einer geographisch wenig ausgedehnten Region.

3 Zusammenfassung der Arbeitsziele

Anhand der in Kap. A1 und A2 aufgeführten Themen lassen sich folgende Fragestellungen formulieren, die jeweils in getrennten Kapiteln behandelt werden (s. Abb. 1):

1. Welche Erdflechtengesellschaften sind aktuell im Untersuchungsgebiet vorhanden? Wie ist ihre Bestandssituation und was kann zu ihrem Schutz getan werden? (Kapitel E)

- Bestandsaufnahme und Dokumentation der Erdflechtenvegetation in Nordhessen
- Die Vergesellschaftung der Strauchflechte *Cladonia furcata*
- Darstellung der aktuellen Gefährdungssituation der Arten und Gesellschaften sowie Erarbeiten von Vorschlägen geeigneter Schutzmaßnahmen.
- Klärung der Frage, ob sich bei einigen ausgewählten Erdflechten Abhängigkeiten bei der Fruchtkörperbildung von der Gesellschaft bzw. vom Standort erkennen lassen.

2. Welche Chemotypen treten bei *Cladonia furcata* und weiteren Cladonien im Untersuchungsgebiet auf? (Kapitel F)

3. **Wie variabel sind verschiedene morphologische (und anatomische) Merkmale bei *Cladonia furcata* ssp. *furcata* und wodurch werden sie hauptsächlich beeinflusst? (Kapitel G)**
4. **Wie paßt sich *Cladonia furcata* ssp. *furcata* an sich verändernde Standortbedingungen an (Verpflanzungsversuch)? (Kapitel G)**
5. **Die genetische Variabilität der Bionten von *Cladonia furcata* und *Cl. gracilis* (Kapitel H):**
 - Vergleich der ITS rDNA-Sequenzen beider Unterarten von *Cl. furcata*: Zeigen die Sequenzen Unterschiede, die gegen eine Einstufung als Unterarten und für eine Abtrennung als eigene Arten sprechen?
 - Korrelieren die morphologischen Erscheinungsformen bzw. eventuell auftretende Chemotypen mit molekularen Merkmalen?
 - Sind bei *Cl. furcata* standortabhängige ITS-Varianten nachweisbar?
 - Welche Photobionten treten als Symbionten in den beiden *Cladonia*-Arten auf?
 - Zeigen sich bei der Photobionten-Wahl Abhängigkeiten von der Mycobionten-ITS-Variante, vom Standort oder von der Morphologie?

Die verschiedenen Teile der Arbeit bieten letztlich die Möglichkeit, in einer zusammenfassenden Diskussion (Kap. I) die Untergliederung von *Cladonia furcata* sowie die Artberechtigung von *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* von verschiedenen Seiten zu beleuchten. Diskussionen, die sich nur mit einem Themenbereich befassen, also etwa mit den Gesellschaften oder der genetischen Variabilität, werden in den jeweiligen Kapiteln aufgeführt.

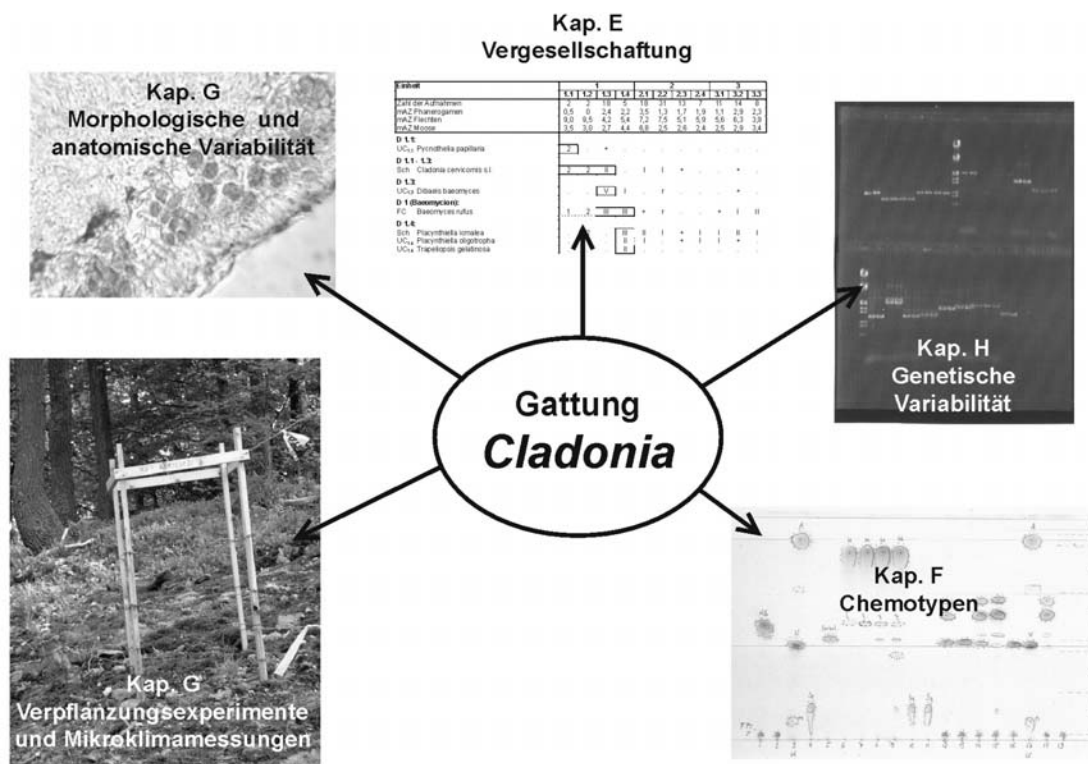


Abb. 1: Schematische Darstellung der Gliederung der Arbeit.

B Das Untersuchungsgebiet

1 Lage der Flächen und naturräumliche Zuordnung

Die untersuchten Aufnahmegebiete liegen im nordhessischen Regierungsbezirk Kassel. Das Untersuchungsgebiet (UG) erstreckt sich über dessen 5 nördliche Landkreise. Dies sind die Landkreise Waldeck-Frankenberg und Kassel, der Schwalm-Eder-Kreis, der Werra-Meißner-Kreis sowie der Landkreis Hersfeld-Rotenburg (Abb. 2 und

Abb. 3). Der Regierungsbezirk Kassel umfaßt zahlreiche Naturräumliche Haupteinheiten (s. KLAUSING 1988), von denen im Folgenden nur die für die vorliegenden Untersuchungen interessanten, da an Erdflechtenvorkommen besonders reichen, genannt werden sollen:

332 Ostsauerländer Gebirgsrand	357 Fulda-Werra-Bergland
333 Hochsauerland	358 Unteres Werraland
342 Habichtswälder Bergland	361 Oberwälder Land
343 Westhessische Senke	370 Solling, Bramwald und Reinhardswald
344 Kellerwald	

Bearbeitungsschwerpunkte liegen im Fulda-Werra-Bergland, im Unteren Werraland, im Kellerwald (Edersee-Gebiet) sowie im Hochsauerland (Waldecker Upland). Im Rahmen einer lichenologischen Exkursion der Bryologisch-Lichenologischen AG Mitteleuropa (BLAM) im Frühjahr 2001 konnte zudem das Gladenbacher Bergland (naturräumliche Einheit 320) besucht und in die Untersuchungen mit aufgenommen werden.

Innerhalb dieser Naturräume wurden zahlreiche Orte besichtigt; an insgesamt 70 fanden sich für die Untersuchungen geeignete Erdflechtenbestände (s. Tab. 57 im Anhang 1). Die häufigsten Biotoptypen, in denen dort Erdflechten auftreten, sind Kalkmagerrasen, Zwergstrauchheiden, Wälder trockenwarmer, kalkarmer Standorte sowie Ruderalfluren, deren aktuelle und historische Nutzung in Kap. B4 beschrieben wird.

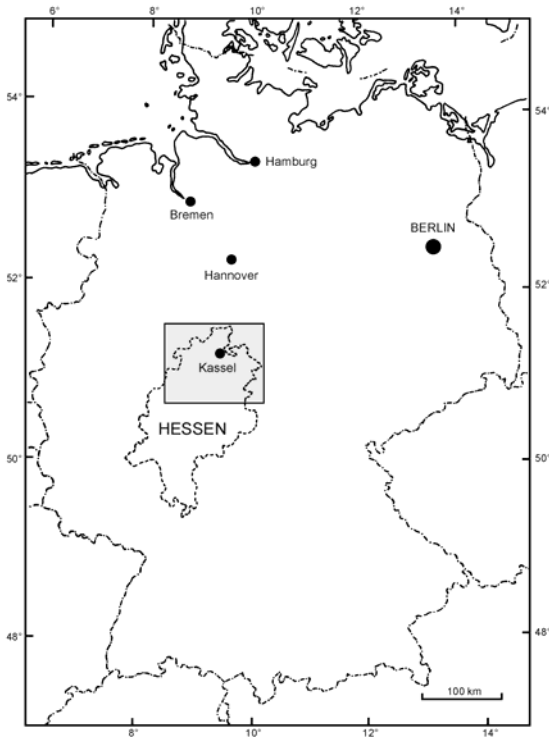


Abb. 2: Lage des Untersuchungsgebietes.

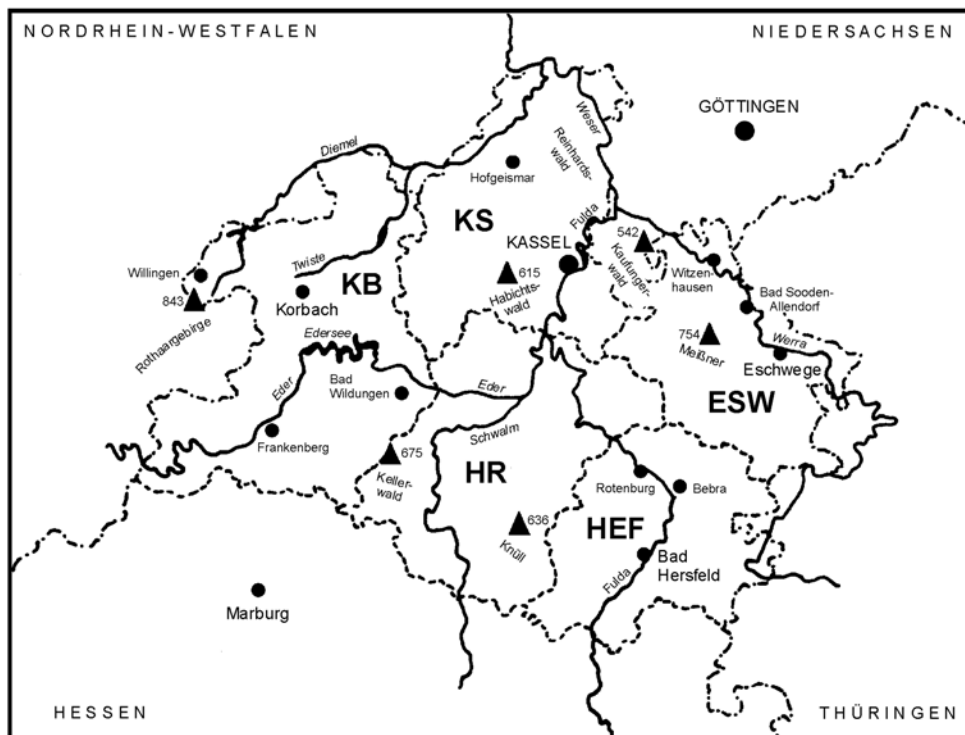


Abb. 3: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes mit den bearbeiteten Landkreisen: KS = Landkreis Kassel, ESW = Werra-Meißner-Kreis, HEF = Landkreis Hersfeld-Rotenburg, HR = Schwalm-Eder-Kreis, KB = Landkreis Waldeck-Frankenberg.

2 Geologie und Böden

Die Angaben zur Geologie des Untersuchungsgebietes sind, soweit nicht anders vermerkt, aus den Geologischen Übersichtskarten 1:200 000 Bundesrepublik Deutschland, CC 5518 (Blatt Fulda) und CC 4718 (Blatt Kassel) entnommen.

Die Geologie des Untersuchungsgebietes ist ausgesprochen vielfältig (s. Abb. 4). Die erdgeschichtlich ältesten Gesteine an den bearbeiteten Erdflechten-Standorten stammen aus dem Erdaltertum (Paläozoikum). Sie treten vor allem im südwestlichen Teil Nordhessens an der Oberfläche zutage, und zwar in den nordöstlichen Ausläufern des Rheinischen Schiefergebirges, welches den Kellerwald und das Waldecker Upland mit einschließt (DIEDERICH 1991). Während das Rheinische Schiefergebirge insgesamt hauptsächlich von devonischen Gesteinen aufgebaut wird, dominieren in dem zum Untersuchungsgebiet gehörenden Teil Tonschiefer und Grauwacken des Unterkarbon, auch bezeichnet als Kulmtonschiefer und Kulmgrauwacke (LOTZ 1995). Diese sind beispielsweise an den Steilhängen des Edersees, im Battenfelder Driescher und in Teilen des Waldecker Uplands anzutreffen. Westlich von Bad Wildungen sowie in anderen Bereichen des Waldecker Uplands (z.B. bei Usseln) kommen dagegen devonische Gesteine (Tonschiefer etc.) vor (s. auch KRAUSSE 1971).

Im Nordosten des Untersuchungsgebietes treten im Unterwerra-Sattel (s.u.) ebenfalls paläozoische Gesteine auf. Es handelt sich dabei vor allem um devonische Grauwacken (Werra-Grauwacke, s. RITZKOWSKI 1978). Darüber hinaus ist auch das Diabas-Vorkommen am Bilstein im Höllental bei Albungen im Devon entstanden.

Der Unterwerra-Sattel zwischen Witzenhausen und Eschwege stellt eine Zechstein-Aufwölbung dar. Der Zechstein liegt dort direkt auf devonischen Gesteinen des Grundgebirges, die stellenweise an die Oberfläche treten (HENNINGSEN & KATZUNG 1998). Beispiele für dortige Lokalitäten auf Grauwacke sind die Traubeneichenwälder am Roßkopf und am Klepperberg sowie im Dohlsbachtal. Etwas südlich von Witzenhausen befindet sich im Zechstein-Gebiet das mächtigste Vorkommen an Alabaster in Deutschland. Er wird im Steinbruch bei Hundelshausen abgebaut (LOTZ 1995). Dieses Gebiet am Gottesberg wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen ebenso bearbeitet wie weitere Lokalitäten auf Zechstein im Unterwerra-Sattel, da sie reich an Erdflechten sind. Stratigraphisch läßt sich der Zechstein nach RICHTER-BERNBURG (1955) in 4 saline Serien (Z 1 - Z 4) unterteilen. Auf Werra-Anhydrit (Werra-Serie Z 1), der oberflächlich als Gips vorliegt, finden sich Erdflechten z.B. im NSG „Jestädter Weinberg“ oder im NSG „Kripplöcher und Hielöcher“ bei Frankershausen; in beiden Gebieten siedeln Flechten auch über Dolomit. Die Erdfälle der Kripp- und Hielöcher sind auf die Lösung des Gipses zurückzuführen (s. RITZKOWSKI 1978). Felsen aus dem verwitterungsresistenteren Dolomit ragen an vielen Stellen aus den Magerrasen auf. Die größte Verbreitung im Zechstein-Ausstrich des Unterwerra-Sattels besitzt der Hauptdolomit (Stassfurt-Serie Z 2). Er ist dort zugleich der wichtigste Klippenbildner. Die Flechtenvorkommen in den Steinbrüchen

„Steinröllchen“ bei Oberhone siedeln auf Standorten mit Hauptanhydrit (Leine-Serie Z 3, s. RITZKOWSKI 1978).

Weiterhin finden sich Gesteine des Zechstein in dem südlich des Unterwerra-Sattels gelegenen Richelsdorfer Gebirge, das unter den Zechsteinschichten auch Rotliegendes aufweist (HENNINGSEN & KATZUNG 1998). Die Zechstein-Aufwölbung des Richelsdorfer Gebirges quert zwischen Heinebach und Rotenburg an der Fulda deren Tal (LOTZ 1995). In zahlreichen Steinbrüchen wurden und werden dort die Gipsvorkommen abgebaut. Im ehemaligen Gips-Steinbruch bei Heinebach sind einige Vegetationsaufnahmen dieser Arbeit entstanden. Nicht zuletzt kommen auch am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges Gesteine des Zechstein vor, wo das Devon und Unterkarbon von einem schmalen Saum Zechstein-zeitlicher Schichten bedeckt wird (HENNINGSEN & KATZUNG 1998).

Größtenteils wird der geologische Untergrund des Untersuchungsgebietes jedoch nicht von paläozoischen, sondern von Trias-Gesteinen gebildet. Vor allem der Buntsandstein nimmt große Flächen ein und formt Höhenzüge wie den Reinhardswald und den südlich davon gelegenen Kaufunger Wald. Das nordhessische Buntsandsteingebiet grenzt im Westen an das Rheinische Schiefergebirge und erstreckt sich bis an die östliche Landesgrenze. Es wird nur durch die Niederhessische Senke unterbrochen. Das osthessische Buntsandsteingebiet reicht im Süden von Vorderrhön, Hoher Rhön, Fulda-Bergland einschließlich Knüll-Hochland, Richelsdorfer Gebirge, Ringgau und Sontraer Hügelland bis zum Meißner und dem unteren Werratal (DIEDERICH 1991). Größtenteils ist es der Mittlere Buntsandstein, der an der Oberfläche ansteht und sowohl den Reinhardswald als auch den Kaufunger Wald aufbaut. Als Beispiele für Erdflechten-Standorte auf Mittlerem Buntsandstein seien der Grenzstreifen bei der Burg Hanstein, die Heide „Steinbülz“ bei Hombressen (am Westrand des Reinhardswaldes), die Termenei bei Wilhelmshausen (südlicher Reinhardswald) und die Flächen im Niestetal (Kaufunger Wald) genannt. Auch am Osthang des Hohen Meißners steht der Mittlere Buntsandstein an.

Gesteine der Muschelkalkzeit treten im Untersuchungsgebiet flächenhaft, z.B. im Ringgau und an der Diemel auf (s. RITZKOWSKI 1978 u. Geologische Übersichtskarten 1:200 000 CC 5518/CC 4718). Außerdem durchziehen drei tektonische Gräben mit Muschelkalkgesteinen das Untersuchungsgebiet. Der Altmorschen-Lichtenauer Graben zieht von Witzenhausen nach Süd-Südwest. Weitere Gräben mit Muschelkalkresten verlaufen zum einen in west-nordwestlicher Richtung über Kassel und zum anderen von Warburg an der Diemel in südlicher Richtung (LOTZ 1995). In der Regel steht als Ausgangsgestein auf den untersuchten Muschelkalk-Flächen der Untere Muschelkalk an (Bsp. Schäferburg (Graburg), NSG „Bühlchen bei Weißenbach“, Sommerberg und Papenbreite bei Sielen, Dörnberg, NSG „Hohekopf bei Epterode“, NSG „Festberg bei Philipppenthal“). Ausnahmen mit Oberem Muschelkalk stellen der Heiligenberg (NSG „Meißner“) und der Eisenberg bei Walburg dar.

Zwischen Alsfeld im Süden und Kassel im Norden erstreckt sich die bis zu 18 km breite Niederhessische Senke. Geologisch handelt es sich um einen Senkungsraum, in dem oberflächennah meist tertiäre Sedimente oder tertiäre Basalte anstehen (DIEDERICH

1991). Sie zählt zu einer Kette von einzelnen Senken, die mit Tertiären Lockersedimenten gefüllt sind und sich vom nordöstlichen Ende des Oberrhein-Grabens durch Hessen und Südniedersachsen bis etwa an den Westrand des Harzes erstrecken. Die sandig-tonigen Schichten in vielen dieser Tertiärbecken enthalten Braunkohle-Flöze (HENNINGSEN & KATZUNG 1998). So auch in der ehemaligen Zeche Glimmerode, in der bis etwa Ende der 60er Jahre des letzten Jahrhunderts untertage Bergbau betrieben wurde (s. BROSIUS 1959, BAIER mündl.). Die obereozänen bis mitteloligozänen Sedimentfolgen der Glimmeröder Tertiärmulde schlossen nach BROSIUS (1959) 5 Braunkohleflöze ein, die z.T. in Abbau standen. Heute bestimmt ein See das Bild der Mulde. Die Erdflechten siedeln an den Seeufnern und an abgerutschten Hängen sowohl über sandigen als auch über tonigen Sedimenten, stellenweise treten auch Braunkohlehaltige Substrate an der Oberfläche auf. Das stärkste Flöz in Hessen hatte jedoch der Hohe Meißner. Es war 50 m mächtig und ist rund 400 Jahre lang abgebaut worden. Die Vorräte sind nun fast erschöpft (LOTZ 1995). Zurück bleiben großflächige Abraumhalden, beispielsweise an der Kalbe, die ihrerseits wiederum Flechtenstandorte darstellen können.

Während der Tertiärzeit waren in der Niederhessischen Senke, wie auch im Vogelsberg und in der Rhön, Vulkane aktiv. Die vulkanischen Basalte sind widerstandsfähiger gegen Erosion und Abtragung als die sie umgebenden Sande und Tone. Die Reste der Vulkane blieben daher bis heute erhalten und prägen die Landschaft der Niederhessischen Senke (s. auch HLUG 2001). Beispiele solcher Basaltvorkommen im Untersuchungsgebiet sind der Habichtswald mit dem angrenzenden Dörnberg und den Helfensteinen sowie die Gudensberger Basaltkuppen.

An der Kreuzung zweier Gräben drangen im Tertiär auch die Basaltmassen des Hohen Meißners empor. Sie waren ursprünglich in eine tertiäre Senke geflossen. Durch die Verwitterung der tertiären Tone und Sande wurde später der Basalt herauspräpariert, so daß hier eine Reliefumkehr stattgefunden hat. Die Gesteine am Westrand des Meißners sanken an einer Verwerfung um etwa 160 m gegenüber dem Meißner-Plateau ab. Die oben erwähnten beachtlichen Braunkohle-Vorkommen lagerten unter dem bis zu 90 m mächtigen Basalt (LOTZ 1995). Die Klimabedingungen des Pleistozäns führten zu einer intensiven Hangschuttbildung, es entstanden Blockmeere, Blockwülste und Schuttdecken mit wechselndem Basaltanteil (MÖLLER 1989). Diese Blockhalden, z.B. an der Petersruh oder Kalbe, stellen heute Lebensraum für viele seltene Flechtenarten dar.

Die Blaue Kuppe bei Eschwege ist im Tertiär im Zusammenhang mit der in NW-SO-Richtung durch den Ringau verlaufenden Fortsetzung des Kasseler Grabens entstanden. Sie ist ein im Buntsandstein stecken gebliebener Basaltpfropf aus alkalibasaltischem Gestein (LOTZ 1995 und Geolog. Übersichtskarte).

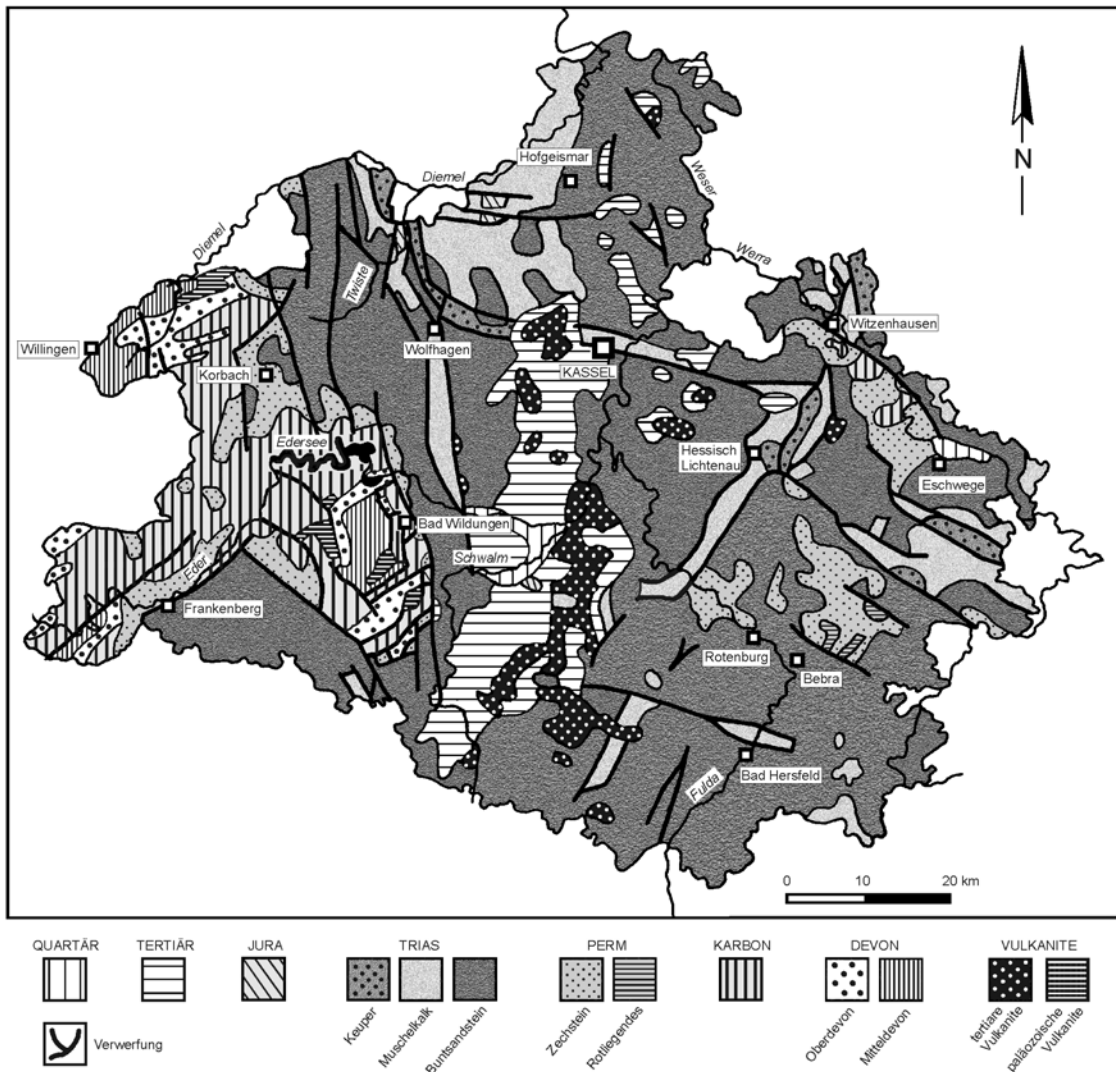


Abb. 4: Geologische Übersichtskarte von Nordhessen (Quelle: Landschaftsrahmenplan Nordhessen 2000 unter: <http://www.rp-kassel.de/themen/naturschutz/lrp2000/index.htm>. Ausschnittsbearbeitung durch RP Kassel auf Grundlage von: HESS. LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (1989) GÜK 1:300 000 vereinf. in 1:2 000 000).

Die kleinräumige Vielfalt der Böden an Erdflechtenstandorten ist vor allem durch Gesteins- und Reliefunterschiede bedingt. So treten in steileren Kuppen- und Hanglagen neben Fels-Rohböden, über silikatischem Festgestein auch Bodengesellschaften aus Rankern und sauren Braunerden auf, während auf carbonat- und gipshaltigen Gesteinen Rendzinen mit wenig oder nicht versauerten Braunerden vergesellschaftet sind (KUNTZE et al. 1994). Bei den Böden an den Erdflechtenstandorten handelt es sich im Untersuchungsgebiet vielerorts um Rohböden (Syroseme), vor allem über Gips, Dolomit und Muschelkalk sowie um Rendzinen bzw. Ranker. Sofern andere Bodentypen auftreten, z.B. Braunerden bzw. podsolige Braunerden, ist nicht selten aus unterschiedlichen Gründen der Ah-Horizont teilweise oder überwiegend abgetragen. In einigen wenigen Heidegebieten ist dies stellenweise eine Folge des Abplaggen. Weiterhin sind in diesem Zusammenhang Humusansammlungen in den Gesteinsspalten der Blockhalden zu nennen, die ebenfalls von Erdflechten besiedelt werden.

3 Klima

Im Untersuchungsgebiet zeigen sich starke Unterschiede bezüglich des mittleren Jahresniederschlages (s. Abb. 5 und Abb. 6). Die höchsten Niederschlagsmengen mit bis über 1200 mm weist das Waldecker Upland bei Willingen und Usseln auf. Ebenfalls regenreich ist der Hohe Meißner mit über 950 mm, der Kaufunger Wald mit bis über 900 mm sowie Reinhardswald, Knüllgebirge, Wildunger Bergland und Kellerwald mit bis über 850 mm. Die an der Westgrenze des Untersuchungsgebietes hohen Niederschläge sinken Richtung Korbach bereits auf unter 700 mm ab. Den geringsten mittleren Jahresniederschlag von unter 600 mm weisen die Niederhessische Senke, die Region um Eschwege sowie das Gebiet um Volkmarsen an der Diemel auf. Auch im Edersee-Gebiet und im Fuldataal oberhalb Rotenburg werden durchschnittlich nicht mehr als 650 mm Jahresniederschlag gemessen. Das Niederschlagsmaximum liegt im Juni/Juli, das Niederschlagsminimum im Februar. Eine Ausnahme liefert die Station Kahler Asten im Rothaargebirge (s. Abb. 5). Dort wird das Niederschlagsmaximum im Dezember und Januar, das Minimum im Mai erreicht (DT. WETTERDIENST IN DER US-ZONE 1950, MÜHR 2002/2003).

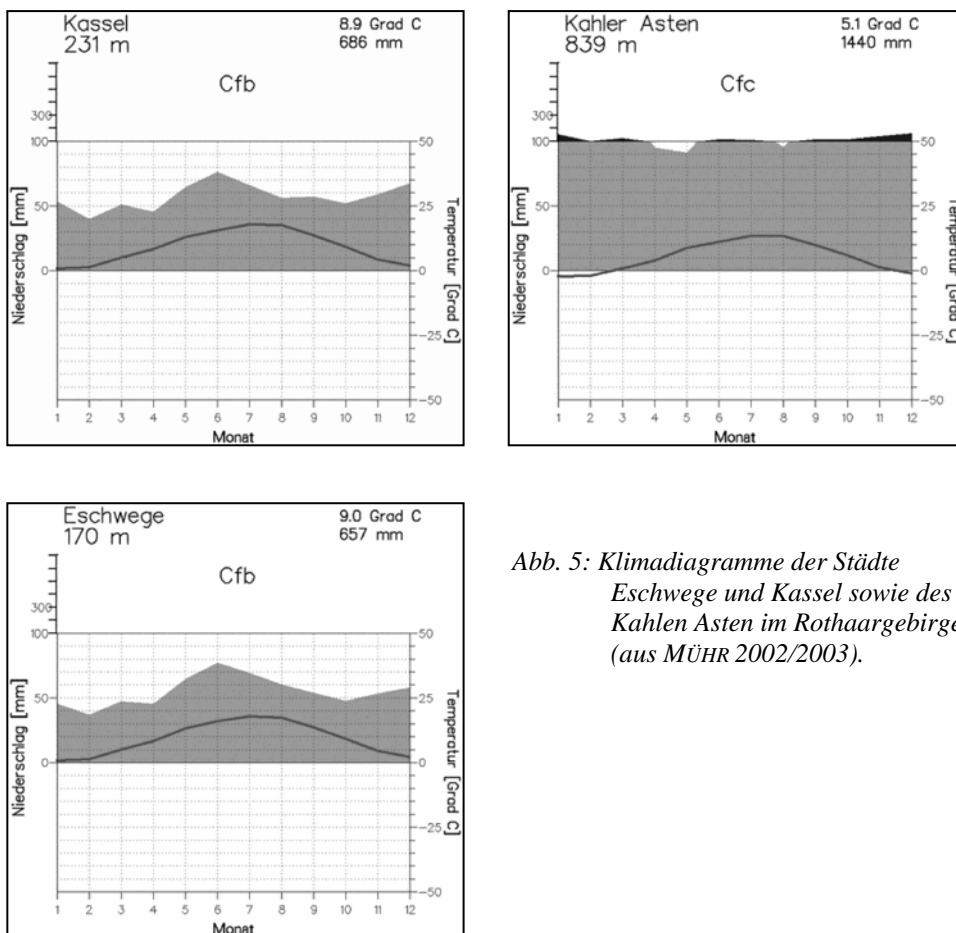


Abb. 5: Klimadiagramme der Städte Eschwege und Kassel sowie des Kahler Asten im Rothaargebirge (aus MÜHR 2002/2003).

Der Einfluß der Berglagen auf das Umland wird besonders im Vorland des Hohen Meißners deutlich. Dort zeigen sich je nach Lage der Flächen auffallende klimatische Unterschiede. Im westlichen Meißner-Vorland treten aufgrund der vorherrschenden Westwetterlagen und der größeren Meereshöhe 800 bis 900 mm Jahresniederschlag und eine Jahresmittel-Temperatur von 6-8 °C auf (kühleres, niederschlagsreicheres Berglandklima). Im östlichen Vorland, im Regenschatten des Hohen Meißners, fallen dagegen nur 550 bis 750 mm Jahresniederschlag; die dortige Jahresmittel-Temperatur beträgt 7-9 °C, es herrscht ein trocken-warmes Hügelklima (BRÜHL & HEGER 1989, DT. WETTERDIENST IN DER US-ZONE 1950, HEINTZE 1966). Die mittlere Jahresschwankung der Lufttemperatur liegt im Untersuchungsgebiet bei 16,0 bis 17,5 °C. Den niedrigsten Wert weisen die kühlen Berglagen des Waldecker Uplandes mit lediglich 15,5 °C Jahresschwankung auf (DT. WETTERDIENST IN DER US-ZONE 1950).

Die Hauptwindrichtungen in Nordhessen sind über das Jahr betrachtet Südwest und Nordwest. Im Juni herrschen an den Stationen Mengerlinghausen und Kassel Nordwest-Winde vor, im Dezember überwiegen Winde aus Südwesten bzw. Süden (DT. WETTERDIENST IN DER US-ZONE 1950).

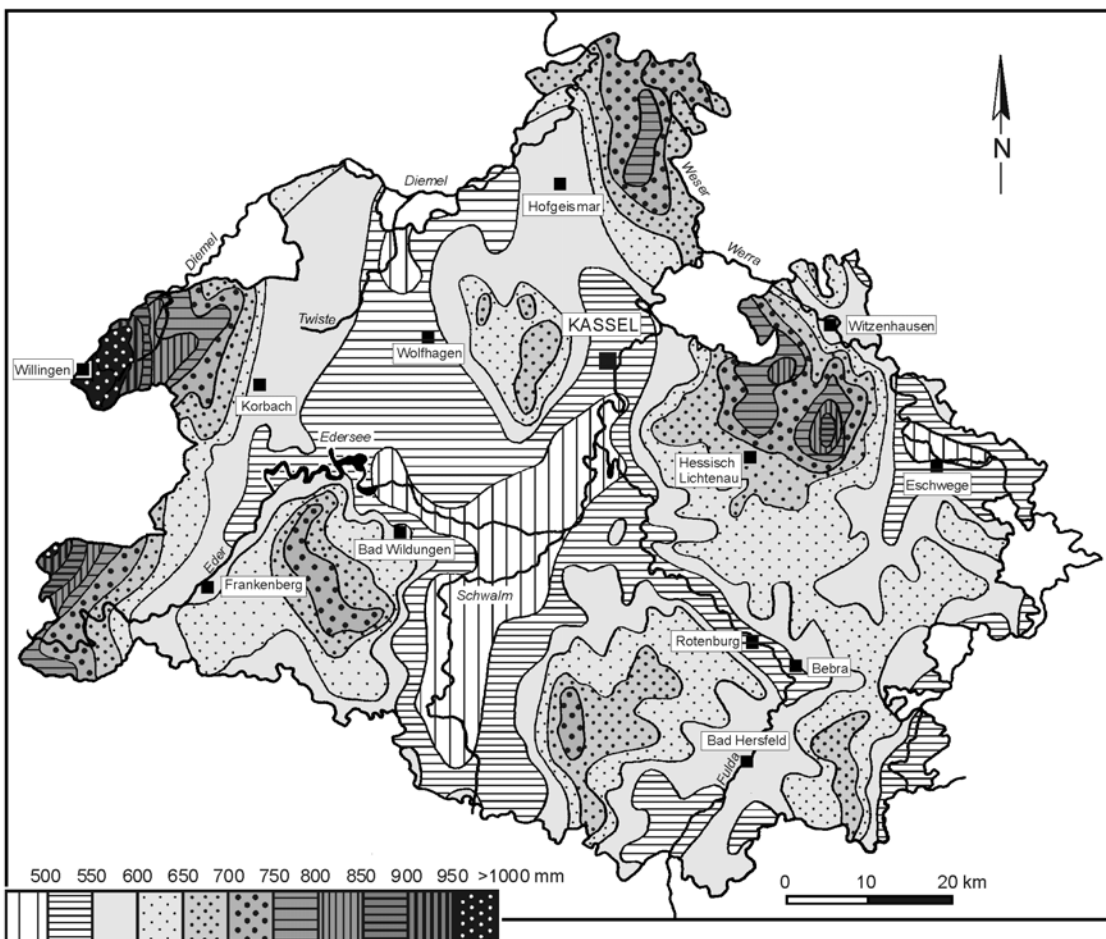


Abb. 6: Mittlere Niederschlagshöhen im Regierungsbezirk Kassel (1931-1960). (Quelle: Landschaftsrahmenplan Nordhessen 2000 unter: <http://www.rp-kassel.de/themen/naturschutz/lrp2000/index.htm>. Ausschnittsbearbeitung durch RP Kassel auf Grundlage von: KALB & VENT-SCHMIDT (1981)).

Von großer Bedeutung für die Kryptogamen sind, neben dem Makroklima, auch die jeweiligen mikroklimatischen Verhältnisse. Besonders die Grenz- und Extremwerte sowie der zeitliche Verlauf des Mikroklimas während des Tages spielen eine große Rolle, z.B. wann der Thallus austrocknet oder welche Thallustemperaturen bei einem noch feuchten Thallus auftreten (SCHÖLLER 1991). Bei der Beschreibung der Vegetationstypen (Kap. E2) werden daher mikroklimatische Faktoren wie Feuchtigkeits- und Lichtverhältnisse jeweils kurz erwähnt. Darüber hinaus wurden an exemplarisch ausgewählten Standorten Mikroklima-Messungen durchgeführt (s. Kap. G5.2).

4 Historische und aktuelle Nutzung der Flächen

4.1 Kalkmagerrasen

Die Kalkmagerrasen des Untersuchungsgebietes sind hauptsächlich seit dem Mittelalter als Schafweiden entstanden. Die Schafzucht in Hessen erreichte ihren Höchststand in der zweiten Hälfte des 18ten Jahrhunderts, die beweideten Flächen hatten in diesem Zeitraum daher ihre größte Ausdehnung. Mit dem Verfall des Wollpreises ging die Schäferei danach immer weiter zurück (WILKE 1996). Den Schilderungen von PFUHL (1935) zufolge fand jedoch beispielsweise im Gebiet Östliches Westfalen und Lippe, nahe der Trendelburger Kalkmagerrasen, noch in den 1930er Jahren Schafhaltung in größeren Betrieben in bedeutendem Umfang statt. Im Gebiet um Frankershausen blieb diese Bewirtschaftungsweise ebenso wie am Dörnberg, am Festberg bei Philippinental und in der Region Ellingerode-Rückerode bis nach dem Zweiten Weltkrieg erhalten, wurde dann aber in den 1950er Jahren mehr und mehr aufgegeben (GLAVAC et al. 1979, VON DER HEIDE 1984, LENARDUZZI 1999a/b, AUGE 2000, NITSCHKE & NITSCHKE 2003). HAKES (1987) gibt für die Halbtrockenrasen in der Umgebung von Kassel als Periode zunehmender Extensivierung den Zeitraum zwischen 1950 und 1960 an. Der Schafbestand erreichte in Hessen 1965 seinen Tiefststand (WILKE 1996). Als Folge der Nutzungsaufgabe bzw. der nur noch sporadischen Beweidung fielen zahlreiche Magerrasen brach. Gehölze konnten in die Flächen einwandern, die ursprüngliche Magerrasenvegetation wurde zunehmend verdrängt (HAKES 1987). Als weitere Nutzungsform der Kalkmagerrasen nennt BRUELHEIDE (1989/1991) für einige Flächen im westlichen Meißner-Vorland die Mahd mit der Sense (bis etwa 1940). Am Jestädter Weinberg wurde bis 1840 Weinbau betrieben (HOCHHUT 1952 zitiert in BRUELHEIDE 1989).

Seit den 1990er Jahren werden einige Flächen aus Gründen des Naturschutzes wieder regelmäßig mit Schafen beweidet, z.B. der Dörnberg bei Zierenberg (NITSCHKE & BULTMANN 1995), der Festberg bei Philippinental, der Warmberg bei Zwergen (NITSCHKE & NITSCHKE 2003), die Magerrasen im Meißner-Vorland mit den beiden NSG „Bühlchen bei Weißenbach“ bzw. „Kripplöcher und Hielöcher“ (LENARDUZZI 1999a/b) sowie das NSG „Kalkmagerrasen bei Roßbach“ (AUGE 2000). Auch der Sommerberg und die Papenbreite an der Diemel bei Trendelburg werden mit Schafen beweidet (BULTMANN 1993). Darüber hinaus finden stellenweise weitere Pflegemaßnahmen statt.

So wird beispielsweise vor bzw. parallel zur Wiedereinführung der Hütehaltung im Meißner-Vorland eine Entbuschung durchgeführt (LENARDUZZI 1999a/b), ebenso am Dörnberg bei Zierenberg (NITSCHKE & BULTMANN 1995), am Warmberg bei Zwergen und am Festberg bei Philippinental, wo stellenweise auch gemulcht wurde (NITSCHKE & NITSCHKE 2003). Im NSG „Kalkmagerrasen bei Roßbach“ dienen seit 1989 neben Beweidung und Entbuschung auch Mahd, Abbrennen und das Entfernen von Kiefern dem Erhalt der Flächen (AUGE 2000). Über die Nutzung der Kalkmagerrasen im Untersuchungsgebiet berichtet auch GÜNZL (2001b).

4.2 Zwergstrauchheiden

Zwergstrauchheiden sind vorwiegend anthropogenen Ursprungs und haben früher größere Flächen eingenommen. Auf den Heideflächen Nordhessens wurde durch Rechen oder Mähen, seltener auch durch Abplaggen Stallstreu gewonnen. Heideflächen dienten zudem als Schafweiden (BONNEMANN 1984, NITSCHKE 1995). Die Hochheiden der Kahlen Pön bzw. des Ettelsberges im Waldecker Upland verdanken ihre Erhaltung beispielsweise der Plaggenwirtschaft (ENGELHARD 1971). Die Nutzung der Besenheide durch Abplaggen wurde jedoch bereits in den 1950er Jahren aufgegeben. Durch die Nutzungsaufgabe bzw. -änderung sind die Zwergstrauchheiden allgemein stark zurückgegangen und heute in Nordhessen nur noch auf Restflächen, meist kleinflächig, vorhanden. Viele dieser Flächen sind verbuscht oder haben sich auf Teilflächen zum Vorwald entwickelt (NITSCHKE 1995). In einigen nordhessischen Heidegebieten wurden während der letzten Jahre zumindest kleine Flächen maschinell oder in traditioneller Weise von Hand abgeplaggt (NITSCHKE 1995, WELTICKE mündl.), beispielsweise am Osterkopf bei Usseln und auf der Kahlen Pön.

Einige Heideflächen werden mit Schafen beweidet. In der Termenei bei Wilhelmshausen, einem ehemaligen Truppenübungsplatz bzw. ehemaligen Brandflächen auf Mittlerem Buntsandstein, werden hierfür Moorschnucken eingesetzt. Ebenso in der kleinen Heide „Steinbülz“ bei Hombressen. Auf der Kahlen Pön übernehmen diese Aufgabe Heidschnucken. Am Osterkopf bei Usseln werden seit 1994 nur die stärker vergrasteten Bereiche mit Heidschnucken beweidet, während sich die eigentliche Hochheide weitgehend auf natürliche Weise (durch Windaushagerung) erhält. Als einzige Pflegemaßnahme wird lediglich von Zeit zu Zeit eine Gehölzentnahme durchgeführt. Gehölzrücknahme findet auch in anderen Heiden, z.B. der Termenei, dem „Steinbülz“ bei Hombressen oder dem Battenfelder Driescher statt (NITSCHKE 1995, NITSCHKE & NITSCHKE 2003). Der Battenfelder Driescher, ein Biotopkomplex u.a. aus *Calluna*-Heide und Borstgrasrasen, wird ebenfalls mit Schafen beweidet, allerdings nicht wie in einigen anderen Gebieten (Osterkopf etc.) in Hute-, sondern in Koppelhaltung. Mit Schafen beweidet wird auch das NSG „Wacholderheiden bei Niederlemp“ (BERGMEIER 1987). Als weitere, bisher noch nicht genannte Pflegemaßnahme wird nach NITSCHKE (1995) im Battenfelder Driescher ebenso wie in der Termenei die Heide zurückgeschnitten.

Am Ettelsberg bei Willingen wird, wie in kaum einer anderen Heidefläche Nordhessens, eine neuartige Heidenutzung sichtbar, nämlich als Erholungsgebiet. Die mit

Heidschnucken beweideten Zwergstrauchheiden werden von Ski- und Sesselliftanlagen, Spazierwegen und Skipisten durchzogen. Einer weniger erfreulichen Nutzung unterlag der ehemalige Grenzstreifen bei der Burg Hanstein; die Flächen neben dem Kolonnenweg wurden zu DDR-Zeiten mit Herbiziden vegetationsfrei gehalten. In den Jahren nach der Wende waren diese stellenweise noch mit lückigen, flechtenreichen *Calluna*-Heiden überwachsen, die nun jedoch zunehmend vergrasen und verbuschen. Einige in der vorliegenden Arbeit dokumentierte Flechtenvorkommen dürften daher schon bald von konkurrenzstärkeren Phanerogamen verdrängt und somit verschwunden sein.

4.3 Wälder

Die Traubeneichenwälder am Roßkopf wurden bis etwa 1920 als Eichenschälwälder zur Gewinnung von Gerberlohe für die Gerbereibetriebe in Eschwege genutzt (BAIER mündl.). Die jungen Eichenstämme wurden zu diesem Zweck abgehauen und entrindet (KOLLMANN 1993). Niederwälder im Gebiet Waldeck dienten verschiedenen Nutzungszwecken: zur Brennholzversorgung, zur Kohlholzgewinnung (landesherrliche Forste) oder als Eichenschälwälder (ENGELHARD 1971). Die Niederwaldwirtschaft führte aufgrund der relativ kurzen Umtriebszeiten (vgl. POTT 1985) und der Verringerung des Rotbuchenanteils zu einer Auflichtung der Wälder. An Steilhängen konnten Bodenerosionen die Folge starker Nutzung sein (vgl. POTT 1981). Die Veränderungen im Baumartengefüge wirkten sich auf den Wärme- und Wasserhaushalt aus (MANZ 1993) und ermöglichten so die Ansiedlung lichtliebender, trockenheitsertragender Arten.

4.4 Ruderalfluren

An Ruderalstandorten sind hauptsächlich Steinbrüche zu nennen, in denen Gips, Dolomit (für den Feldwegbau) bzw. Grauwacke abgebaut wurde. Alle untersuchten Steinbrüche sind heute nicht mehr in Betrieb. Die Flächen bleiben sich selbst überlassen. Allerdings werden sie leider vielerorts als Grillplatz genutzt oder als Müllkippe mißbraucht. Die Basaltvorkommen der Blauen Kuppe bei Eschwege haben bis 1910 ebenfalls als Steinbruch gedient (LOTZ 1995), heute besiedeln jedoch Trockenrasen die ehemaligen Abbauflächen. Desweiteren finden sich Erdflechtenvorkommen im Untersuchungsgebiet innerhalb von Ruderalfluren auf ehemaligen Bergbauflächen. Einige Informationen zu diesen Flächen und zum Bergbau in Nordhessen gibt das Kap. B2.

C Charakterisierung der Art *Cladonia furcata*

Cladonia furcata (Hudson) Schrader zählt zu den bereits seit 1762 bekannten Flechtenarten (SCHADE 1964). Schon früh tauchte sie auch in der Literatur des deutschsprachigen Raumes auf. Den Erstnachweis für Mecklenburg-Vorpommern erbrachte beispielsweise BRÜCKNER (1803), der sie als *Lichen furcatus* bezeichnete. *Cl. furcata* ist heute auch unter den Trivialnamen „Vielgestaltige Becherflechte“ (KREMER & MUHLE 1991), „Many-forked clad“, „forking clad“, „fork cladonia“ oder „fork lichen“ (GOWARD 1999) bekannt.

a) Systematische Stellung

AHTI (2000) unterteilt die Gattung *Cladonia* in 7 Sektionen. Eine Unterteilung, die im wesentlichen auf morphologischen und chemischen Merkmalen beruht. *Cl. furcata* wird in die Sektion *Ascyphiferae* sensu Ahti gestellt. STENROOS et al. (2002) unterstützen diese Gliederung in Sektionen nicht. In ihrer Phylogenie, aufgestellt auf Basis molekularer, morphologischer und chemischer Daten, wird die Gattung *Cladonia* in 3 sogenannte Subdivisions unterteilt. Der überwiegende Teil der Sektion *Ascyphiferae*, inklusive der Typusart *Cl. furcata*, zählt zur Subdivision II, Supergroup *Cladonia*. In diese Subdivision II wird auch die Subgroup *Graciles* mit der provisorischen Typusart *Cl. gracilis* gestellt, welche bei den im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Untersuchungen ebenfalls eine Rolle spielt.

Nach WIRTH (1995) und SCHOLZ (2000) wird *Cladonia furcata* in die beiden Unterarten *Cl. furcata* (Hudson) Schrader ssp. *furcata* und ssp. *subrangiformis* (Sandst.) Abbayes unterteilt. Dieser Unterteilung schließe ich mich zunächst an, möchte sie jedoch im Anschluß an die Ergebnis-Darstellungen diskutieren. Einen Überblick über andere taxonomische Einstufungen der Sippe *subrangiformis* gibt Kap. G2.2.

Die gelegentlich als var. *scabriuscula* (s. FINK 1904 und HENNIPMAN 1978) zu *Cladonia furcata* gestellte *Cl. scabriuscula* (Delise) Nyl. wird als eigene Art gewertet (s. WIRTH 1995) und im Rahmen dieser Untersuchungen nicht mit bearbeitet.

b) Morphologie

Bei *Cladonia furcata* handelt es sich um eine Strauchflechte mit aufrechten bis niederliegenden, stets becherlosen Podetien mit offenen Achseln. Beide Unterarten haben weiterhin folgende Gemeinsamkeiten (s. WIRTH 1995): sie sind nicht sorediös, haben braune Apothecien, sind glatt berindet und der Aspekt des Lagers wird in der Regel von den Podetien bestimmt. Eine ausführliche Beschreibung der Morphologie von *Cl. furcata* findet sich in Kap. G2 und G3 sowie in ANDERS (1928), HILLMANN & GRUMMANN (1957), SANDSTEDTE (1931) und SCHADE (1964/66). Tab. 1 zeigt eine Gegenüberstellung der Merkmale, in denen sich beide Unterarten unterscheiden können.

Tab. 1: Merkmale der beiden Unterarten von *Cladonia furcata* (nach WIRTH 1995)

<i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>furcata</i>	<i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>subrangiformis</i>
grundständiges kleinblättriges Lager oft vorhanden Podetien ohne Schuppen bis dicht schuppig Podetien gewöhnlich +/- aufrecht Podetien in manchen (oft reich fruchtenden) Formen stellenweise längs aufgeschlitzt und dann rinnig wenig bis stark verzweigt (oft dichotom), schlank Podetien grauweiß bis graugrünlich bis dunkelbraun. Äste meist gabelig, oft auch ziemlich spitzwinklig abgehend. K- oder grünlich bis bräunlich, selten gelblich, P+ rot, FPC. Ohne oder sehr selten mit Atranorin. verbreitete und häufige, variable Flechte	Grundschruppen gewöhnlich verschwindend Podetien spärlich beschuppt Podetien gewöhnlich niederliegend bis aufsteigend Podetien an der Basis häufig rissig und mit weiß aufbrechenden Beulen relativ kräftig und locker verzweigt Podetien meist dunkelbraun bis olivbraun Äste zugespitzt, oft fast rechtwinklig abgehend K+ gelb bis K-, Atranorin, FPC, (+/- Bourgeansäure). P+ gelborange bis rot ziemlich selten

c) Ökologie

Cladonia furcata ssp. *furcata* besitzt eine sehr weite ökologische Amplitude und kommt auf Silikatfels ebenso vor wie auf Baumstümpfen oder (steinigem) Erdboden. Sie gedeiht auf offenem Erdboden, zwischen anderen *Cladonia*-Arten und Moosen, auf mit Moosen und anderen Flechten bewachsenem Fels, selten auch auf Stubben oder in Halbtrockenrasen. In niederen, felsarmen Lagen siedelt sie besonders an Waldrändern und in lichten Wäldern (v.a. Eichen-Buchen-Wälder, Kiefern-Wälder), auf steinigen, sandigen und sandig-lehmigen Böden, seltener auch in Kalktrockenrasen. In höheren Lagen kommt sie besonders in Zwergstrauchheiden, an felsigen Abhängen und in moosreichen Wäldern vor. Ihren Schwerpunkt hat sie auf mäßig bis ziemlich sauren Substraten. Sie gilt als skiophytisch bis sehr photophytisch und mesophytisch bis xerophytisch. Die Art zeigt eine weite Verbreitung von der Ebene bis in den Montanbereich, auch in intensiv genutzten Gebieten. Sie ist auf schattigen Standorten genauso konkurrenzkräftig wie in der Sonne, wenn auch mit unterschiedlicher Morphologie (SCHÖLLER 1991, WIRTH 1995, vgl. CANTERS 1988). *Cl. furcata* ssp. *furcata* kann sich in trockenen Rasen gelegentlich auch gegenüber Höheren Pflanzen behaupten (s. POELT 1969).

Cladonia furcata ssp. *subrangiformis* siedelt v.a. in Kalktrockenrasen, kommt aber auf humusarmen, basen- oder kalkreichen, seltener sauren Sanden ebenfalls vor. Sie bevorzugt trockene, sommerwarme, lichtreiche Habitate (PAUS 1997, WIRTH 1995, s. auch FISCHER 2003).

d) Verbreitung weltweit

Die **Subspezies** *furcata* zeigt in Europa ein Vorkommen vom borealen Nadelwaldgebiet bis in den Mittelmeerraum (WIRTH 1995). Die Art ist nach LITTERSKI (1999) in der gesamten Nordhemisphäre weit verbreitet und reicht dort von der arktischen bis zur meridionalen Florenzone (vgl. z.B. THOMSON 1967, HENNIPMAN 1978, AHTI & LAI 1979, NIMIS 1993, SANTESSON 1993, EGEA 1996, GOWARD 1999, SUPPAN et al. 2000, und Checklisten bei FEUERER 2003). Darüber hinaus kommt sie auch in den tropisch-subtropischen Zonen (s. Checklisten bei FEUERER 2003) sowie in der australen und antarktischen Florenzone vor (DOIGDE 1950, GALLOWAY 1985, ARCHER 1992, STENROOS & AHTI 1992 und Checklisten bei FEUERER 2003).

Die **Subspezies *subrangiformis*** ist in Europa von der mitteleuropäischen Zone bis ins Mittelmeergebiet verbreitet (WIRTH 1995). Sie kommt von Südost-England bis Südwest-Asien (LITTERSKI 1999, vgl. auch HAWKSWORTH 1969, HENNIPMAN 1978, PURVIS & JAMES 1992) sowie in Südeuropa (BURGAZ & AHTI 1992) und Nordafrika vor (EGEA 1996). *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis* tritt in Nordeuropa (vgl. z.B. SANTESSON 1993) ebenso auf wie in Osteuropa, dort werden Vorkommen z.B. aus der ehem. Tschechoslowakei, aus Ungarn, aus Slowenien und aus Estland beschrieben (CERNOHORSKY 1950, PIŠUT & WAGNER 1973, VERSEGHY 1975, SUPPAN et al. 2000, vgl. auch FEUERER 2003). EVANS (1954) führt die Art für Nordamerika auf - dies wird jedoch von AHTI (1962) widerlegt. Er schreibt, die entsprechenden Proben seien eher *Cl. furcata* ssp. *furcata* zuzuordnen. In der aktuellen Flora von GOWARD (1999) über die Flechten British Columbias taucht *Cl. subrangiformis* bzw. *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* nicht auf.

e) Verbreitung in Deutschland

Cladonia furcata ist in ganz Deutschland verbreitet. Die ssp. *furcata* wird in SCHOLZ (2000) aus den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Hessen, Thüringen, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Baden-Württemberg gemeldet, die ssp. *subrangiformis* aus Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Hessen, Thüringen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Sachsen, Baden-Württemberg und Bayern. Den Erstnachweis der ssp. *subrangiformis* für das Untersuchungsgebiet (Hessisches Bergland) publizierte KÜMMERLING (1991). Erwähnt wird die Unterart jedoch schon bei BEUG (1963-1989) in der unpublizierten Artenliste des Jahres 1963.

D Übersicht der angewandten Methoden

Zur Dokumentation der Erdflechtengesellschaften des Untersuchungsgebietes wurden Vegetationsaufnahmen nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (s. z.B. DIERSCHKE 1994) angefertigt. Zur Anwendung kam eine modifizierte Abundanz-Dominanz-Skala nach WIRTH (1972). Darüber hinaus erhielt jeder Aufnahmebogen Angaben zur Ausdehnung der Lager und zur Fruchtkörperbildung. Die an jedem der Standorte entnommenen Bodenproben dienten der anschließenden Bestimmung von pH-Werten und Leitfähigkeiten. Die Vegetationsaufnahmen wurden nach floristisch-soziologischen Kriterien geordnet (s. Kap. E1).

Kritische Flechten-Belege aus den Aufnahmeflächen wurden mit Hilfe der Dünnschichtchromatographie auf charakteristische Inhaltsstoffe hin untersucht (Methode nach CULBERSON & AMMANN 1979), ebenso alle im Untersuchungsgebiet gesammelten *Cladonia furcata*-Belege (s. Kap. F1).

Um die Variabilität von *Cladonia furcata* ssp. *furcata* anhand möglichst vieler Merkmale zu erfassen und Abhängigkeiten der Merkmale aufzuzeigen, wurden insgesamt 65 *Cl. furcata*-Polster gesammelt und an ihnen jeweils 16 Merkmale protokolliert. Zu jedem gesammelten Polster wurde darüber hinaus eine Kurzbeschreibung des Standorts angefertigt (s. Kap. G1.1).

Im Rahmen der Verpflanzungsversuche erfolgte eine Messung der Zuwachsraten der Podetien sowie eine Beobachtung der morphologischen Veränderungen. An den Standorten der ausgepflanzten Polster wurden mit einem eigens für Flechten konstruierten tragbaren Meßgerät (s. SCHUSTER et al. 1982, 2002) Mikroklima-Messungen durchgeführt. Zusätzlich wurden die Evaporation, die Windgeschwindigkeit und die relative Luftfeuchte bestimmt (s. Kap. G1.2).

Bei den abschließenden molekularbiologischen Untersuchungen handelt es sich um die Sequenzierung der ITS rDNA von Mycobiont und Photobiont (s. Kap. H1).

E Vegetationskundliche und floristische Untersuchungen

1 Methoden

1.1 Auswahl und Verteilung der Aufnahmeflächen

Die Zielsetzung lautete, das gesamte Spektrum an Flechten-Gesellschaften in Nordhessen zu erfassen und dabei möglichst viele bezüglich Topographie und Geologie unterschiedliche Gegenden des Untersuchungsgebietes abzudecken. Die Datenerhebung erfolgte in den Jahren 1999 bis 2002. Den Geländearbeiten ging eine Auswertung der vorhandenen Literatur über Flechtenvorkommen in Nordhessen voran. Ergänzend wurden aus den topographischen Karten (TK 25, TK 50) potentielle Flechtenwuchsorte (Steinbrüche, Heideflächen, Magerrasen, Felsen etc.) herausgesucht sowie Ortskundige über Flechtenvorkommen befragt. An erster Stelle bei der Suche nach Flechtenwuchsorten im Gelände wurden die in der Literatur aufgeführten Stellen berücksichtigt (z.B. FOLLMANN & MALECKI 1973, FOLLMANN 1974/1979/1981/1983, BRUELHEIDE 1991/1992, KÜMMERLING 1991, BULTMANN 1993). Leider erwiesen sich etliche dieser Fundortangaben als heute nicht mehr zutreffend. Des weiteren wurden Auflistungen von Naturschutzgebieten (z.B. LEICHT 1988/1990, ANONYMUS 1994, HESSISCHES MINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG, WOHNEN, LANDWIRTSCHAFT, FORSTEN UND NATURSCHUTZ 1994) sowie Berichte über interessante Biotoptypen (NIESCHALK & NIESCHALK 1983a/b, NITSCHKE 1995, NITSCHKE & BULTMANN 1995) in Bezug auf mögliche Flechtenwuchsorte ausgewertet. Unter den potentiell geeigneten Aufnahmegebieten mußte eine Auswahl getroffen werden, da es aus zeitlichen Gründen nicht realisierbar war, alle ausgesuchten Orte zu überprüfen. Vegetationsaufnahmen wurden an 63 der insgesamt 70 bearbeiteten Gebiete mit gut entwickeltem Flechtenbewuchs angefertigt.

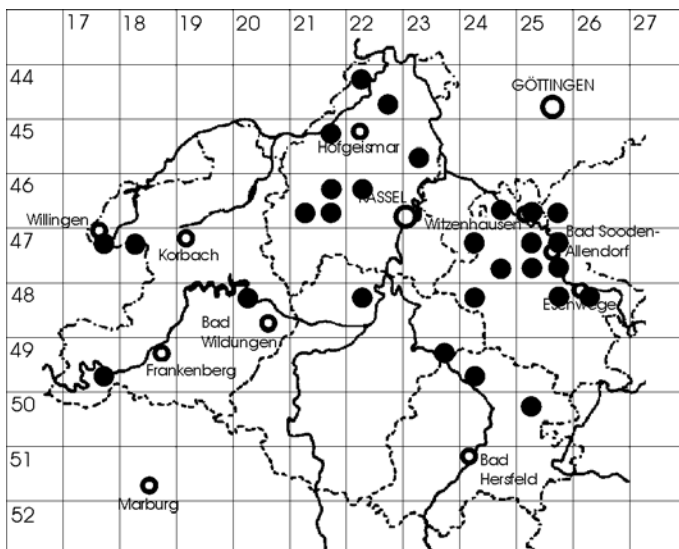


Abb. 7: Lage der Aufnahmegebiete.

Die Verteilung der bearbeiteten Aufnahme­flächen im Untersuchungsgebiet auf Quadrantenbasis der TK 25 zeigt Abb. 7. Zur Beschreibung aller bearbeiteten Orte siehe Tab. 57 im Anhang 1.

1.2 Vegetationsaufnahmen und Bodenanalysen

a) Vegetationsaufnahme

Die pflanzensoziologischen Aufnahmen wurden nach der Methode von Braun-Blanquet (s. DIERSCHKE 1994) durchgeführt. Die Flächenauswahl erfolgte nach Kriterien der floristischen Homogenität. Die Größe der Aufnahme­flächen beträgt in der Regel 30 x 30 cm². Sofern eine quadratische Fläche nicht möglich war, wurden Rechtecke gleicher Flächengröße (9 bis 10 dm²) gewählt. Bei der Erfassung der Artmächtigkeiten fand die von PAUS (1997) modifizierte Abundanz-Dominanz-Skala nach WIRTH (1972) Anwendung:

		Deckung in %
r	1-2 Lager/Ansiedlungen, auch außerhalb nur sporadisch	<1
+	bis 5 Lager/Ansiedlungen	<1
1	bis 20 Lager/Ansiedlungen	<5
2m	über 20 Lager/Ansiedlungen	<5
2a	Anzahl der Lager/Ansiedlungen beliebig	5 - 12,5
2b	Anzahl der Lager/Ansiedlungen beliebig	12,5 - 25
3	Anzahl der Lager/Ansiedlungen beliebig	25 - 50
4	Anzahl der Lager/Ansiedlungen beliebig	50 - 75
5	Anzahl der Lager/Ansiedlungen beliebig	75 - 100

Zusätzlich zu den Artmächtigkeiten wurden Angaben zur Ausdehnung der Lager (s. Soziabilität bei WILMANN 1962) und zur Fruchtkörperbildung notiert:

1	Lager/Ansiedlung < 1 cm in der Ausdehnung
2	Lager/Ansiedlung 1 - 3 cm in der Ausdehnung
3	Lager/Ansiedlung 3 - 8 cm in der Ausdehnung
4	Lager/Ansiedlung 8 - 20 cm in der Ausdehnung
5	Lager/Ansiedlung > 20 cm in der Ausdehnung
f	= fruchtend (mit Apothecien/Peritheccien)

Für jede Vegetationsaufnahme wurden darüber hinaus folgende Angaben zur Vegetation sowie zu Wuchs- und Standort erhoben (die Erläuterung der Abkürzungen von Geologie und Fundorten finden sich im Anhang 1):

Flächengröße [dm ²]	Skelettanteil in oberster Bodenschicht
Ort	Mikroklima
Meßtischblatt-Nummer (MTB)	Größe des Gesamtbestandes
Rechts-/Hochwert	umgebende Phytozönose
Höhe ü. NN [m]	Nutzung
Exposition	Störeinflüsse
Inklination [°]	Deckung der Schichten [%]
Geländeform	Deckung offener Boden [%]
Ausgangsgestein	Deckung Steine [%]
Bodentyp	Deckung Streu [%]
pH-Werte des Oberbodens	Wuchshöhen [cm]
Leitfähigkeit des Oberbodens [µS/cm]	

Es wurden insgesamt 203 Vegetationsaufnahmen erstellt.

b) Bodenanalysen

Zur Charakterisierung der Standorte wurden an jeweils 3 verschiedenen Stellen in unmittelbarer Nähe der Aufnahmeflächen Proben der obersten Bodenschicht (bis max. 5 cm Tiefe) entnommen, vermischt und bei Zimmertemperatur getrocknet. Die Bodenentnahme erfolgte in der Regel nicht innerhalb der Aufnahmeflächen, um die ohnehin oft nur noch sehr sporadisch auftretenden Erdflechtenbestände nicht unnötig zu schädigen. Für die Messung der pH-Werte und elektrischen Leitfähigkeit wurde eine wässrige Suspension aus Boden und demineralisiertem Wasser im Verhältnis 1:2 angesetzt. 24 Stunden später erfolgte die Messung der pH(H₂O)- und Leitfähigkeitswerte. Nach der anschließenden Zugabe von einer Spatelspitze KCl und etwa 30 minütiger Wartezeit konnte der pH(KCl)-Wert ermittelt werden. Für die Messungen wurden Einstabmeßelektroden verwendet. Da die elektrische Leitfähigkeit als indirektes Maß für die in der Bodenlösung gelösten Nährstoffe dienen sollte, wurde die korrigierte, d.h. die um den Anteil der H⁺-Ionen verringerte Leitfähigkeit errechnet. Die Korrektur wurde bei allen pH(H₂O)-Werten ≤ 5 vorgenommen, da der Einfluß der H⁺-Ionen auf die elektrolytische Leitfähigkeit bei pH-Werten $> 5,5$ nur noch unbedeutend, bei pH-Werten $< 4,5$ dagegen ganz erheblich ist (BAUMANN 2000). Die Berechnung erfolgte in Anlehnung an SJÖRS (1950) und HÖLZER (1977/1984) (s. auch BAUMANN 2000).

1.3 Nomenklatur der Arten und Vegetationseinheiten

Die Nomenklatur der Flechtenarten richtet sich nach SCHOLZ (2000), die der Moose nach KOPERSKI et al. (2000) und die der Phanerogamen nach WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998), mit Ausnahme von *Taraxacum officinale*, das nach EHRENDORFER (1973) als *Taraxacum officinale* agg. aufgeführt wird. Angaben zu den Charakterarten sind PAUS (1997) sowie FOLLMANN (1974) und DREHWALD (1993) entnommen. Die Nomenklatur der Flechtengesellschaften richtet sich im wesentlichen nach WIRTH (1995) sowie nach DREHWALD (1993) und PAUS (1997). Ergänzend zu Charakter- und Differentialarten werden in Anlehnung an PAUS (1997) Arten, die schwerpunktmäßig in einer der Vegetationseinheiten auftreten, jedoch weite soziologische Amplituden haben und auch auf andere syntaxonomische Einheiten übergreifen, als Schwerpunktarten (Sch) bezeichnet. Unter dem Begriff Diagnostische Arten werden Charakter- und Differentialarten zusammengefasst. Die Charakteristische Artenverbindung (CAV) beinhaltet neben den Diagnostischen Arten alle Begleiter mit einer Stetigkeit von über 40 % (Klasse III und höher) (DIERSCHKE 1994).

In der vorliegenden Untersuchung wird der Begriff „Bunte-Erdflechten-Gesellschaft“ in Anlehnung an REIMERS (1940a) als Bezeichnung der Assoziation *Toninio-Psoretum decipiens* und nicht des Verbandes *Toninion* verwendet.

Bestimmungskritische Sippen:

Bryum-Arten wurden nur selten mit Kapseln und in gutem Entwicklungszustand angetroffen. Eine genaue Bestimmung war daher in der Regel nicht möglich. Die

Sippen werden als *Bryum* spec. zusammengefaßt. Darin dürften zumindest *Bryum capillare* agg. und *Bryum caespiticium* enthalten sein.

***Cephaloziella*:** Diese schwer bestimmbare Gruppe wird nicht weiter unterteilt, sondern als *Cephaloziella* spec. in den Tabellen aufgeführt.

***Cladonia arbuscula*:** Die Thalli wurden nur stichprobenhaft auf ihren Chemismus hin untersucht (s. Kap. F). In den Vegetationstabellen wird die Art nicht weiter in Subspezies unterteilt, sondern *Cladonia arbuscula* benannt.

Cladonia cervicornis wird in den Tabellen als *Cl. cervicornis* bezeichnet, da sich viele Proben weder der Subspezies *cervicornis* noch der Subspezies *verticillata* eindeutig zuordnen lassen, sondern Übergangscharakter zeigen.

***Cladonia furcata*:** Alle Proben von *Cladonia furcata* wurden mit Hilfe der Dünnschichtchromatographie überprüft (s. Kap. F) und in die beiden Unterarten *furcata* und *subrangiformis* aufgetrennt.

***Cladonia gracilis*:** Die Unterarten werden nicht unterschieden, da einige Proben nicht bis zur Subspezies bestimmt werden konnten.

***Cladonia macilenta*:** Die Proben lassen sich, bis auf wenige Ausnahmen, einer der beiden Unterarten zuordnen und werden daher getrennt als ssp. *floerkeana* bzw. ssp. *macilenta* aufgeführt. In Gesellschaftsnamen werden sie verkürzt mit ihren Synonymen als *Cladonia bacillaris* (Syn. *Cladonia macilenta* ssp. *macilenta*) und *Cladonia floerkeana* bezeichnet (s. SCHOLZ 2000).

***Cladonia pyxidata*:** Da die Chemosippen von *Cladonia pyxidata* unterschiedliche Standortansprüche aufweisen und nach PAUS (1997) Trennarten von Gesellschaften sein können, werden sie im Aufnahmematerial unterschieden. Zu diesem Zweck wurden innerhalb der Aufnahmeflächen an mehreren Stellen Proben genommen und anschließend im Labor dünnschichtchromatographisch untersucht (s. Kap. F). Sofern makroskopisch erkennbare Unterschiede auftraten (Thallusfärbung, Becherdurchmesser, Fruchtkörperbildung, Körnung der Soredien/Granulae etc.), konnten die Proben bereits im Gelände getrennt werden. In den anderen Fällen wurden an mehreren Stellen der Fläche Thallusproben gesammelt und anschließend auf Einheitlichkeit hinsichtlich des Chemismus geprüft. Um übermäßig lange Namen in Text und Tabellen zu umgehen, werden die Chemosippen innerhalb von *Cladonia pyxidata* ssp. *grayi* nach WIRTH (1995) folgendermaßen benannt:

Chemosippe *cryptochlorophaea* = *Cladonia cryptochlorophaea*

Chemosippe *grayi* s.str. = *Cladonia grayi* s.str.

Chemosippe *merochlorophaea* = *Cladonia merochlorophaea*

Chemosippe *novochlorophaea* = *Cladonia novochlorophaea*

***Collema*-Arten** werden in den Vegetationstabellen als *Collema* spec. zusammengefaßt, da ein Großteil der Proben so schlecht entwickelt ist, daß sie sich nicht bis auf Artebene bestimmen lassen. Im Gebiet nachgewiesen werden konnten *Collema crispum*, *Collema tenax* und *Collema* cf. *auriforme* (s. Artenliste im Anhang 1).

***Hypnum cupressiforme* s.l.:** Innerhalb der Klasse *Ceratodonto-Polytrichetea* ergaben sich Schwierigkeiten beim Bestimmen der oft mangelhaft entwickelten *Hypnum*-Belege. Diese werden daher, der Nomenklatur von FRAHM & FREY (1992) folgend, in den Tabellen als *Hypnum cupressiforme* s.l. vereinigt. Deutlich besser entwickelt und eindeutig der var. *lacunosum* (KOPERSKI et al. 2000) zuzuordnen, ist *Hypnum cupressiforme* auf den basenreichen Standorten, innerhalb der Klasse *Toninio-Psoretea*.

Leptogium: Die in den Aufnahmeflächen vorkommenden Thalli der Gattung *Leptogium* sind größtenteils für eine Bestimmung auf Artniveau ungenügend entwickelt. Es scheint sich bei den Proben um *L. lichenoides* und *L. schraderi* zu handeln, welche nach KÜMMERLING (1991) beide im Untersuchungsgebiet vorkommen. In den Tabellen werden sie als *Leptogium* cf. *lichenoides* bzw. cf. *schraderi* bezeichnet.

Racomitrium: Die Benennung erfolgt nach FRAHM & FREY (1992) als *Racomitrium heterostichum* agg. und *Racomitrium canescens* s.l.

Trichostomum spec.* und *Weissia spec.: Wie bei vielen Proben der kleinwüchsigen Moose basenreicher Standorte, können auch hier nicht alle eindeutig bestimmt werden. Es ist daher nicht möglich, beide Gattungen eindeutig voneinander zu trennen, weshalb sie in den Vegetationstabellen als *Trichostomum* et *Weissia spec.* vereinigt werden.

Einige Flechten-Belege wurden im Herbar der Universität Göttingen bzw. im Herbar der Verfasserin hinterlegt. Diese sind in der Belegeliste im Anhang 1 aufgeführt.

1.4 Tabellenarbeit

Die Vegetationsaufnahmen wurden mit Hilfe des Computerprogrammes TABWIN Version 3.3 (PEPLER 1999) nach floristisch-soziologischen Kriterien geordnet. Die Ausdehnung der Lager und die Fruchtkörperbildung (falls vorhanden) sind in den Tabellen als Exponenten dargestellt. Die Stetigkeitsklassen richten sich nach BERGMIEIER et al. (1990). Folgende Abkürzungen werden in den Vegetationstabellen verwendet:

UC	Unionscharakterart (s. Kap. E1.5)
FC	Federationscharakterart (s. Kap. E1.5)
OC	Ordnungscharakterart
KC	Klassencharakterart
Sch	Schwerpunktart
D	Differenzialart von Unionen und höherrangigen Syntaxa
d	Differentialart von Untereinheiten der Union/Gesellschaft
ΔH	Differentialart einer Höhenform

Zu den Abkürzungen in den Tabellenköpfen siehe Abkürzungsverzeichnis im Anhang 1.

Die Vorkommen der Gesellschaften werden in Punktrasterkarten dargestellt. Die Eintragung der Fundorte erfolgt auf Quadrantenbasis der TK 25.

Da *Cladonia furcata* bei den weiteren Untersuchungen der vorliegenden Arbeit eine zentrale Rolle spielt, wurden die beiden Unterarten der Sippe (ssp. *furcata* und ssp. *subrangiformis*) in den Vegetationstabellen jeweils markiert. Ihre Vergesellschaftung wird in einem eigenen Kapitel besprochen (Kap. E3).

1.5 Syntaxonomie

Im allgemeinen werden terrestrische Flechten und Moose bei der Vegetationsanalyse und Klassifikation von Gefäßpflanzengesellschaften nach BRAUN-BLANQUET (1964) als Bestandteile der Moosschicht erfaßt und in das Phytozönosensystem integriert. Kryptogamenbestände auf ökologisch deutlich abweichenden Mikrostandorten wie beispielsweise Felsblöcken, Totholz oder Stammbasen werden dagegen oft als eigenständige Gesellschaften betrachtet (BARKMAN 1958, WIRTH 1972). Vor allem skandinavische Bearbeiter betonten, daß derartige Gemeinschaften nicht als Assoziationen bezeichnet werden dürfen, da die gleiche Kategorie nicht für den Teil und das Ganze verwendet werden kann. In der Folge wurden daher „Mikrogemeinschaften“ mehr und mehr im Synusialsystem beschrieben (SCHUHWERK 1986).

Floristisch klar abgrenzbare Kryptogamenbestände existieren auch auf terrestrischen Standorten, sind dort allerdings in noch stärkerem Maße von den durch die umgebende Gefäßpflanzenvegetation geschaffenen Standortbedingungen abhängig. Da diese Erdflechtengesellschaften also mehr oder weniger abhängige Untereinheiten von Phytozönosen darstellen, werden sie von PAUS (1997) als Synusien aufgefaßt, nach ihrer floristischen Zusammensetzung typisiert und im Synusialsystem eingeordnet. Unter Synusien werden nach WILMANN (1998: 17) ökologisch und morphologisch einander nahestehende und unter annähernd gleichen kleinstandörtlichen Bedingungen lebende Artengruppen verstanden.

Die Syntaxa erhalten im Synusialsystem z.T. eine andere Nomenklatur: Die Union als Grundeinheit entspricht der Assoziation, die Federation dem Verband. Die Syntaxa Ordnung und Klasse werden nach WILMANN (1966) ebenso übernommen wie die in der Terminologie gebräuchlichen Endungen (-etum, -ion, -etalia, -etea). BARKMAN (1973) benutzt für die höheren Einheiten dagegen die Begriffe Ordulus und Classicula.

Entscheidend für die Einordnung in das Synusialsystem ist der Grad der Abhängigkeit der Kryptogamengemeinschaft von der Makrophytenvegetation. Nach SCHUHWERK (1986) werden Kryptogamengemeinschaften dann als Assoziationen in das Phytozönosensystem eingeordnet, wenn sie ökologisch von der sie umgebenden Makrophytenvegetation unabhängig sind. Abhängige Vereine, die nur Teile komplexer Phytozönosen sind, werden dagegen im Synusialsystem behandelt. In der Praxis ist die Abhängigkeit einer Kryptogamengesellschaft nicht immer eindeutig feststellbar, zudem kann ein und dieselbe Kryptogamengemeinschaft in verschiedenen Makrogesellschaften auftreten und in diesen unterschiedlich starke Abhängigkeit zeigen.

Im nordhessischen Raum treten sowohl Gesellschaften auf, die als weitgehend unabhängig betrachtet werden können (z.B. die „Bunte-Erdflechten-Gesellschaft“ auf

Felsköpfen) als auch solche, die offensichtlich eine stärkere Abhängigkeit von der umgebenden Phytozönose aufweisen und als „Teil des Ganzen“ verstanden werden sollten (z.B. Flecken von Rentierflechten in Zwergstrauchheiden). Das Synusialsystem bietet die Möglichkeit, beide Kategorien vergleichen zu können (SCHUHWERK 1986); daher werden in der vorliegenden Arbeit die Begriffe des Synusialsystems in Anlehnung an WILMANN (1966) bzw. SCHUHWERK (1986) verwendet, um sprachlich deutlich zu machen, daß viele der Kryptogamengesellschaften kleine Lebensgemeinschaften innerhalb einer Makrogesellschaft darstellen. Sofern im weiteren der Begriff „Gesellschaft“ verwendet wird, ist er als Synonym zu der Bezeichnung „Synusie“ zu sehen.

Unter Fragmentgesellschaft (FG) werden in Anlehnung an BRUN-HOOL (1966) Vegetationstypen verstanden, die gegenüber der Assoziation an Diagnostischen Arten verarmt sind. Die Einheiten werden nach der stetesten Art bzw. einer der stetesten Arten und dem niedrigstmöglichen Syntaxon benannt (z.B. *Cladonia symphycarpa-Toninion-FG*).

Der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit folgend, wurden nur solche Aufnahmeflächen ausgewählt, in denen Flechten dominieren oder zumindest eine bedeutende Rolle am Aufbau der Gesellschaft haben. Zumeist treten jedoch darüber hinaus auch Gefäßpflanzen, Moose oder Algen auf. Diese wurden bei den Vegetationsaufnahmen mit erfaßt und in die Vegetationsanalyse einbezogen. Bei der syntaxonomischen Bewertung sind Flechten und Moose gleichberechtigt. Die Phanerogamen, deren Auftreten aufgrund der geringen Größe der Aufnahmeflächen stark zufallsbedingt ist, werden lediglich als Strukturelemente betrachtet und bei der Klassifikation nicht berücksichtigt. Von der relativ aufwendigen Bestimmung der Grün- bzw. Blaualgen mußte im Rahmen dieser Untersuchungen aus zeitlichen Gründen, mit Ausnahme einiger Stichproben, abgesehen werden.

2 Die Erdflechtengesellschaften

Die Erdflechten-Bestände des Untersuchungsgebietes gehören zwei Klassen an: den *Toninio-Psoaretea decipientis* und den *Ceratodonto-Polytrichetea piliferi*. Beide lassen sich durch zahlreiche Arten klar voneinander trennen, wobei die stärkeren Differentialarten auf Seite der *Toninio-Psoaretea* zu finden sind, während die Klasse *Ceratodonto-Polytrichetea* mit *Cladonia macilenta* ssp. *floerkeana* nur eine gute Differentialart aufweist (s. Tab. 2). *Cl. subulata*, *Cl. gracilis*, *Polytrichum piliferum* und *Trapeliopsis granulosa* sind Beispiele für weitere Differentialarten dieser Klasse, erreichen jedoch nur eine Stetigkeit von maximal 40 %.

Tab. 2: Diagnostische Arten der Vegetationsklassen

C = Charakterart innerhalb der Klasse; Exponent = Spanne der Deckungsgrade

Klasse	Cerato- donto- Polytri- chetea	Toninio- Psoaretea
Zahl der Aufnahmen	129	74
D Ceratodonto-Polytrichetea piliferi:		
C <i>Cladonia macilenta</i> ssp. <i>floerkeana</i>	III ^{x-2b}	.
C <i>Cladonia subulata</i>	II ^{x-4}	.
C <i>Cladonia gracilis</i>	II ^{x-3}	.
C <i>Polytrichum piliferum</i>	II ^{x-4}	.
C <i>Cladonia coccifera</i>	II ^{x-2a}	.
C <i>Trapeliopsis granulosa</i>	II ^{x-5}	.
<i>Cladonia merochlorophaea</i>	II ^{x-4}	.
<i>Cladonia macilenta</i> ssp. <i>macilenta</i>	II ^{x-3}	.
<i>Hypnum cupressiforme</i> s.l.	II ^{x-4}	.
<i>Pohlia nutans</i>	II ^{x-2b}	.
<i>Dicranum scoparium</i>	II ^{x-3}	r ³
<i>Cladonia fimbriata</i>	II ^{x-5}	r ⁺
C <i>Cladonia pyxidata</i> ssp. <i>chlorophaea</i>	II ^{x-3}	r ⁺
C <i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>furcata</i>	II ^{x-5}	r ⁺
D Toninio-Psoaretea decipientis:		
<i>Ceratodon purpureus</i>	II ^{x-3}	IV ^{x-3}
<i>Cyanophyta</i> div. spec.	+ ⁺³	IV ^{x-4}
<i>Ditrichum flexicaule</i>	.	IV ^{x-3}
<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>lacunosum</i>	.	IV ^{x-4}
<i>Peltigera rufescens</i>	.	III ^{x-5}
C <i>Fulgensia bracteata</i>	.	III ^{x-4}
C <i>Cladonia symphylicarpa</i>	.	III ^{x-3}
C <i>Toninia sedifolia</i>	.	III ^{x-3}
C <i>Cladonia pyxidata</i> ssp. <i>pocillum</i>	.	III ^{x-5}
C <i>Barbula convoluta</i>	.	III ⁺³
<i>Collema</i> spec.	.	III ^{x-2b}
<i>Tortella inclinata</i>	.	II ^{+2b}
C <i>Placidium squamulosum</i>	.	II ^{x-2a}
C <i>Psora decipiens</i>	.	II ^{x-2a}
C <i>Fulgensia fulgens</i>	.	II ⁺³
<i>Leptogium</i> cf. <i>lichenoides</i>	.	II ^{x-3}
<i>Aloina</i> spec.	.	II ^{x-2m}
C <i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>subrangiformis</i>	.	II ^{x-3}
<i>Thuidium abietinum</i>	.	II ^{x-2m}
<i>Bryum</i> spec.	r ⁺	II ^{x-2m}
<i>Cladonia rangiformis</i>	+ ^{x-3}	II ^{x-3}

Zu den guten Kenn- bzw. Trennarten der *Toninio-Psoaretea* gehören unter anderem die Moose *Ditrichum flexicaule* und *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum* sowie die Flechten *Peltigera rufescens*, *Fulgensia bracteata*, *Cladonia symphylicarpa*, *Toninia sedifolia* und *Cl. pyxidata* ssp. *pocillum*.

Innerhalb der Sippe *Cladonia furcata* zählt die Subspezies *furcata* zu den Diagnostischen Arten der *Ceratodonto-Polytrichetea*, die Subspezies *subrangiformis* aber zur Charakteristischen Artenverbindung der *Toninio-Psoretea*.

Phanerogamen können unterschiedlich großen Anteil an der Gesamtdeckung der Bestände haben. In der Regel treten nur vereinzelte, oft kümmerlich entwickelte Exemplare derjenigen Pflanzen auf, welche auch Bestandteil der umgebenden Phytozönose sind. Beispielsweise einzelne Halme von *Deschampsia flexuosa* oder *Festuca ovina* agg. oder einzelne Pflänzchen z.B. von *Calluna vulgaris*. Lediglich in einigen Fragmentgesellschaften oder Dominanzbeständen auf basenreichen Substraten spielen Phanerogamen eine bedeutendere Rolle und sind dann stellenweise gut entwickelt. Aber auch an diesen Wuchsorten gedeihen meist nur vereinzelt stehende Kräuter und Gräser.

2.1 Ceratodonto-Polytrichetea piliferi

(Tab. 4)

Die Klasse schließt alle Moos- und Flechtengesellschaften saurer, meist trockener Böden an lichtreichen Standorten ein. Sie gliedert sich in die zwei Ordnungen *Peltigeretalia* und *Polytrichetalia piliferi* (DREHWALD 1993). Erstere umfaßt Flechten-, die zweite Moosgesellschaften, daher ist nur die Ordnung *Peltigeretalia* für die vorliegenden Untersuchungen von Interesse. Nach DREHWALD wird sie in zwei Federationen, *Baeomycion rosei* und *Cladonion sylvaticae* (Syn. *Cladonion arbusculae*), unterteilt, welche PAUS (1997) noch um die Federation *Cladonion rei* ergänzt. Im Untersuchungsgebiet konnten Gesellschaften aller 3 Federationen nachgewiesen werden (s. Tab. 3 und Tab. 4).

Tab. 3: Syntaxonomische Übersicht der Gesellschaften innerhalb der Klasse *Ceratodonto-Polytrichetea piliferi*

Klasse		
Ceratodonto-Polytrichetea piliferi		
Ordnung		
Peltigeretalia		
Federation	Federation	Federation
Baeomycion rosei	Cladonion arbusculae	Cladonion rei
Union, Gesellschaft	Union, Gesellschaft	Union, Gesellschaft
Pycnothelio-Cladonietum cervicornis	Cladonia bacillaris-Ges.	Cladonia floerkeana- Cladonion rei-FG
Cladonia cervicornis-Baeomycion rosei-FG	Cladonietum mitis	Cladonietum rei
Dibaetum baeomycetis	Cladonia furcata- und Cladonia gracilis-Cladonion arb.-FG	Cladonia subulata-Cladonion rei-FG
Lecideetum uliginosae	Cladonietum foliaceae	

Forts. Tab. 4: Übersichtstabelle *Ceratodonto-Polytrichetea piliferi*

Einheit	1				2				3		
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3
D 2 + 3:											
OC Trapeliopsis granulosa	1	2	.	.	II	II	II	.	IV	I	.
Cladonia merochlorophaea	1	.	+	II	V	III	II	.	IV	III	.
OC Cladonia macilenta ssp. floerkeana	2	2	II	I	V	III	I	I	V	III	.
Cladonia macilenta ssp. macilenta	1	.	.	II	V	I	.	I	III	IV	.
OC Cladonia subulata	.	1	I	.	IV	I	I	I	IV	IV	V
OC Peltigeretalia:											
OC Cladonia coccifera	2	2	I	.	II	II	II	II	.	I	.
FC ₂ Cladonia ramulosa	.	1	.	.	I	+	.	.	.	II	.
FC ₂ Cladonia phyllophora	.	.	.	.	.	+	I	I	.	.	I
OC Cetraria islandica	.	.	+	.	.	+	+	.	.	.	.
UC _{1,4} Placynthiella uliginosa	.	.	+	I	+	.	.	.	+	.	.
UC _{2,2} Cladonia ciliata	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.
OC Peltigera didactyla	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	I
FC ₂ Cladonia crispata	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.
Begleiter Kryptogamen:											
Cephaloziella spec.	2	2	II	III	II	II	I	III	I	III	III
Hypnum cupressiforme s.l.	.	1	I	II	II	II	IV	I	I	III	I
Chlorophyta div. spec.	1	.	IV	III	III	r	II	.	III	I	II
Pohlia nutans	1	.	I	III	III	II	I	.	II	+	III
Dicranum scoparium	1	1	I	II	II	II	II	I	+	+	.
Polytrichum formosum	.	.	I	.	II	I	+	.	II	II	I
Cladonia glauca	1	.	.	.	II	II	II	II	.	.	.
Cladonia cryptochlorophaea	1	.	I	II	II	+	.	.	.	I	.
Pleurozium schreberi	.	.	+	.	.	II	+	.	I	I	I
Cladonia squamosa	.	1	.	I	I	II	I	.	.	+	.
Cladonia novochlorophaea	.	.	+	I	I	I	I	.	+	.	.
Campylopus introflexus	.	.	.	I	II	I	+	.	II	.	.
Cladonia spec.	.	.	II	.	I	r	I	I	I	+	.
Cyanophyta div. spec.	1	.	I	.	.	+	.	I	+	+	II
Cladonia coccifera/deformis agg.	.	.	I	.	I	+	.	I	.	+	.
Cladonia coniocraea	.	.	+	.	I	+	.	.	+	+	I
Polytrichum juniperinum	.	.	+	.	I	r	I	.	.	+	I
Dicranaceae spec.	.	.	I	I	I	.	.	.	II	.	.
Cladonia pyxidata ssp. pyxidata	.	.	+	.	.	+	.	I	.	+	I
Ditrichum heteromallum	.	.	II	I	.	.	.	.	.	.	.
diverse Algen	.	.	.	I	I	r	.	.	.	.	.
Dicranella heteromalla	1	.	+	II	+	.	.	.	.	.	.
Rhytidiadelphus squarrosus	.	.	+	.	.	r	+	.	.	.	I
Cladonia cf. cornuta	.	.	+	.	.	.	.	.	.	I	I
Buxbaumia aphylla	1	.	.	.	+	r	.	.	+	.	.
Musci spec.	.	.	I	.	+	.	.	.	.	+	.
Racomitrium lanuginosum	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	I
Racomitrium heterostichum agg.	.	.	.	.	.	r	+	.	.	.	I
Lepraria rigidula	1	.	.	I	.	.	+	.	.	.	.
Lepraria lobificans	.	.	+	I	+	.	.	.	.	.	.
Bryophyta spec.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	+	.
Diplophyllum albicans	.	.	.	II	.	.	.	.	.	.	.
Cladonia digitata	.	.	.	II	.	.	.	.	.	.	.
Bryum spec.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	II
Phanerogamen:											
Deschampsia flexuosa	1	1	II	II	II	III	II	.	III	II	I
Festuca ovina agg.	.	.	III	I	I	II	II	II	+	II	.
Calluna vulgaris	.	.	IV	III	II	r	.	.	+	II	II
Agrostis capillaris	.	.	II	.	.	.	.	.	.	II	I
Hieracium pilosella	.	.	+	.	.	I	I	.	.	+	.
Hieracium spec.	.	.	I	.	.	r	.	.	+	+	III
Rumex acetosella	.	.	.	.	.	r	I	II	.	I	.
Vaccinium myrtillus	.	.	I	.	+	.	+	.	+	+	.
Festuca rubra agg.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	II
Nardus stricta	.	.	.	II	I	.	.	.	.	.	.
Carex spec.	.	.	+	.	+	r	.	.	.	.	I
Scleranthus annuus agg.	.	.	.	.	.	.	+	II	.	.	.
Achillea millefolium	.	.	.	.	.	r	.	.	.	+	I
Galium saxatile	.	.	+	.	.	.	+	.	.	+	.
Hieracium lachenalii	.	.	+	I	.	.	.	.	.	+	.
Holcus lanatus	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	I

Ergänzung zu Tab. 4**Außerdem mit Stetigkeit < II und in weniger als 3 Einheiten:**

Agrostis stolonifera 10+; Andreaea rupestris 11:I; Arthrorhaphis citrinella 3:I; Betula pendula juv. 10:I; Brachythecium rutabulum 3+; Brachythecium spec. 10+; Calliergonella cuspidata 10+; Campanula rotundifolia 3+; Campylopus flexuosus 5+; 11:I; Carex ornithopoda 5+; Carex pilulifera 5+; Centaurea jacea 11:I; Cerastium semidecandrum 7+; Cladonia caespiticia 9:I; Cladonia pleurota 5:I; Cladonia polydactyla 5:I; Cladonia pyxidata 3+; Cladonia pyxidata ssp. grayi 7+; Cladonia scabriuscula 3+; 7+; Cladonia strepsilis 6+; Dianthus carthusianorum 8:I; Dicranodontium denudatum 5+; Dicranum montanum 5:I; Dicranum polysetum 5+; Ditrichum spec. 5+; 11:I; Epilobium spec. 11:I; Erophila verna 8:I; Galium glaucum 8:I; Helictotrichon pratense 7+; Hepaticae spec. 3+; Hypericum hirsutum 10+; Hypochaeris radicata 6+; 10+; Juncus effusus 11:I; Jungermannia gracillima 3:I; Jungermannia spec. 3+; Leontodon autumnalis 10+; Lepidozia reptans 4:I; Lepraria spec. 8:I; Leucobryum glaucum 5+; Linum catharticum 10+; Lophocolea cf. heterophylla 7+; Lophocolea heterophylla 4:I; 11:I; Lophozia spec. 9+; Luzula campestris 11:I; Luzula campestris agg. 3+; 7+; Luzula spec. 6+; Melampyrum arvense 6+; Micarea leprosula 6+; Micarea peliocarpa 10+; Neofuscelia verruculifera 8:I; Picea abies juv. 5:I; Pimpinella saxifraga 10+; Pinus sylvestris juv. 3+; Plagiothecium laetum 4:I; Polytrichum commune 7+; 10+; Populus tremula juv. 11:I; Potentilla anserina 10+; Potentilla erecta 3+; 4:I; Pottiaceae spec. 5+; 6+; Psilolechia lucida 5+; Ptilidium ciliare 5+; Quercus petraea juv. 6+; Quercus spec. 7+; Racomitrium canescens s.l. 6+; Rumex acetosa 6+; Scleropodium purum 10:I; 11:I; Sedum rupestre agg. 8:I; Silene spec. 7+; Tetraxis pellucida 4:I; Thymus praecox 8:I; Trapeliopsis pseudogranulosa 3+; 5+; Trifolium arvense 8:I; Trifolium spec. 7+; Vaccinium vitis-idaea 9+; Veronica spec. 10+; Veronica verna agg. 4:I; 8:I; Viola arvensis 7+; Weissia spec. 5+.

2.1.1 Baeomycion rosei

(Tab. 5; Tab. 6 im Anhang 3)

Das *Baeomycion rosei* vereinigt acidophytische Erdkrusten-Vereine auf Sand- und Rohhumusböden von der Niederung bis in die alpine Region (KLEMENT 1955). Die raschwüchsigen Erdkrusten der Federation können extreme Standortbedingungen gut meistern und für andere Kryptogamen eine besiedelbare Unterlage schaffen (SCHÖLLER 1991). In meinem nordhessischen Aufnahmematerial lassen sich innerhalb der Federation 3 Unionen und eine Fragmentgesellschaft unterscheiden.

Tab. 5: Stetigkeitstabelle *Baeomycion rosei*

Einheit 1: *Pycnothelio-Cladonietum cervicornis*
 Einheit 2: *Cladonia cervicornis-Baeomycion-Fragmentgesellschaft*
 Einheit 3: *Dibaeetum baeomycesis*
 3.1 *Cladonia cervicornis-Höhenform*
 3.2 *Baeomyces rufus-Höhenform*
 Einheit 4: *Lecideetum uliginosae*

Einheit	1	2	3		4
			3.1	3.2	
Zahl der Aufnahmen	2	2	6	12	5
mittlere Deckung Phanerogamen [%]	<5	<5	3,8	12,3	10,6
mittlere Deckung Flechten [%]	40,0	45,0	60,8	70,4	66,0
mittlere Deckung Moose [%]	11,3	<5	5,8	3,3	13,6
mAZ Phanerogamen	0,5	-	1,2	3,1	2,2
mAZ Flechten	9,0	9,5	6,0	3,3	5,4
mAZ Moose	4,0	3,0	2,8	2,6	4,4
D 1:					
UC <i>Pycnothelia papillaria</i>	2	.	I	.	.
D 1, Δ H 3.1:					
Sch <i>Cladonia cervicornis</i>	2	2	V	.	.
D 1-3:					
KC <i>Polytrichum piliferum</i>	2	2	V	III	.
D 3:					
UC <i>Dibaeis baeomyces</i>	.	.	V	V	I
Δ H 3.2:					
FC <i>Baeomyces rufus</i>	1	2	.	V	III
<i>Arthrorhaphis citrinella</i>	.	.	.	II	.

Forts. Tab. 5: Stetigkeitstabelle *Baeomycion rosei*

Einheit	1	2	3		4
			3.1	3.2	
D 4:					
Sch Placynthiella icmalea	.	2	.	.	III
UC Placynthiella oligotropha	.	.	.	.	II
Cladonia macilenta ssp. macilenta	1	.	.	.	II
Trapeliopsis gelatinosa	.	.	.	.	II
UC Placynthiella uliginosa	.	.	.	+	I
OC Peltigeretalia:					
Cladonia furcata ssp. furcata	.	2	II	.	.
Cladonia coccifera	2	2	II	.	.
Cladonia macilenta ssp. floerkeana	2	2	II	II	I
Cladonia subulata	.	1	I	I	.
Trapeliopsis granulosa	1	2	.	.	.
Cetraria aculeata	1	.	I	.	.
Cladonia ramulosa	.	1	.	.	.
Cladonia rei	.	1	.	.	.
Cladonia arbuscula	.	.	I	.	.
Cladonia portentosa	.	.	I	.	.
Cladonia humilis	.	.	.	+	.
Cetraria islandica	.	.	I	.	.
Cladonia gracilis	.	1	.	.	.
Cladonia uncialis	1	.	.	.	.
Begleiter Kryptogamen:					
Chlorophyta div. spec.	1	.	IV	IV	III
Cephaloziella spec.	2	2	II	II	III
Hypnum cupressiforme s.l.	.	1	I	I	II
Cladonia cryptochlorophaea	1	.	II	+	II
Pohlia nutans	1	.	II	+	III
Dicranum scoparium	1	1	II	.	II
Cladonia pyxidata ssp. chlorophaea	1	.	.	I	II
Cladonia merochlorophaea	1	.	I	.	II
Ditrichum heteromallum	.	.	.	II	I
Cladonia spec.	.	.	III	+	.
Cladonia coccifera/deformis agg.	.	.	III	.	.
Dicranella heteromalla	1	.	I	.	II
Cyanophyta div. spec.	1	.	II	.	.
Polytrichum formosum	.	.	.	II	.
Ceratodon purpureus	.	.	.	II	.
Cladonia digitata	.	.	.	.	II
Diplophyllum albicans	.	.	.	.	II
Dicranella cf. heteromalla	.	.	II	.	.
Phanerogamen:					
Deschampsia flexuosa	1	1	III	II	II
Festuca ovina agg.	.	.	I	III	I
Calluna vulgaris	.	.	I	V	III
Agrostis capillaris	.	.	.	II	.
Nardus stricta	.	.	.	.	II

Außerdem mit Stetigkeit < II und in weniger als 3 Einheiten:

Brachythecium rutabulum 4+; Bryophyta spec. 4+; Buxbaumia aphylla 1:1; Campanula rotundifolia 4+; Campylopus introflexus 5:I; Carex spec. 4+; Cladonia cf. cornuta 4+; Cladonia coniocraea 4+; Cladonia fimbriata 4+; 5:I; Cladonia glauca 1:1; Cladonia novochlorophaea 4+; 5:I; Cladonia pyxidata 3:I; Cladonia pyxidata ssp. pyxidata 3:I; Cladonia scabriuscula 4+; Cladonia squamosa 2:1, 5:I; Dicranaceae spec. 5:I; diverse Algen 5:I; Galium saxatile 4+; Hepaticae spec. 3:I; Hieracium lachenalii 4+; 5:I; Hieracium pilosella 3:I; Hieracium spec. 4:I; Jungermannia gracillima 4:I; Jungermannia spec. 4+; Lepidozia reptans 5:I; Lepraria lobificans 3:I, 5:I; Lepraria rigidula 1:1, 5:I; Lophocolea heterophylla 5:I; Luzula campestris agg. 4+; Musci spec. 4:I; Pinus sylvestris juv. 3:I; Plagiothecium laetum 5:I; Pleurozium schreberi 3:I; Polytrichum juniperinum 4+; Potentilla erecta 4+; 5:I; Rhytidadelphus squarrosus 4+; Tetraxis pellucida 5:I; Trapeliopsis pseudogranulosa 3:I; Vaccinium myrtillus 4:I; Veronica verna agg. 5:I.

2.1.1.1 *Dibaeetum baeomycetis*

(Tab. 5; Tab. 6 (Einheit 3) im Anhang 3; Taf. 1.1 im Anhang 2)

Syn.: *Baeomyces roseus*-Bestand (BIERMANN et al. 1994), *Baeomyces*-Facies (SOMMER 1972) = Synonym für *Baeomyces rufus*-dominierte Bestände ohne *Dibaeis baeomyces*.

a) Floristische Zusammensetzung, Physiognomie und Struktur

Das *Dibaeetum baeomycetis* grenzt sich durch *Dibaeis baeomyces* und durch das kleinwüchsige, für sonnige Standorte typische Moos *Polytrichum piliferum* gegen das *Lecideetum uliginosae* ab. *Dibaeis* ist die einzige Charakterart der Gesellschaft.

Das *Dibaeetum baeomycetis* kommt im Untersuchungsgebiet in Höhenlagen zwischen 300 und 780 m ü. NN vor. Es können zwei Höhenformen unterschieden werden. Die ***Cladonia cervicornis*-Höhenform** (Einheit 3.1) ist in tieferen Lagen, in 300-400 m ü. NN anzutreffen. In höheren Lagen, zwischen (410) 660 und 780 m ü. NN tritt dagegen die ***Baeomyces rufus*-Höhenform** (Einheit 3.2) auf. Beide Höhenformen werden jeweils durch die namensgebende Art differenziert. Ordnungscharakterarten der *Peltigeretalia* kommen nur in geringer Stetigkeit vor, sind aber in der *Cladonia cervicornis*-Höhenform etwas häufiger vertreten.

Das *Dibaeetum baeomycetis* ist eine artenarme Flechtengesellschaft. Die mittlere Artenzahl der Flechten beträgt 6,0 in der *Cladonia*- und 3,3 in der *Baeomyces*-Höhenform. An der mittleren Gesamtdeckung von 74 % in der *Cladonia*-Höhenform und 83 % in der *Baeomyces*-Höhenform haben die Flechten mit 61 bzw. 70 % hohen Anteil. Kümmerlich entwickelte Phanerogamen, wie etwa *Calluna vulgaris*, dringen meist nur randlich in die relativ geschlossenen Bestände ein und auch Moose spielen nur eine untergeordnete Rolle. Grünalgen können dagegen in einigen Fällen 15 bis 30 % Deckung aufweisen.

Physiognomisch handelt es sich um Krustenflechten-dominierte Bestände, in denen Becher- und Strauchflechten allenfalls geringe Deckungsgrade erreichen. Die dominante Art kann dabei sowohl *Dibaeis baeomyces* als auch *Baeomyces rufus* sein. Reinbestände von *Baeomyces rufus* sind im Untersuchungsgebiet gelegentlich an beschatteten Erdanrissen von Wegböschungen über saurem Ausgangsgestein zu finden, allerdings in der Regel nur kleinflächig ausgebildet. PAUS (1997) bezeichnet derartige Bestände als *Baeomyces rufus*-*Baeomyces rosei*-Fragmentgesellschaft. Aufnahme 22 in Tab. 6 entspricht dieser Gesellschaft, da es sich aber um die einzige derartige Aufnahme aus dem Untersuchungsgebiet handelt, wurde sie im vorliegenden Fall der *Baeomyces*-Höhenform des *Dibaeetum* angegliedert.

Am Orenberg bei Willingen tritt als floristische Besonderheit *Arthrorhaphis citrinella* in der *Baeomyces rufus*-Höhenform auf. *Arthrorhaphis* parasitiert anfangs häufig auf *Baeomyces*-Arten (WIRTH 1995). Sie wurde im Untersuchungsgebiet nur an dieser einen Lokalität gefunden und wird in der Roten Liste von Hessen (WIRTH et al. 1996) mit Gefährdungsgrad 2 eingestuft (s. Kap. E6.1).

b) Standorte und Vorkommen im UG

Das *Dibaeetum baeomycetis* ist in Nordhessen wenig verbreitet. Nur an wenigen Wuchsorten, z.B. in den Hochheiden des Waldecker Uplandes (MTB 4717/18), treten gut entwickelte Bestände auf. Die Union wurde im Untersuchungsgebiet mit insgesamt 18 Aufnahmen in 10 Teilgebieten erfaßt. Die *Baeomyces*-Höhenform ist in den Hochheiden am besten entwickelt. Es handelt sich dabei um Bereiche, die vor etwa 20 Jahren abgeplaggt wurden (WELTICKE mündl.) und nun ein Mosaik von größeren und kleineren Flecken mit Flechtenbewuchs sowie

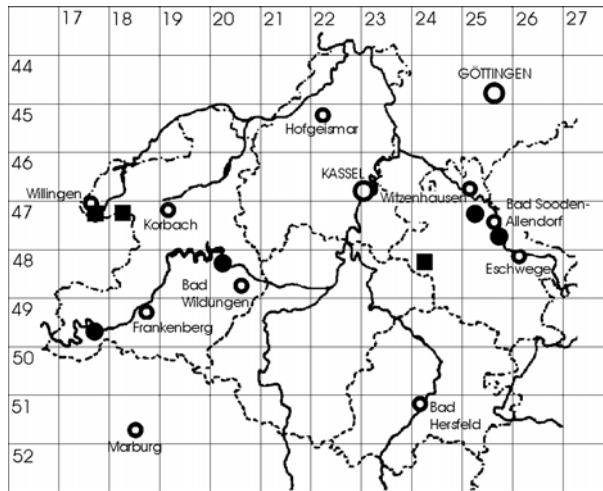


Abb. 8: Verbreitung des *Dibaeetum baeomycetis* im Untersuchungsgebiet: *Cladonia*-Höhenform; *Baeomyces*-Höhenform.

Calluna-Beständen darstellen. Weiter kommt das *Dibaeetum* an Wegrändern (z.B. am Ettelsberg bei Willingen) oder Erdanrissen von Wegböschungen vor, also auf etwas verdichteten Böden (s. auch BIERMANN et al. 1994). Die Größe der Bestände variiert erheblich: sie kann nur wenige Quadratdezimeter betragen, in abgeplagten Heideflächen jedoch auch bei mehr als 10 m² liegen. Das Abplaggen der Heide wirkt sich demnach ausgesprochen günstig auf diese Union aus.

Im Gegensatz zu *Dibaeis baeomyces* kommt *Baeomyces rufus* auch an schattig-feuchten Stellen vor. Die Art gedeiht optimal bei ausreichender Substrat- und/oder hoher Luftfeuchte, meist an ziemlich lichtarmen Standorten (SCHÖLLER 1991). Wohl aus diesen Gründen gibt SCHÖLLER für den Taunus an, die Art trete fast nie im *Baeomycion rosei* auf. In den niederschlagsreichen Berglagen Nordhessens sind die Standortbedingungen für *Baeomyces rufus* jedoch so günstig, daß sich sogar eine *Baeomyces rufus*-Höhenform ausbilden kann. Rötliche Eisenkonkretionen im Boden weisen an dem am tiefsten gelegenen *Baeomyces*-Standort in der Zeche Glimmerode (MTB 4824) auf wechselfeuchte Bedingungen hin, wie sie auch BIERMANN et al. (1994) für *Baeomyces*-Dominanzbestände angeben. Die *Cladonia cervicornis*-Höhenform wurde überwiegend in Traubeneichenwäldern am Edersee (MTB 4820) bzw. im Gebiet des Hohen Meißners (MTB 4725) gefunden. Aufgrund der trockeneren Standortverhältnisse bleibt *Baeomyces rufus* in diesen Wäldern auf wenige Stellen, auf substratfeuchte Erdanrisse an Wegrändern beschränkt. Beide Höhenformen stehen somit auch für eine unterschiedlich gute Feuchtigkeitsversorgung der jeweiligen Standorte.

Das *Dibaeetum baeomycetis* ist als Pioniergesellschaft einzustufen und kann bei fortschreitender Vegetationsentwicklung von Phanerogamen oder, sofern die Standortbedingungen für Flechtenbewuchs günstig bleiben, von Gesellschaften des *Cladonion arbusculae* (s. Kap. E2.1.2) abgelöst werden. Das *Pycnothelio-Cladonietum cervicornis* (s. Kap. E2.1.1.3) als Folgegesellschaft dürfte in Nordhessen nur an

wenigen Standorten in Traubeneichenwäldern eine Rolle spielen. Das *Dibaeetum baeomycetis* siedelt meist auf skelettreichen Böden über Grauwacke bzw. Tonschiefer. Die Böden haben allenfalls eine dünne Streuauflage. Die pH(KCl)-Werte liegen zwischen 3,4 und 4,3 (s. Tab. 11). Die Standorte sind überwiegend sonnig bzw. werden nur gelegentlich beschattet.

2.1.1.2 *Lecideetum uliginosae*

(Tab. 5; Tab. 6 (Einheit 4) im Anhang 3)

Syn.: *Lecidea uliginosa*-Gesellschaft (TOBLER & MATTICK 1938), *Lecidea granulosa-uliginosa*-Assoziation (LANGERFELDT 1939), *Baeomycetum rufi* Duvigneaud 1939 p.p., *Biatorium uliginosae* Langerfeldt ex. Klement 1947, *Placynthiella uliginosa*-Verein (DANIELS et al. 1993).

a) Floristische Zusammensetzung, Physiognomie und Struktur

Die Trennartengruppe dieser Gesellschaft wird gebildet aus *Placynthiella icmalea*, *P. oligotropa*, *P. uliginosa*, *Trapeliopsis gelatinosa* und *Cladonia macilenta* ssp. *macilenta*. *Placynthiella oligotropa* und *P. uliginosa* sind als Charakterarten einzustufen (s. PAUS 1997), im vorliegenden Aufnahmematerial jedoch ziemlich selten. Im Untersuchungsgebiet wesentlich häufiger ist die verwandte Art *Placynthiella icmalea*, die zwar in den anderen Federationen der *Peltigeretalia* ebenfalls auftritt, ihren Schwerpunkt aber im *Lecideetum uliginosae* hat.

Bezüglich der Dominanzverhältnisse erweisen sich die Bestände als recht uneinheitlich. Für das Untersuchungsgebiet sind Dominanzbestände von *Placynthiella oligotropa*, *Trapeliopsis gelatinosa* und *Placynthiella icmalea* durch Aufnahmen belegt. Letztere sind mit den ranglosen *Placynthiella icmalea*-Beständen bei BIERMANN et al. (1994) gleichzusetzen, welche im Gegensatz zu *Baeomyces*- bzw. *Dibaeis*-Beständen Böden mit höherem Humusgehalt bevorzugen sollen. Dem *Trapeliopsis gelatinosa*-Dominanzbestand (Tab. 6, Aufn. 27) fehlen die Kennarten des *Lecideetum*, es sind jedoch auch keine Charakterarten vorhanden, die eine Einordnung in eine der anderen Unionen zuließen. Aufgrund der physiognomischen Ähnlichkeit wird der Bestand daher dem *Lecideetum* angeschlossen.

Das *Lecideetum* ist geprägt von den dunkelbraun bis braungrün gefärbten Krusten der *Placynthiella*-Arten, in die gelegentlich Becherflechten und einige meist kleinwüchsige Moose eingestreut sind. Die mittlere Artenzahl der Flechten liegt bei 5,4, die der Moose bei 4,4 und die der Phanerogamen lediglich bei 2,2. Die dominierende Artengruppe sind die Flechten, die im Mittel mit 66 % den bei weitem größten Anteil an der Gesamtdeckung von durchschnittlich 86 % haben.

b) Standorte und Vorkommen im UG

Das *Lecideetum uliginosae* konnte in Nordhessen nur durch 5 Aufnahmen an 3 Wuchsorten belegt werden und ist daher zu den seltenen Flechtengesellschaften zu zählen. Die Vegetationsaufnahmen stammen überwiegend aus Buntsandsteingebieten, wo die Union bei guter Entwicklung mehrere Quadratmeter bedecken kann. Die zugehörigen, sauren Böden weisen pH(KCl)-Werte von 3,2 bis 3,8 auf. Die elektrolytische Leitfähigkeit des Bodens ist gering (Median 85 $\mu\text{S}/\text{cm}$), liegt jedoch deutlich über den Werten der anderen

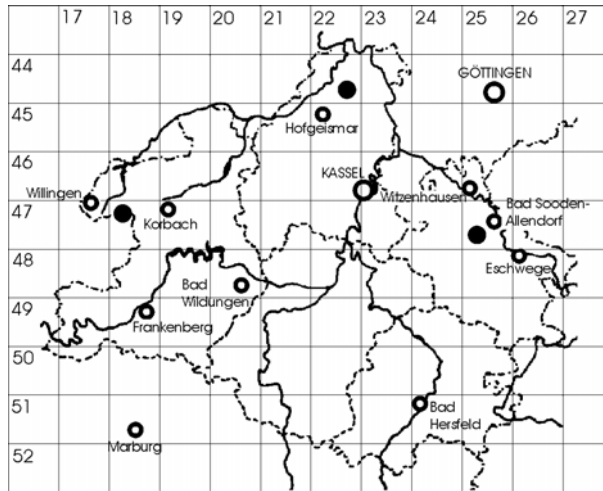


Abb. 9: Verbreitung des *Lecideetum uliginosae* im Untersuchungsgebiet.

Baeomycion-Gesellschaften im Untersuchungsgebiet (s. Tab. 11). Die Standorte sind bezüglich der Feuchtigkeitsverhältnisse als frisch einzustufen und sonnig bis halbschattig. Die Union tritt an offenen Stellen innerhalb von *Calluna vulgaris*-Beständen auf oder besiedelt Erdanrisse, beispielsweise an Wegböschungen in bodensauren Buchenwäldern (*Luzulo-Fagetum*). Wie das *Dibaeetum baeomycetis* hat auch das *Lecideetum* Pioniercharakter. Anhand der wenigen Aufnahmen lassen sich allerdings kaum Aussagen über die weitere Vegetationsentwicklung machen; an den Wegböschungen dürfte die Gesellschaft jedoch zumindest so lange Bestand haben, bis entweder neue Erdbewegungen den Flechtenbewuchs zerstören oder Phanerogamen die konkurrenzschwachen Flechten überwachsen. Nach SOMMER (1972) ist die Gesellschaft resistenter gegenüber Tritteinwirkungen als *Baeomyces*-Bestände und kann in Heideflächen im Sukzessionsverlauf in ein *Cladonietum mitis* übergehen.

2.1.1.3 *Pycnothelio-Cladonietum cervicornis* und *Cladonia cervicornis*-*Baeomycion rosei*-Fragmentgesellschaft

(Tab. 5; Tab. 6 (Einheiten 1 + 2) im Anhang 3)

Syn.: *Cladonia cervicornis*-Assoziation (LANGERFELDT 1939)

a) Floristische Zusammensetzung, Physiognomie und Struktur

Das *Pycnothelio-Cladonietum cervicornis* ist im Untersuchungsgebiet nur schlecht repräsentiert. Lediglich in zwei erfaßten Beständen kommt die bei PAUS (1997) als Charakterart der Gesellschaft angegebene *Pycnothelia papillaria* vor. Sie ist im Untersuchungsgebiet generell sehr selten, es konnten nur 3 Fundorte notiert werden (s. Artenliste im Anhang 1). Die zweite bei PAUS (1997) aufgeführte Unionscharakterart *Cladonia strepsilis* hat in Nordhessen ebenfalls nur wenige Vorkommen, sie wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen nur ein einziges Mal, allerdings in einem *Cladonion arbusculae*-Bestand, entdeckt.

Bei Einheit 2 handelt es sich um eine artenarme Form der Gesellschaft, nur gekennzeichnet durch das Auftreten von *Cladonia cervicornis*, die jedoch nicht als Unionscharakterart, sondern lediglich als Schwerpunktart des *Pycnothelio-Cladonietum cervicornis* gewertet werden kann (PAUS 1997). Aufgrund des Fehlens beider Unionscharakterarten und des Auftretens der Federationscharakterart *Baeomyces rufus* werden diese beiden Bestände als *Cladonia cervicornis-Baeomycion rosei*-Fragmentgesellschaft eingestuft.

Sowohl im *Pycnothelio-Cladonietum cervicornis* als auch in der *Cladonia cervicornis-Baeomycion rosei*-Fragmentgesellschaft spielen Ordnungscharakterarten der *Peltigeretalia* eine gewisse Rolle, z.B. *Cladonia coccifera* s.str. und *Cl. macilenta* ssp. *floerkeana*. Sie zeigen, ebenso wie *Cl. subulata* und *Trapeliopsis granulosa*, die Nähe zu Gesellschaften des *Cladonion arbusculae* an, als deren Vorstufe das *Pycnothelio-Cladonietum cervicornis* auf manchen Standorten gelten kann (s. BIERMANN et al. 1994). Die wenigen Bestände im Untersuchungsgebiet siedeln jedoch an Hängen in Traubeneichenwäldern und stellen dort vermutlich Dauerstadien der Flechtenbesiedlung dar, da auf diesen Standorten eine Entwicklung hin zum *Cladonion arbusculae* aufgrund der Instabilität des Substrates nicht zu erwarten ist.

Die Bestände sind sehr lückig, auf größerer Fläche zeigt sich offener Boden sowie das verwitterte Ausgangsgestein. Cladonien bestimmen mit ihren Primärthalli das Erscheinungsbild. Podetien werden, zumindest bei *Cl. cervicornis*, selten ausgebildet. In den wenigen Fällen, in denen bei *Cl. cervicornis* Podetien auftreten, lassen diese erkennen, daß es sich um die Subspezies *verticillata* handeln muß. Krustenflechten spielen nur eine untergeordnete Rolle. Mit durchschnittlich 9,3 Flechtenarten sind beide Gesellschaften artenreicher als die anderen *Baeomycion*-Gesellschaften des Untersuchungsgebietes. Als eine floristische Besonderheit der Bestände ist das Koboldmoos *Buxbaumia aphylla* zu nennen.

b) Standorte und Vorkommen im UG

Außer dem oben genannten Faktor der Substratinstabilität sind die Standorte gekennzeichnet durch skelettreiche Böden über Grauwacke bzw. Tonschiefer, deren pH(KCl)-Wert bei 3,3 bis 4,2 liegt und die nur geringe Wasserhaltekapazität besitzen. Die Streuauflage ist gering bis fehlend. Durch die Kronen der umstehenden, schlechtwüchsigen Eichen gelangt reichlich Sonnenlicht auf den Boden. Dieser Umstand ermöglicht photophilen Arten wie *Cladonia cervicornis* ssp. *verticillata* und *Pycnothelia papillaria* ein

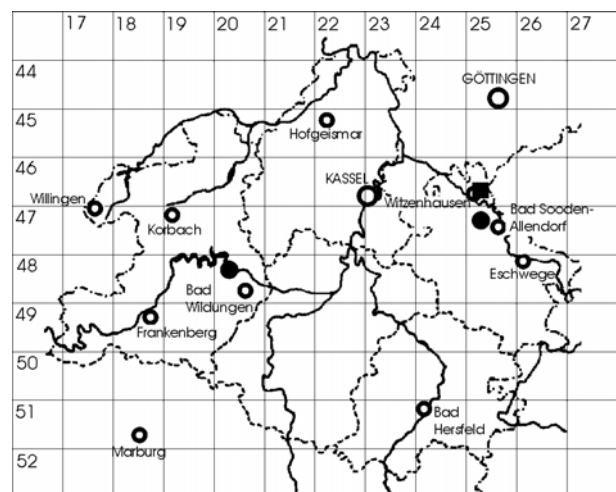


Abb. 10: Verbreitung des *Pycnothelio-Cladonietum cervicornis* und der *Cladonia cervicornis-Baeomycion-FG* im Untersuchungsgebiet.

Vorkommen innerhalb des Waldes. Auch wenn die einzelnen Flecken mit Flechtenbewuchs auf dem Waldboden oft sehr klein sind, so können zusammengenommen an den Hängen doch an die 20 m² große Vorkommen auftreten. Forstwirtschaftlich sind diese ehemaligen Niederwälder im Meißner- und Ederseegebiet (MTB 4725 und 4820), nicht zuletzt wegen der Steilhanglage, heute uninteressant. Eine Beeinträchtigung der Flechtenbestände durch die Forstwirtschaft besteht daher nicht.

Anmerkung:

Die nordhessischen Bestände sind in etwa den artenarmen Dominanzbeständen von *Cl. cervicornis* ssp. *verticillata* (PAUS 1997) gleichzusetzen, welche vor allem an trockenen, stärker exponierten Standorten entstehen sollen. Generell ist das *Pycnothelio-Cladonietum cervicornis* in Nordwestdeutschland allerdings in erster Linie kennzeichnende Synusie des *Genisto-Callunetum*. Sie ist typisch für binnenländische Zwergstrauchheiden in subatlantisch getönten Tieflandregionen sowie niederschlagsreichen montanen Lagen, wo sie bevorzugt an Stellen siedelt, an denen der Boden länger feucht bleibt (PAUS 1997). Als Pioniergesellschaft soll die Union für frühe Aufbauphasen der Heiden charakteristisch sein (BIERMANN et al. 1994), konnte jedoch in keiner der untersuchten nordhessischen Heiden nachgewiesen werden.

2.1.2 *Cladonion arbusculae*

(Tab. 7; Tab. 8 im Anhang 3)

Syn.: *Cladonion silvaticae* Klement 1950

Die Federation faßt azidiphile Strauchflechten-Gesellschaften auf sterilen Sand- und Rohhumusböden oder auch auf trockenen, zersetzten Stubben zusammen (KLEMENT 1955). Sie ist im Gebiet mit 4 Gesellschaften vertreten.

2.1.2.1 *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft

(Tab. 7; Tab. 8 (Einheit 1) im Anhang 3; Taf. 1.2 im Anhang 2)

Syn.: *Cladonia bacillaris*-Assoziation (KRIEGER 1937), *Cladonia bacillaris-Cladonia glauca*-Gesellschaft (TOBLER & MATTICK 1938), *Cladonietum glaucae* Daniels 1983, *Lecideea-Cladonia floerkeana*-Mikrogesellschaft (DANIELS et al. 1987), *Placynthiella uliginosa-Cladonia glauca*-Verein (DANIELS et al. 1993), *Cladonia bacillaris*-Mikrogesellschaft (PAUS 1997).

a) Floristische Zusammensetzung, Physiognomie und Struktur

Trennart der Gesellschaft ist *Cladonia grayi* s.str. Zur Abtrennung gegen andere *Cladonion arbusculae*-Gesellschaften kann auch die Gruppe der Grünalgen herangezogen werden. Das Fehlen von Charakterarten läßt eine Einordnung lediglich als ranglose Gesellschaft zu (s. PAUS 1997). Federationscharakterarten (*Cladonia uncialis*, *Cl. portentosa* und *Cl. ramulosa*) sind wenig vertreten und erreichen nur geringe Stetigkeiten, ebenso die Ordnungscharakterarten *Cl. coccifera* s.str. und *Trapeliopsis granulosa*. *Cl. subulata* (OC) tritt dagegen mit hoher Stetigkeit in den Beständen auf.

Weitere Arten, die ihren Schwerpunkt in der Gesellschaft haben und zur Charakteristischen Artenverbindung gehören sind *Cl. macilenta* ssp. *floerkeana* (OC) und *Cl. macilenta* ssp. *macilenta* sowie *Cl. merochlorophaea*. Auf eine Unterteilung in Typische Ausbildung und Ausbildung mit *Cl. glauca*, wie dies PAUS (1997) vorgenommen hat, wurde bei den nordhessischen Beständen verzichtet. *Cl. glauca* kommt in einem Teil der Aufnahmen vor. *Cl. novochlorophaea*, von PAUS als zweite Trennart der *Cladonia glauca*-Ausbildung genannt, ist aber im gesamten Untersuchungsgebiet und somit auch in der *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft zu selten, um zur Differenzierung von Einheiten herangezogen werden zu können.

Stift- und becherförmige, sorediöse Cladonien sind bestandsbildend, darunter vor allem die auffallenden rotfrüchtigen Unterarten von *Cl. macilenta*. Häufig treten diese Arten in gleichen Anteilen auf, jedoch finden sich im vorliegenden Aufnahmematerial auch Dominanzbestände von *Cl. merochlorophaea* und *Cl. subulata*. Strauchflechten sind nur sehr sporadisch eingestreut. Die mittleren Artenzahlen verteilen sich wie folgt: Flechten 7,2, Moose 6,9 und Phanerogamen 3,5. Phanerogamen können bis 40 % Deckung erreichen (Mittelwert 18 %). Moose kommen mit einer mittleren Deckung von 17 % vor. Algen treten gelegentlich auf, jedoch meist nur in geringer Deckung. Die Bestände sind unterschiedlich lückig, der Anteil an offenem Boden liegt zwischen 4 und 45 %.

Tab. 7: Stetigkeitstabelle *Cladonion arbusculae*Einheit 1: *Cladonia bacillaris*-GesellschaftEinheit 2: *Cladonietum mitis*2.1 *cladonietosum merochlorophaeae*2.2 *typicum*

2.2.1 Typische Variante

2.2.2 *Cladonia rangiferina*-VarianteEinheit 3: *Cladonia furcata*-*Cladonion arbusculae*-FG und*Cladonia gracilis*-*Cladonion arbusculae*-FGEinheit 4: *Cladonietum foliaceae*

Einheit	1	2		3	4	
		2.1	2.2			
			2.2.1			2.2.2
Zahl der Aufnahmen	18	14	5	12	13	7
mittlere Deckung Phanerogamen [%]	8,2	11,6	13,0	1,2	7,2	4,6
mittlere Deckung Flechten [%]	50,0	60,4	72,0	63,8	54,2	50,7
mittlere Deckung Moose [%]	11,5	12,6	11,6	23,8	22,5	26,1
mAZ Phanerogamen	3,5	1,2	2,2	1,0	1,7	1,9
mAZ Flechten	7,2	9,6	5,0	6,0	5,1	5,9
mAZ Moose	6,9	3,1	1,6	2,2	2,6	2,4
D 1:						
Cladonia grayi s.str.	III	+	.	.	+	I
Chlorophyta div. spec.	III	+	.	.	II	.
D 1, d 2.1:						
Cladonia macilenta ssp. macilenta	V	III	.	.	.	I
OC Cladonia subulata	IV	II	.	.	I	I
Pohlia nutans	III	II	.	I	I	.
OC Trapeliopsis granulosa	II	III	.	+	II	.
Campylopus introflexus	II	II	.	.	+	.
Cladonia macilenta ssp. floerkeana	V	IV	II	II	I	I
Cladonia merochlorophaea	V	IV	II	II	II	.
D 2:						
FC Cladonia gracilis	+	IV	IV	IV	II	I
FC Cladonia uncialis	+	III	IV	II	+	.
UC Cladonia arbuscula	.	IV	III	III	.	.
UC Cladonia portentosa	+	II	III	III	.	.
d 2.1 + 2.2.1:						
Pleurozium schreberi	.	II	III	.	+	.
d 2.1:						
UC Cladonia ciliata	.	II	.	II	.	.
OC Cladonia coccifera	II	IV	.	I	II	II
d 2.1, D 4:						
KC Polytrichum piliferum	I	IV	I	.	II	V
Ceratodon purpureus	.	III	.	.	+	V
D 4:						
Cladonia rangiformis	.	.	.	I	+	V
UC Cladonia foliacea	.	.	.	.	I	V
d 2.2.2, D 3 + 4:						
OC <i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>furcata</i>	I	II	I	IV	V	IV
d 2.2.2, D 3:						
Hypnum cupressiforme s.l.	II	+	.	V	IV	I

Forts. Tab. 7: Stetigkeitstabelle *Cladonion arbusculae*

Einheit	1	2		3	4		
		2.1	2.2				
			2.2.1			2.2.2	
d 2.2.2:							
FC	Cladonia rangiferina	.	+	.	IV	II	.
	Cladonia squamosa	I	+	I	III	I	.
	Polytrichum formosum	II	.	.	III	+	.
	Dicranum scoparium	II	I	.	III	II	I
FC*, OC:							
*	Cetraria aculeata	.	III	II	.	II	III
*	Cladonia phyllophora	.	I	.	+	I	I
	Placynthiella oligotropha	I	.	.	.	+	I
*	Cladonia ramulosa	I	+	.	+	.	.
*	Cladonia crispata	.	.	.	+	.	.
	Dibaeis baeomyces	.	+	.	.	.	.
	Baeomyces rufus	+	+	.	.	.	.
	Peltigera didactyla	.	+	.	.	.	.
	Placynthiella uliginosa	+	.	.	.	.	.
	Cetraria islandica	.	I	I	.	+	.
Begleiter Kryptogamen:							
	Cladonia glauca	II	III	.	I	II	II
	Cephaloziella spec.	II	II	II	.	I	III
	Placynthiella icmalea	II	II	I	+	+	I
	Cladonia novochlorophaea	I	II	.	I	I	.
	Cladonia pyxidata ssp. chlorophaea	.	I	I	.	II	II
	Cladonia cervicornis	I	II	.	+	+	.
	Cladonia cryptochlorophaea	II	I	.	.	.	.
	Cladonia spec.	I	+	.	.	I	I
	Cladonia coccifera/deformis agg.	I	+	.	+	.	I
	Cladonia fimbriata	+	.	.	.	I	I
	Polytrichum juniperinum	I	.	I	.	I	.
Phanerogamen:							
	Deschampsia flexuosa	II	I	II	IV	II	.
	Festuca ovina agg.	I	III	III	.	II	II
	Hieracium pilosella	.	II	I	.	I	.
	Calluna vulgaris	II	.	I	.	.	.
	Rumex acetosella	.	.	I	.	I	II
	Scleranthus annuus agg.	.	.	.	.	+	II

Außerdem mit Stetigkeit < II und in weniger als 3 Einheiten:

Achillea millefolium 3:I; Bryophyta spec. 1:+; Buxbaumia aphylla 1:+, 2:+; Campylopus flexuosus 1:+; Carex ornithopoda 1:+; Carex pilulifera 1:+; Carex spec. 1:+, 2:+; Cerastium semidecandrum 5:+; Cladonia coniocraea 1:I, 4:I; Cladonia pleurota 1:I; Cladonia polydactyla 1:I; Cladonia pyxidata ssp. grayi 5:+; Cladonia pyxidata ssp. pyxidata 2:I, 6:I; Cladonia scabriuscula 5:+; Cladonia strepsilis 2:+; Cyanophyta div. spec. 2:I, 6:I; Dianthus carthusianorum 6:I; Dicranaceae spec. 1:+; Dicranella cf. heteromalla 1:+; Dicranella heteromalla 1:+; Dicranodontium denudatum 1:+; Dicranum montanum 1:I; Dicranum polysetum 1:+; Dicranum scoparium 4:+; Ditrichum spec. 1:+; diverse Algen 1:I, 2:+; Erophila verna 6:I; Galium glaucum 6:I; Galium saxatile 5:+; Helictotrichon pratense 5:+; Hieracium spec.3:I; Hypochaeris radicata 2:+; Lepraria lobificans 1:+; Lepraria rigidula 5:+; Lepraria spec. 6:I; Leucobryum glaucum 1:+; Lophocolea cf. heterophylla 5:+; Luzula campestris agg. 5:+; Luzula spec. 3:I; Melampyrum arvense 4:+; Micarea leprosula 2:+; Musci spec. 1:+; Nardus stricta 1:I; Neofuscelia verruculifera 6:I; Picea abies juv. 1:I; Polytrichum commune 5:+; Pottiaceae spec. 1:+,3:I; Psilolechia lucida 1:+; Ptilidium ciliare 1:+; Quercus petraea juv. 4:+; Quercus spec. 5:+; Racomitrium canescens s.l. 2:+; Racomitrium heterostichum agg. 2:+, 5:+; Racomitrium lanuginosum 2:I, 5:+; Rhytidiadelphus squarrosus 2:+, 5:+; Rumex acetosa 2:I; Sedum rupestre agg. 6:I; Silene spec. 5:+; Thymus praecox 6:I; Trapeliopsis pseudogranulosa 1:+; Trifolium arvense 6:I; Trifolium spec. 5:+; Vaccinium myrtillus 1:+, 5:+; Veronica verna agg. 6:I; Viola arvensis 5:+; Weissia spec. 1:+.

b) Standorte und Vorkommen im UG

Die *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft wurde für das Untersuchungsgebiet durch 18 Aufnahmen belegt und an 8 Wuchsorten angetroffen. Viele der am Aufbau der Gesellschaft beteiligten Arten sind im Untersuchungsgebiet weit häufiger, treten jedoch meist nur als vereinzelte Ansiedlungen und nicht innerhalb größerer Flechtenbestände auf. Die Gesellschaft besiedelt schwach bis stark geneigte Flächen unterschiedlichster Expositionen vorwiegend in Buntsandsteingebieten.

Überwiegend treten dort skelettarme, saure Böden auf, deren pH(KCl)-Wert zwischen 2,9 und 4,0 liegt. Die Streubedeckung variiert erheblich (5 bis 60 %). Ebenso stark unterscheiden sich die elektrolytischen Leitfähigkeitswerte der Bodenproben (s. Tab. 11). Einige der Bestände siedeln auf einer Rohhumusauflage. Das Mikroklima an den Standorten kann als sonnig bis leicht beschattet und meist trocken bezeichnet werden.

Die Gesellschaft bedeckt immer nur kleine Flächen. Jedoch kann die Summe aller Flächen an einem Wuchsort bis zu 10 m² betragen. Als umgebende Phytozönosen sind Zwergstrauchheiden (z.B. Battenfelder Driescher, MTB 4917), Fichtenforste (z.B. Niestetal, MTB 4724) und Traubeneichenwälder (z.B. Ederseegebiet, MTB 4820) zu nennen. Bevorzugte Standorte innerhalb der Wälder sind Erdanrisse an Wegen und Pfaden oder sonstige Abbruchkanten z.B. an Steinbrüchen. Nach PAUS (1997) nehmen derartige Bestände im Sukzessionsverlauf eine intermediäre Stellung zwischen den Pioniergesellschaften des *Baeomycion rosei* und dem *Cladonietum mitis* als Endstadium der Flechtenentwicklung ein. Alle Sukzessionsstadien dieser Abfolge lassen sich beispielsweise in der Heidellandschaft „Battenfelder Driescher“ beobachten. An Wegböschungen und Steinbruchkanten dürfte die Entwicklung aufgrund der Substratinstabilität dagegen wohl kaum über das Stadium der *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft hinausgehen.

Syntaxonomische Anmerkung:

PAUS (1997) verwendet den Namen *Cladonia bacillaris*-Mikrogesellschaft. Unter dem Begriff „Mikrogesellschaft“ werden nach BARKMAN (1968/1973) jedoch floristisch eigenständige Teilbestände mit mehreren Schichten (↔ Synusie), als strukturelles Element verstanden, die auf einem Kleinstandort innerhalb einer größeren Pflanzengesellschaft siedeln. „Mikrogesellschaft“ nach BARKMAN bezieht sich also nicht syntaxonomisch wie bei PAUS auf das Fehlen von Charakterarten. Aus diesem Grunde wird in der vorliegenden Arbeit die Bezeichnung „Gesellschaft“ verwendet.

Das *Cladonietum bacillaris* Krieger 1937 wird bei DREHWALD (1993) innerhalb des Verbandes *Cladonion coniocraeae* in die Klasse *Cladonio-Lepidozietea reptantis* Ježek & Vondráček 1962

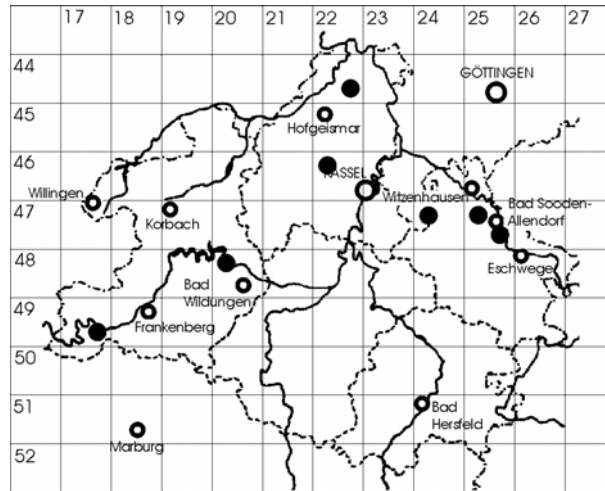


Abb. 11: Verbreitung der *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft im Untersuchungsgebiet.

eingeorordnet. Als Charakterarten gelten *Cladonia glauca* und *Cl. macilenta* ssp. *floerkeana*. Die Gesellschaft siedelt auf morschem Holz, Rohhumus und humusreichen Sandböden. Sie läßt sich in zwei Subassoziationen unterteilen. Die Subassoziation *polytrichetosum piliferi* bevorzugt humusreiche Sandböden, die Subassoziation *typicum* kommt auf morschem Holz und Rohhumus vor. Beide Subassoziationen entsprechen in ihrer Artenzusammensetzung teilweise der *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft, enthalten jedoch darüber hinaus eine Reihe von Flechtenarten, die auch auf morschem Holz häufig anzutreffen sind, z.B. *Cladonia digitata*, *Cl. coniocraea*, *Trapeliopsis flexuosa* etc.

2.1.2.2 Cladonietum mitis

(Tab. 7; Tab. 8 (Einheit 2) im Anhang 3; Taf. 1.3 im Anhang 2)

Syn.: *Cladonietum* Preis 1937, *Cladonia bacillaris*-Assoziation (KRIEGER 1937 p.p.), *Cladonia furcata*-Assoziation (KRIEGER 1937), *Cladonia mitis*-Assoziation (LANGERFELDT 1939), *Cladonia squamosa*-Assoziation (KAISER 1926) p.p., *Cladonia uncialis*-Assoziation (KRIEGER 1937) p.p., *Cladonia glauca*-*Cladonia mitis*-Gesellschaft (MAGNUSSON 1982), *Cladonia portentosa*-Gesellschaft (MAGNUSSON 1982), *Cladonietum portentosae* prov. (SLOOF et al. 1986), *Cladonia portentosa*-Verein (DANIELS et al. 1993), *Cladinetum mitis* (Krieg.) Follm. (in FOLLMANN 1981).

a) Floristische Zusammensetzung, Physiognomie und Struktur

Die Trennartengruppe der Union setzt sich zusammen aus *Cladonia arbuscula* (UC), *Cl. portentosa* (UC) sowie den Federationscharakterarten *Cl. gracilis* und *Cl. uncialis*. Die Union läßt sich in zwei Subunionen gliedern (s. auch PAUS 1997). Das ***Cladonietum mitis cladonietosum merochlorophaea*** (Einheit 2.1) wird durch die Arten *Cl. ciliata* (UC), *Cl. coccifera* s.str. (OC), *Polytrichum piliferum* (KC) und *Ceratodon purpureus* differenziert. Als weitere Trennartengruppe ist die von *Cl. macilenta* ssp. *macilenta* zu nennen, zu der unter anderem auch *Cl. subulata* (OC) und *Trapeliopsis granulosa* (OC) gehören. *Cl. macilenta* ssp. *floerkeana* und *Cl. merochlorophaea* zeigen höhere Stetigkeiten als in der zweiten Subunion des *Cladonietum mitis*. Diese Arten stellen vermutlich Relikte der *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft als vorhergehendem Sukzessionsstadium dar (PAUS 1997). Die Nähe der Subunion zur *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft wird vor allem durch die Aufnahmen 19 bis 21 in Tab. 8 verdeutlicht, in denen *Trapeliopsis granulosa* dominiert, die jedoch auch Unionscharakterarten des *Cladonietum mitis* aufweisen. *Trapeliopsis* zeigt sich in diesen Beständen außerdem reich fruchtend. Aspektbestimmend in der Subunion *cladonietosum merochlorophaea* sind weniger die sogenannten Rentierflechten, als vielmehr die konkurrenzschwächeren stift- und becherförmigen Arten.

Das ***Cladonietum mitis typicum*** (Einheit 2.2; Taf. 1.3) tritt in zwei Varianten auf. Die **Typische Variante** (Einheit 2.2.1) umfaßt relativ artenarme Strauchflechtenbestände, in denen jeweils eine der Arten der CAV dominant ist. Diesen Beständen lassen sich die Aufnahmen 36 und 37 in Tab. 8 angliedern, die keine Unionscharakterarten des *Cladonietum mitis* aufweisen, als besonders artenarme Ausprägung aber dennoch in diese Einheit gestellt wurden. Korrekterweise müßten sie jedoch, jeweils nach der dominierenden Art benannt, als *Cladonia uncialis*- bzw. *Cetraria aculeata*-*Cladonion arbusculae*-Fragmentgesellschaft bezeichnet werden. Die ***Cladonia rangiferina*-Variante** (Einheit 2.2.2) wird durch die Differentialarten *Cl. furcata* ssp. *furcata* (OC), *Hypnum cupressiforme* s.l., *Cl. rangiferina* (FC), *Cl. squamosa* sowie das Moos *Polytrichum formosum* von der Typischen Variante abgegrenzt. Sie ist die

charakteristische Ausbildung der Bestände in den Traubeneichenwäldern des Untersuchungsgebietes.

Mit durchschnittlich 9,6 Flechtenarten ist das *Cladonietum mitis cladonietosum merochlorophaeae* artenreicher als die beiden Varianten der Typischen Subunion (mittlere Artenzahl 5,0 bzw. 6,0). Phanerogamen und Moose kommen in allen Einheiten nur mit wenigen Arten vor. Auch die *Cladonia rangiferina*-Variante des *Cladonietum mitis typicum* ist nicht reich an Moosarten, es sind dort nur wenige, kräftige Moose, wie z.B. *Polytrichum formosum* oder *Hypnum cupressiforme* s.l., die höchstet und mit teilweise recht hohen Deckungsgraden auftreten.

In den dicht geschlossenen Beständen des *Cladonietum mitis* erreichen Phanerogamen und Kryptogamen eine Gesamtdeckung von bis zu 100 %. Nur in der Subunion *cladonietosum merochlorophaeae* sind bisweilen Steine an der Bodenoberfläche sichtbar. Die höchste Flechtendeckung (durchschnittlich rund 70 %) zeigt die Typische Variante des *Cladonietum mitis typicum*, in den anderen Einheiten liegt sie etwas darunter. Algen treten gelegentlich in der Subunion *cladonietosum merochlorophaeae* auf. Dagegen ist die Streuauflage dort geringer als im *Cladonietum mitis typicum*. Typischerweise haben die Moose bezüglich der Deckung am Aufbau der *Cladonia rangiferina*-Variante höheren Anteil als in den anderen Untereinheiten, während die Phanerogamen dort nur eine geringe Rolle spielen.

b) Standorte und Vorkommen im UG

Das *Cladonietum mitis* ist im Aufnahmematerial mit 31 Aufnahmen vertreten, welche jedoch nur aus 8 verschiedenen Teilgebieten aus 6 MTB der TK 25 stammen. Die Union tritt im Untersuchungsgebiet in Traubeneichenwäldern und Zwergstrauchheiden über Tonschiefer oder Grauwacke, seltener auch über Basalt auf. Sie besiedelt schwach geneigte, die *Cladonia rangiferina*-Variante auch etwas steilere Flächen aller Expositionen. Bei den pH-Werten zeigen sich nur geringe Unterschiede zwischen den Untereinheiten des *Cladonietum mitis*. Der Median des pH(KCl)-Wertes beträgt für die *Cladonia rangiferina*-Variante 3,4 und für die Subunion *cladonietosum merochlorophaeae* 3,9. Die Typische Variante des *Cladonietum mitis typicum* nimmt mit einem Median des pH(KCl)-Wertes von 3,7 eine Mittelstellung ein.

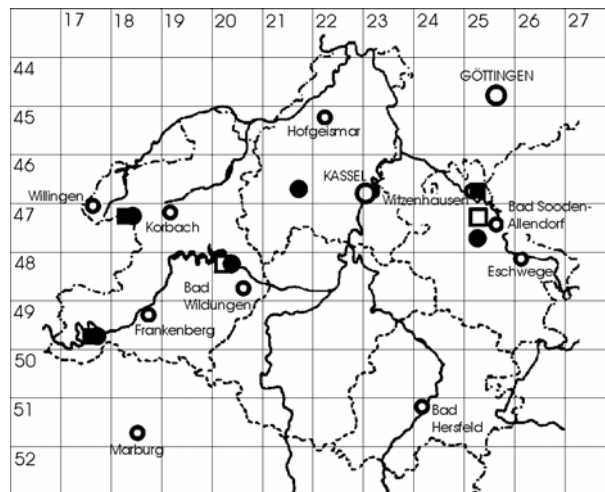


Abb. 12: Verbreitung des *Cladonietum mitis* im Untersuchungsgebiet: *Cladonietum mitis cladonietosum*; *Cladonietum mitis typicum*, Typische Variante; *Cladonietum mitis typicum*, *Cladonia*-Variante.

Das *Cladonietum mitis cladonietosum merochlorophaeae* siedelt an sonnigen und trockenen Standorten, bevorzugt in Zwergstrauchheiden, seltener in Wäldern. Es erreicht 1 bis 20 m² Ausdehnung.

Die Typische Variante des *Cladonietum mitis typicum* kommt an mäßig bis stärker beschatteten, eher frischen Stellen vor und bildet dort kleine, nur selten knapp 10 m² groß werdende Flecken. Die Vorkommen der *Cladonia rangiferina*-Variante in den Traubeneichenwäldern gedeihen an zeitweilig beschatteten bis schattigen Standorten. Diese Variante kann in Nordhessen mancherorts (z.B. an der Mühlecke am Edersee, MTB 4820) beträchtliche Ausmaße von mehr als 50 m² erreichen. Mit der namensgebenden Art *Cl. rangiferina* und mit *Cl. squamosa* sind für diese Variante zwei hygriech anspruchsvollere Arten kennzeichnend. Die Bestände entsprechen in etwa dem *Cladina-Polytrichum formosum*-Bestand von SCHÖLLER (1991). Er wählt diesen Namen für die Bodenvegetation im Schatten der Gehölze. Typisch sei eine relative Artenarmut und ein hoher Anteil an Moosen. Als charakteristische Arten nennt er *Cl. arbuscula*, *Cl. rangiferina*, *Cl. squamosa*, *Polytrichum formosum*, *Dicranum scoparium* sowie *Pleurozium schreberi*. *Cl. arbuscula* und *Cl. rangiferina* sind SCHÖLLER zufolge hygriech etwas anspruchsvoller als *Cl. portentosa* und *Cl. ciliata*. Sie können daher an derartigen Schattenstandorten dominant werden. Die Ubiquistin *Cl. furcata* ssp. *furcata*, Trennart der nordhessischen Bestände, tritt im Schatten der Gehölze ebenfalls mit hohen Stetigkeiten auf.

Syntaxonomische Anmerkung:

KLEMENT (1955) unterteilt die Gesellschaft in ein *Cladonietum mitis atlanticum* im Einflußbereich des ozeanischen Klimas (also vornehmlich im nordwestdeutschen Tiefland sowie auf den Nordseeinseln) und in ein *Cladonietum mitis continentale* in Gebieten hoher Kontinentalität. Er bemerkt weiterhin, Überschneidungen würden zu den Seltenheiten zählen. Ein solches Überschneidungsgebiet könnte jedoch laut FOLLMANN (1981) in Nordhessen liegen, wo er im *Cladonietum mitis* damals noch sowohl *Cladonia rei* als Differentialart der Subassoziation (Subunion) *atlanticum* als auch *Cladonia cariosa* als Differentialart der kontinental verbreiteten Subassoziation (Subunion) nachweisen konnte. Aktuell wurde *Cladonia cariosa* weder im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen gefunden, noch wird sie in der floristischen Arbeit von KÜMMERLING (1991) genannt.

Moosreiche Untereinheiten wie die *Cladonia rangiferina*-Variante des *Cladonietum mitis typicum* finden sich auch bei PAUS (1997) und BIERMANN et al. (1994). Sowohl im *Cladonietum mitis hypnetosum* (PAUS 1997) als auch in den sogenannten „Moosreichen Abbaustadien des *Cladonietum mitis*“ (BIERMANN et al. 1994) zählt jedoch, anders als bei der *Cladonia rangiferina*-Variante, *Pleurozium schreberi* zu den Trennarten. Beide von PAUS bzw. BIERMANN et al. beschriebenen Vegetationseinheiten sind Gesellschaften der Heiden, in denen *Pleurozium schreberi* als typischer Bestandteil der Mooschicht auftritt. In den Traubeneichenwäldern Nordhessens spielt diese Moosart dagegen in der Mooschicht keine Rolle.

Aufgrund dieser Unterschiede bezüglich Standort und Trennartengruppe wurde daher in der vorliegenden Arbeit eine Einordnung des nordhessischen Aufnahmestoffes in die Subunion *hypnetosum* abgelehnt. Statt dessen wird mit der *Cladonia rangiferina*-Variante eine Untereinheit aufgestellt, die nach einer für die Standortverhältnisse typischen Art benannt ist.

2.1.2.3 *Cladonia furcata*-*Cladonion arbusculae*- und *Cladonia gracilis*-*Cladonion arbusculae*-Fragmentgesellschaft

(Tab. 7; Tab. 8 (Einheit 3) im Anhang 3)

a) Floristische Zusammensetzung, Physiognomie und Struktur

Im gesamten Untersuchungsgebiet finden sich auf unterschiedlichsten Standorten Dominanzbestände von *Cl. furcata* ssp. *furcata*. Die Dominanz von *Cl. furcata* ssp. *furcata* kann unterschiedlich stark ausgeprägt sein. Zu Einheit 3 wurden außerdem zwei Vegetationsaufnahmen (Aufnahmen 50 + 51 in Tab. 8) von Blockhalden gestellt, auf denen *Cl. gracilis*-geprägte Bestände auftreten. Diese *Cladonia gracilis*-*Cladonion arbusculae*-Fragmentgesellschaft unterscheidet sich nur in der dominierenden Art von der *Cladonia furcata*-*Cladonion arbusculae*-Fragmentgesellschaft. Die Fragmentgesellschaften umfassen Bestände mit bis zu 13 Flechtenarten ebenso wie Bestände, in denen neben *Cl. furcata* ssp. *furcata* keine weitere Flechte auftritt. Die mittlere Artenzahl der Flechten liegt bei 5,1. Es gibt artenreichere Bestände mit Charakterarten des *Cladonion arbusculae*. Selten treten mit *Cl. fimbriata* und *Cl. pyxidata* ssp. *chlorophaea* auch Diagnostische Arten des *Cladonion rei* auf, so daß die Bestände der *Cladonia furcata*-*Cladonion arbusculae*-Fragmentgesellschaft teils mehr zur einen, teils mehr zur anderen Federation tendieren. Alle Bestände sind negativ gekennzeichnet durch das nahezu vollständige Fehlen der für das *Cladonietum mitis* typischen Artengruppe um *Cl. arbuscula* und *Cl. portentosa*. Die zweite hochstete Art neben *Cl. furcata* ssp. *furcata* ist *Hypnum cupressiforme* s.l. Als Charakterarten der Federation treten *Cl. rangiferina*, *Cl. uncialis* und *Cetraria aculeata* mit geringer Stetigkeit auf.

Geprägt wird das Erscheinungsbild der Fragmentgesellschaft durch die strauchförmigen, kriechend bis aufrecht wachsenden Thalli von *Cl. furcata* ssp. *furcata* bzw. zierlichen Podetien von *Cl. gracilis*. Stift- und becherförmige Arten sind oft nur bei genauem Hinsehen auffindbar. Die Gesamtdeckung liegt im Mittel in diesen dicht geschlossenen Beständen bei 81 %. Davon entfallen durchschnittlich auf die Phanerogamen 28 %, die Flechten 54 % und die Moose 32 %, während die Algen mit weniger als 5 % kaum eine Rolle spielen.

Die *Cladonia furcata*-*Cladonion arbusculae*-Fragmentgesellschaft kann nur kleinflächig entwickelt sein (~ 0,5 m²) oder auch Flächen von bis zu 30 m² bedecken! Die Bestände mit *Cl. gracilis* beschränken sich auf einzelne Felsblöcke in Blockhalden.

b) Standorte und Vorkommen im UG

Im Untersuchungsgebiet wurde die Fragmentgesellschaft von *Cl. gracilis* in 2 Aufnahmen an 2 Wuchsorten, die Fragmentgesellschaft von *Cl. furcata* ssp. *furcata* in 11 Aufnahmen an 9 Wuchsorten erfaßt. Die *Cladonia furcata*-Fragmentgesellschaft siedelt über unterschiedlichsten kalkfreien Ausgangsgesteinen in tieferen und höheren Lagen, von 260 bis 740 m ü. NN. Die meist flachgründigen Böden haben eine fehlende bis nur geringe Streuauflage. Es wurden Bestände sowohl auf Rohböden (Syrosem) als auch auf Ranker, auf skelettreichen oder skelettarmen Böden angetroffen. Ebenso unterschiedlich wie die Böden sind auch Exposition und Inklination der Flächen sowie die mikroklimatischen Verhältnisse, die von sonnig bis schattig und von trocken bis frisch reichen. Einheitliche Standortbedingungen lassen sich für diese Fragmentgesellschaft also nicht ausmachen. Es müssen andere Faktoren bei der Ausbildung derartiger Bestände eine Rolle spielen (s.u.). Die stellvertretend für weitere derartige Vorkommen in Nordhessen stehenden Aufnahmen der *Cladonia gracilis*-Fragmentgesellschaft stammen von Humusansammlungen auf Basalt-Blockhalden.

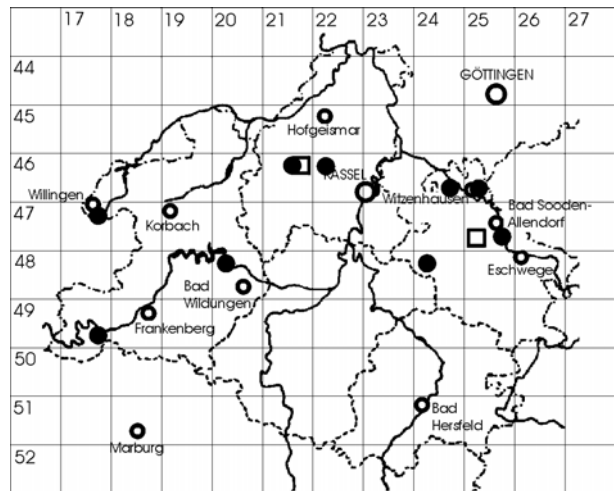


Abb. 13: Verbreitung der *Cladonia furcata*- und der *Cladonia gracilis*-*Cladonia arbusculae*-FG im Untersuchungsgebiet.

Die Median-Werte des pH(KCl) und der elektrolytischen Leitfähigkeit der Fragmentgesellschaften unterscheiden sich nicht nennenswert von denen der anderen, oben beschriebenen *Cladonia arbusculae*-Gesellschaften (s. Tab. 11).

Anmerkung zur Dominanz von *Cladonia furcata* ssp. *furcata*:

Im Abschnitt „Floristische Zusammensetzung“ wurde erläutert, daß die *Cladonia furcata*-*Cladonia arbusculae*-Fragmentgesellschaft Beziehungen sowohl zum *Cladonia arbusculae* als auch zum *Cladonia rei* aufweist. PAUS (1997) bezeichnet die artenärmsten Bestände in ihrer Arbeit ranglos als *Cladonia furcata*-Dominanzbestände und stellt sie neben die *Cladonia furcata*-*Cladonia rei*-Fragmentgesellschaft. Diese ist an Diagnostischen Arten ebenfalls deutlich verarmt. Ihre Zuordnung zur Federation *Cladonia rei* ist aber floristisch noch erkennbar. Darüber hinaus weist PAUS jedoch ebenfalls darauf hin, daß die Standortverhältnisse teilweise auch auf andere Flechtengesellschaften als Vorstadien der *Cladonia furcata*-Dominanzbestände schließen lassen, z.B. auf das *Cladonietum mitis*. Die *Cladonia furcata*-*Cladonia rei*-Fragmentgesellschaft ist ihrer Meinung nach als degradierte Restgesellschaft des *Cladonietum rei* aufzufassen. Als Grund für die zunehmende Dominanz von *Cl. furcata* ssp. *furcata* nennt sie die fortschreitende Vergrasung der Bestände. *Cl. furcata* ssp. *furcata* sei daher als Degenerationszeiger zu werten.

Im allgemeinen ist *Cl. furcata* ssp. *furcata* vor allem an stärker anthropogen beeinflussten Standorten häufig. Die zur *Cl. furcata*-Gruppe gehörenden Sippen dominieren bei Störeinflüssen aufgrund ihrer hohen Regenerationskraft und sind zudem relativ schnellwüchsig (PAUS 1997). Auch das Mikroklima hat

einen Einfluß auf die Dominanz solcher Arten. Unter mikroklimatisch monotoneren Bedingungen wird das Wechselspiel verschiedener Arten zugunsten solcher konkurrenzkräftiger Arten entschieden (SCHÖLLER 1991).

2.1.2.4 Cladonietum foliaceae

(Tab. 7; Tab. 8 (Einheit 4) im Anhang 3; Taf. 1.4 im Anhang 2)

Syn.: *Cornicularia tenuissima*-Assoziation (KRIEGER 1937), *Cornicularia tenuissima*-Gesellschaft (TOBLER & MATTICK 1938), *Cladonietum alpicornis* Klement 1953.

a) Floristische Zusammensetzung, Physiognomie und Struktur

Zur CAV zählen *Cladonia foliacea* (UC), *Cl. rangiformis* (D), *Ceratodon purpureus* (D), *Polytrichum piliferum* (KC), *Cl. furcata* ssp. *furcata* (OC) und *Cetraria aculeata* (FC). Das vorliegende Aufnahmematerial läßt sich weder der von PAUS (1997) genannten Subunion *cladonietosum subrangiformis* noch der Subunion *cladonietosum furcatae* zuordnen, da Arten beider Trennartengruppen höchstet in den Beständen des Untersuchungsgebietes auftreten (*Cl. furcata* ssp. *furcata*, *Cl. rangiformis*, *Ceratodon purpureus*). Somit nimmt die Ausbildung des *Cladonietum foliaceae* in Nordhessen eine Mittelstellung zwischen den beiden nordwestdeutschen Subunionen ein. Während PAUS (1997) *Cl. rangiformis* lediglich als Trennart der Union einstuft, bezeichnet sie SCHÖLLER (1991) als Charakterart des *Cladonietum foliaceae*.

An der hohen mittleren Gesamtdeckung von 82 % haben die Flechten einen Anteil von 51 %. Dominante Art ist *Cl. foliacea* (Syn. *Cl. alpicornis*), deren Grundschuppen besonders bei Trockenheit auffallen, wenn sie eingerollt sind und ihre weißen Unterseiten sichtbar werden. Es können aber auch *Cl. rangiformis* oder *Cl. furcata* ssp. *furcata* aspektbestimmend sein. Eine Untersuchung der *Cl. furcata*-Proben mittels Dünnschichtchromatographie ergab, daß im Gegensatz zu den nordwestdeutschen, von PAUS (1997) bearbeiteten Beständen, die nordhessischen nur die Subspezies *furcata*, nicht jedoch die Subspezies *subrangiformis* enthalten.

b) Standorte und Vorkommen im UG

Das *Cladonietum foliaceae* zählt zu den Besonderheiten der Flechtenvegetation in Nordhessen. Es konnten daher nur 7 Aufnahmen dieser Union, an 3 Wuchsorten angefertigt werden. Die Union siedelt im Untersuchungsgebiet vorwiegend auf Ranker über den vulkanischen Gesteinen Basalt und Diabas. Der Median der pH(KCl)-Werte im Ah-Horizont liegt mit 4,2 deutlich über den Werten der anderen *Cladonion arbusculae*-Gesellschaften. Die Standorte sind sonnig, trocken, süd- bis westlich exponiert und von

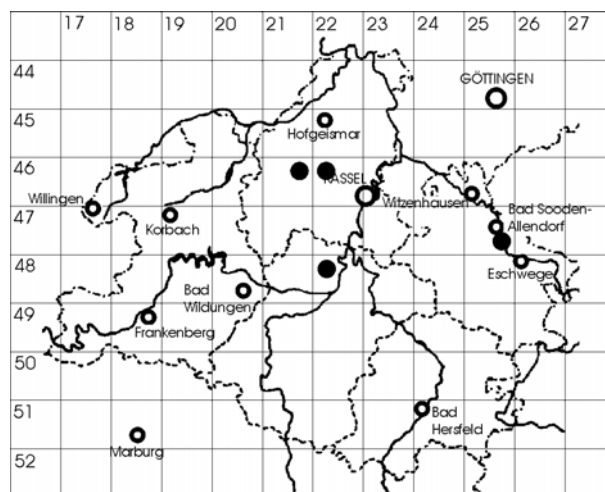


Abb. 14: Verbreitung des *Cladonietum foliaceae* im Untersuchungsgebiet.

eher geringer Neigung und daher optimal für die wärmeliebende Art *Cl. foliacea* und die xerophytische Strauchflechte *Cl. rangiformis*.

Während die Gesellschaft in Nordwestdeutschland nach PAUS (1997) eine charakteristische Dünengesellschaft darstellt, bleibt sie in Nordhessen auf solche Gebiete beschränkt, an denen die Vulkanite Basalt und Diabas an die Oberfläche treten. Besonders gut ausgeprägte Bestände finden sich daher z.B. auf Basalt am Dörnberg bei Zierenberg (MTB 4621/22) und auf Diabas am Bilstein bei Albungen (MTB 4725). Auf diesen Felsstandorten dürfte die Gesellschaft dauerhaften Bestand haben, sofern, gegebenenfalls durch Pflegemaßnahmen, die Felsbereiche ihren offenen Charakter behalten und eine Verbuschung verhindert wird.

Das *Cladonietum foliaceae* tritt innerhalb der Felsgrus- und Felsbandgesellschaften der *Sedo-Scleranthetea* (z.B. im *Polytricho-Allietum montani*, s. BERND 1998) sowie innerhalb von Halbtrockenrasen des Verbandes *Mesobromion* auf und kann dort, alle Einzelvorkommen aufsummiert, mehr als 10 m² Gesamtgröße aufweisen.

Anmerkungen:

Das *Cladonietum foliaceae* zeigt nach KLEMENT (1955) eine optimale Entwicklung bei viel größerem Artenreichtum in den vorgeschobenen Steppeninseln des Böhmisches Raumes. Die Vorkommen in Deutschland stellen demnach lediglich verarmte Bestände dar. Im Untersuchungsgebiet liegt die mAZ der Flechten bei 5,9. Mit *Cladonia foliacea*, *Cl. coccifera*, *Cl. gracilis*, *Cl. phyllophora*, *Cetraria aculeata* und *Placythiella oligotropa* sind im eigenen nordhessischen Aufnahmematerial allerdings 6 in Hessen gefährdete Arten zu verzeichnen (vgl. Tab. 27 S. 91 und WIRTH et al. 1996).

2.1.3 Cladonion rei

(Tab. 9; Tab. 10 im Anhang 3)

Für die Erdflechtengesellschaften gestörter Standorte schlägt PAUS (1997) die Aufstellung der Federation *Cladonion rei* vor, als dritte Federation innerhalb der Ordnung *Peltigeretalia*. Charakterarten des *Cladonion rei*, welche auch in Nordhessen auftreten sind *Cladonia rei*, *Cl. pyxidata* ssp. *chlorophaea*, *Cl. humilis* und *Peltigera didactyla*. Als Trennarten gelten *Cl. fimbriata* und *Ceratodon purpureus*.

Die Aufnahmen des *Cladonion rei* stammen schwerpunktmäßig aus dem Gebiet um den Hohen Meißner, das insgesamt sehr reich an Flechtenvorkommen ist. Möglicherweise ist diese Federation auch in anderen Teilen des Untersuchungsgebietes häufiger, als dies das Aufnahmematerial nahelegt. Es konnten jedoch aus zeitlichen Gründen nicht alle Meßtischblätter der TK 25 von Nordhessen auf Ruderalstandorte, also potentielle Wuchsorte dieser Gesellschaften abgesucht werden.

Tab. 9: Stetigkeitstabelle *Cladonion rei*Einheit 1: *Cladonia floerkeana*-*Cladonion rei*-FragmentgesellschaftEinheit 2: *Cladonietum rei*2.1 *Cladonia floerkeana*-Variante

2.2 Typische Variante

Einheit 3: *Cladonia subulata*-*Cladonion rei*-Fragmentgesellschaft

Einheit	1	2		3
		2.1	2.2	
Zahl der Aufnahmen	11	9	5	8
mittlere Deckung Phanerogamen [%]	5,6	13,1	11,0	4,5
mittlere Deckung Flechten [%]	66,8	59,4	60,0	45,0
mittlere Deckung Moose [%]	6,2	8,4	6,0	17,3
mAZ Phanerogamen	1,1	2,4	3,6	2,3
mAZ Flechten	5,6	7,6	4,0	3,9
mAZ Moose	2,5	2,3	3,8	3,4
D 1, d 2.1:				
OC <i>Cladonia macilenta</i> ssp. <i>floerkeana</i>	V	IV	.	.
<i>Cladonia merochlorophaea</i>	IV	IV	.	.
<i>Cladonia macilenta</i> ssp. <i>macilenta</i>	III	V	.	.
OC <i>Trapeliopsis granulosa</i>	IV	II	.	.
OC <i>Cladonia subulata</i>	IV	V	I	V
D 2 + 3:				
UC <i>Cladonia pyxidata</i> ssp. <i>chlorophaea</i>	.	V	V	IV
UC <i>Cladonia humilis</i>	.	II	III	II
d 2.2:				
UC <i>Cladonia rei</i>	.	II	V	.
<i>Atrichum undulatum</i>	.	.	III	.
D Cladonion rei:				
<i>Cladonia fimbriata</i>	V	II	II	IV
<i>Ceratodon purpureus</i>	III	III	III	III
OC, KC*:				
<i>Baeomyces rufus</i>	+	II	.	II
<i>Cladonia ramulosa</i>	.	II	I	.
<i>Cladonia coccifera</i>	.	II	.	.
<i>Placynthiella oligotropa</i>	I	I	.	.
* <i>Polytrichum piliferum</i>	.	I	.	I
<i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>furcata</i>	.	I	.	.
<i>Dibaeis baeomyces</i>	.	I	.	.
<i>Cladonia phyllophora</i>	.	.	.	I
<i>Peltigera didactyla</i>	.	.	.	I
<i>Placynthiella uliginosa</i>	+	.	.	.
Begleiter Kryptogamen:				
<i>Cephaloziella</i> spec.	I	III	II	III
<i>Hypnum cupressiforme</i> s.l.	I	III	II	I
<i>Chlorophyta</i> div. spec.	III	II	.	II
<i>Placynthiella icmalea</i>	I	II	I	I
<i>Pohlia nutans</i>	II	I	.	III
<i>Polytrichum formosum</i>	II	I	II	I
<i>Pleurozium schreberi</i>	I	II	.	I
<i>Cyanophyta</i> div. spec.	+	.	I	II
<i>Campylopus introflexus</i>	II	.	.	.
<i>Cladonia coniocraea</i>	+	.	I	I
<i>Scleropodium purum</i>	.	.	II	I
<i>Cladonia</i> cf. <i>cornuta</i>	.	II	.	I
<i>Bryum</i> spec.	.	.	I	II
<i>Dicranella</i> cf. <i>heteromalla</i>	II	.	.	.

Forts. Tab. 9: Stetigkeitstabelle *Cladonion rei*

Einheit	1	2		3
		2.1	2.2	
Phanerogamen:				
Deschampsia flexuosa	III	II	II	I
Calluna vulgaris	+	III	.	II
Hieracium spec.	+	.	I	III
Agrostis capillaris	.	II	II	I
Festuca ovina agg.	+	III	.	.
Festuca rubra agg.	.	.	II	II
Holcus lanatus	+	.	I	I
Betula pendula juv.	.	.	II	.
Rumex acetosella	.	II	.	.

Außerdem mit Stetigkeit < II und in weniger als 3 Einheiten:

Achillea millefolium 3:I, 4:I; Agrostis stolonifera 3:I; Andreaea rupestris 4:I; Brachythecium spec. 3:I; Bryophyta spec. 2:I; Buxbaumia aphylla 1:+; Calliergonella cuspidata 3:I; Campylopus flexuosus 4:I; Carex spec. 4:I; Centaurea jacea 4:I; Cladonia caespiticia 1:I; Cladonia cervicornis 2:I; Cladonia coccifera/deformis agg. 2:I; Cladonia cryptochlorophaea 2:I, 3:I; Cladonia gracilis 2:I; Cladonia grayi s.str. 1:+; Cladonia novo-chlorophaea 1:+; Cladonia pyxidata ssp. pyxidata 2:I, 4:I; Cladonia spec. 1:I, 2:I; Cladonia squamosa 2:I; Dicranum scoparium 1:+, 3:I; Ditrichum spec. 4:I; Epilobium spec. 4:I; Galium saxatile 3:I; Hieracium lachenalii 2:I; Hieracium pilosella 2:I; Hypericum hirsutum 3:I; Hypochaeris radicata 2:I; Juncus effusus 4:I; Leontodon autumnalis 2:I; Linum catharticum 3:I; Lophocolea heterophylla 4:I; Lophoziaecae spec. 1:+; Luzula campestris 4:I; Micarea peliocarpa 2:I; Musci spec. 3:I; Pimpinella saxifraga 2:I; Polytrichum commune 2:I; Polytrichum juniperinum 2:I, 4:I; Populus tremula juv. 4:I; Potentilla anserina 3:I; Racomitrium heterostichum agg. 4:I; Racomitrium lanuginosum 4:I; Rhytidiadelphus squarrosus 4:I; Vaccinium myrtillus 1:+, 3:I; Vaccinium vitis-idaea 1:+; Veronica spec. 3:I.

2.1.3.1 *Cladonia floerkeana*-Cladonion rei-Fragmentgesellschaft

(Tab. 9; Tab. 10 (Einheit 1) im Anhang 3; Taf. 1.5 im Anhang 2)

Syn.: „Übergang zum Cladonion arbusculae“ (PAUS 1997).

a) Floristische Zusammensetzung, Physiognomie und Struktur

Die Fragmentgesellschaft stellt einen Übergang zwischen dem *Cladonietum rei* und der *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft dar. Als Trennart der Federation tritt *Cl. fimbriata* hochstet auf, etwas weniger häufig auch *Ceratodon purpureus*. Zur CAV zählt darüber hinaus die Artengruppe um *Cl. macilenta* ssp. *floerkeana* und *Cl. merochlorophaea*; eine Gruppe von Flechten also, die einen ihrer Schwerpunkte auch in der *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft haben. Negativ differenziert wird die Fragmentgesellschaft durch das Fehlen der für das *Cladonietum rei* charakteristischen Arten.

Geprägt wird das Erscheinungsbild durch sorediöse stift- und becherförmige Arten, so daß diese Fragmentgesellschaft optisch nur schwer von der *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft zu unterscheiden ist. An der Gesamtdeckung von im Mittel 75 % (max. 95 %!) haben die Flechten mit durchschnittlich 67 % (max. 90 %!) einen beträchtlichen Anteil. Phanerogamen und Moose sind nur ausnahmsweise, Algen nie von Bedeutung beim Aufbau der Gesellschaft. Die mittlere Artenzahl der Flechten beträgt 5,6, die der Moose 2,5 und die der Phanerogamen nur 1,1.

b) Standorte und Vorkommen im UG

Die *Cladonia floerkeana*-Cladonion rei-Fragmentgesellschaft konnte an 8 Wuchsorten insgesamt 11 mal aufgenommen werden. Sie siedelt in verschiedenen Höhenlagen, Hangneigungen und Expositionen. Als Ausgangsgestein ist vor allem der Mittlere Buntsandstein zu nennen. Verglichen mit anderen, nachfolgend beschriebenen Gesellschaften des *Cladonion rei* sind die pH(KCl)-Werte der Böden relativ niedrig (Median 3,6), ebenso die elektrolytische Leitfähigkeit (Median 46 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Die Streuauflage kann fehlen oder auch beträchtliche Ausmaße haben. Der Skelettanteil der Böden ist eher gering.

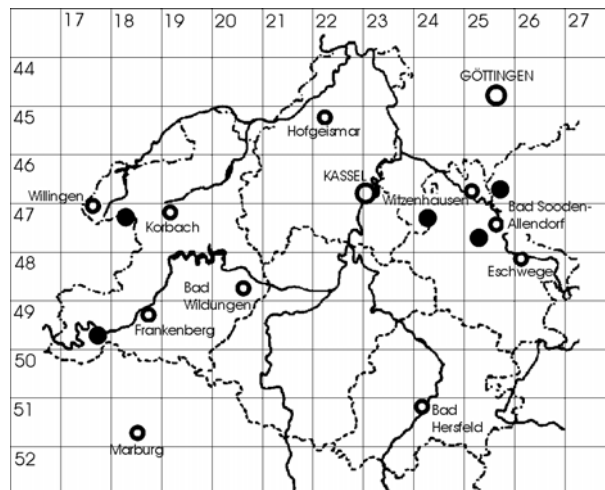


Abb. 15: Verbreitung der *Cladonia floerkeana*-Cladonion rei-FG im Untersuchungsgebiet.

Das Mikroklima dieser Erdflechtenstandorte zeichnet sich durch lange Sonneneinstrahlung oder allenfalls zeitweise Beschattung aus. Die Böden sind trocken bis frisch. Die Gesellschaft tritt innerhalb von Zwergstrauchheiden, bodensauren Laubwäldern mit Eiche und Rotbuche oder Fichtenforsten auf. Die Standorte entsprechen denen der *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft (Erdanrisse an Wegen etc.).

Ebenso wie diese dürfte sie ein intermediäres Sukzessionsstadium darstellen und wird, wie mancherorts schon zu beobachten, im Untersuchungsgebiet wohl in der Regel von Phanerogamengesellschaften abgelöst.

2.1.3.2 *Cladonietum rei*

(Tab. 9; Tab. 10 (Einheit 2) im Anhang 3; Taf. 1.6 im Anhang 2)

a) Floristische Zusammensetzung, Physiognomie und Struktur

Als Charakterarten der Union treten zusätzlich zu den Differentialarten der Federation noch *Cladonia pyxidata* ssp. *chlorophaea*, *Cl. humilis* und *Cl. rei* auf. Es lassen sich zwei Varianten unterscheiden.

Die ***Cladonia floerkeana*-Variante** (Einheit 2.1) wird abgegrenzt durch die Gruppe von *Cl. macilenta* welche zugleich auch Differentialartengruppe der im vorigen Kapitel beschriebenen *Cladonia floerkeana*-*Cladonietum rei*-Fragmentgesellschaft ist. Aufgrund dieses Übergangscharakters ist die mittlere Artenzahl der Flechten hier mit 7,6 Arten relativ hoch. Der **Typischen Variante** (Einheit 2.2) fehlen dagegen diese Arten, es sind im Mittel nur 4,0 Flechtenarten zu verzeichnen. In der Typischen Variante tritt das Moos *Atrichum undulatum* in Erscheinung, und *Cl. rei* kommt, im Gegensatz zur *Cladonia floerkeana*-Variante, höchstet vor.

Einzelne Aufnahmen weisen relativ viele Phanerogamenarten auf, die im Ausnahmefall bis zu 45 % Deckung erreichen. An der Gesamtdeckung von durchschnittlich 76 % in beiden Varianten sind jedoch hauptsächlich die Flechten mit 59 bzw. 60 % beteiligt. Die Bestände können relativ geschlossen oder auch sehr lückig sein (bis zu 50 % offener Boden).

b) Standorte und Vorkommen im UG

Das *Cladonietum rei* ist im Aufnahmемaterial mit 14 Aufnahmen vertreten. Im Untersuchungsgebiet wurde die Union an 9 Wuchsorten angetroffen. Anthropogene Störstellen treten zwar zahlreich auf, Flechtenbestände des *Cladonietum rei* sind dort offensichtlich jedoch nur ausnahmsweise zu finden. Die Gesellschaft siedelt überwiegend an Ruderalstandorten wie Erdanrissen, Böschungen und auf Bergbauflächen, an denen sich wenig bis keine Streu angesammelt hat. Die Standorte sind sonnig bis etwas beschattet, meist frisch oder trocken, seltener wechselfeucht. Exposition und Inklination der Flächen sind

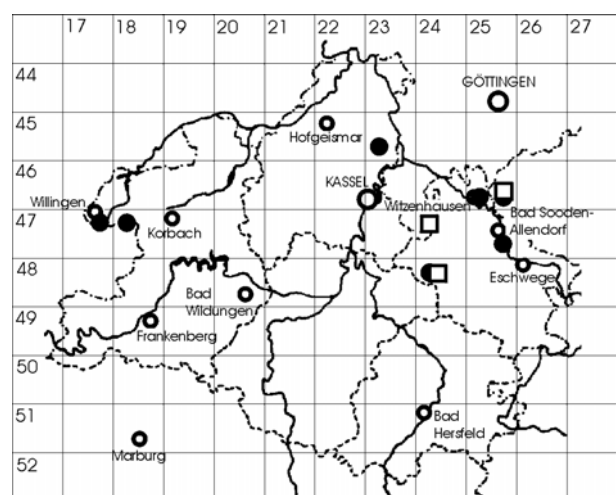


Abb. 16: Verbreitung des *Cladonietum rei* im Untersuchungsgebiet: *Cl. floerkeana*-Variante; Typische Variante.

uneinheitlich. Als Ausgangsgestein treten neben Grauwacke, Tonschiefer und Mittlerem Buntsandstein auch tertiäre Sedimente auf. Bei diesen, in der ehemaligen Zeche Glimmerode (MTB 4824) anstehenden Sedimenten handelt es sich um Sande mit mehr oder weniger deutlicher Beimischung von Braunkohle.

Bezüglich der pH(KCl)-Werte zeigen sich große Unterschiede zwischen den beiden Varianten des *Cladonietum rei*. Die zur *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft vermittelnde Variante weist einen Medianwert von 3,5 auf, während die Typische Variante einen Wert von 5,6 hat! Die Leitfähigkeitswerte schwanken innerhalb der Untereinheiten erheblich und sind an den Standorten mit Braunkohlebeimischung besonders hoch.

Das *Cladonietum rei* tritt als Flechtengemeinschaft innerhalb verschiedenster Phytozönosen auf, sofern sich dort geeignete Störstellen in der Vegetation befinden. Als angrenzende und teilweise überschirmende Phanerogamenvegetation wurden in Nordhessen Zwergstrauchheiden, lichte Buchen- oder Eichenwälder sowie Pioniergehölzvegetation mit Hängebirke, Grünerle oder Zitterpappel notiert. Es ist anzunehmen, daß die Gesellschaft nur vorübergehend bestehen kann und nach einiger Zeit von der die Störstellen überwachsenden Phanerogamenvegetation verdrängt wird.

Anmerkung zum Vorkommen von *Cladonia rei* in Nordhessen:

In seiner Schrift aus dem Jahre 1981 weist FOLLMANN *Cl. rei* erstmalig für das Hessische Bergland nach. Als Wuchsorte gibt er offene Kulturstandorte wie Bahndämme, Trockenrasen oder Wegränder sowie Kalkfelsen mit geringfügiger Humusaufgabe an. Besonders gut besetzte Fundorte seien einige gut drainierte Sohlen seit längerem aufgelassener Basaltbrüche.

Im Rahmen der eigenen Geländearbeiten wurde *Cl. rei* nur an 6 Orten nachgewiesen (s. Artenliste im Anhang 1), lediglich an 2 Stellen erreichen die Thalli Ausdehnungen von immerhin etwa 5 cm. Einer der von FOLLMANN (1981) aufgeführten „besonders gut besetzten“ Standorte - der Hangarstein - wurde ebenfalls aufgesucht. Der Bereich des dortigen ehemaligen Steinbruchs ist inzwischen aber bis an das Ufer des Gewässers bewaldet und *Cl. rei* nicht mehr auffindbar.

2.1.3.3 *Cladonia subulata*-*Cladonion rei*-Fragmentgesellschaft

(Tab. 9; Tab. 10 (Einheit 3) im Anhang 3)

a) Floristische Zusammensetzung, Physiognomie und Struktur

Diese Fragmentgesellschaft wird durch das Vorherrschen von *Cladonia subulata* geprägt. An Diagnostischen Arten des *Cladonion rei* treten *Cl. fimbriata* (D), *Ceratodon purpureus* (D), *Cl. pyxidata* ssp. *chlorophaea* (FC) und *Cl. humilis* (FC) auf; letztere beiden deuten die Nähe der Fragmentgesellschaft zum *Cladonietum rei* an.

Die artenarmen Bestände dieser Fragmentgesellschaft zeigen sich bezüglich der Deckungsverhältnisse sehr uneinheitlich. Die Gesamtdeckung schwankt zwischen 10 und 90 % (MW 66 %), gleiches gilt für die Deckung der Flechten, die ebenfalls zwischen 10 und 90 % liegt (MW 45 %). Die Aufnahmeflächen können also sehr lückig, mit hohem Anteil an offenem Boden oder Gestein, oder ziemlich geschlossen sein. Mancherorts nehmen die filzigen Watten fädiger Grünalgen große Teile der

Bodenoberfläche ein und prägen dann, neben den immer auffallenden sorediösen becher- oder stiftförmigen Flechten, das Erscheinungsbild. Für die Algenkrusten in der Zeche Glimmerode sind die Gattungen *Trentepohlia*, *Gloeocapsa*, *Oscillatoria*, *Mesotaenium* (cf.) und die oft dominierende Jochalge *Zygonium ericetorum* charakteristisch (HOPPERT unpubl.). Sofern Höhere Pflanzen in die Flechtenrasen eindringen, handelt es sich dabei oft um Gräser.

b) Standorte und Vorkommen im UG

Die Fragmentgesellschaft wird für das Untersuchungsgebiet mit 8 Aufnahmen von 5 Lokalitäten belegt. Besiedelt werden unterschiedlich exponierte und geneigte Stellen an sonnigen bis halbschattigen, frischen bis trockenen Standorten. Der Median des pH(KCl)-Wertes des Substrates liegt mit 5,1 im schwach sauren Bereich. Die Ausgangsgesteine entsprechen denen an *Cladonietum rei*-Standorten, jedoch wurde die *Cladonia subulata*-*Cladonietum rei*-Fragmentgesellschaft zusätzlich auch auf Basalt und in einem Falle sogar auf stark verwitterter Dachpappe angetroffen. Die Gesellschaft tritt im Untersuchungsgebiet an Stellen mit offenem Boden innerhalb von *Calluna vulgaris*-, *Deschampsia flexuosa*- oder *Festuca ovina* agg.-Beständen auf bzw. siedelt an Standorten mit angrenzenden Pioniergehölzen wie Hängebirke, Zitterpappel oder Kiefer. Sie zählt zur Gruppe der intermediären Sukzessionsstadien und wird mit fortschreitender Vegetationsentwicklung an den meisten Wuchsorten wohl von der sich schließenden Phanerogamenvegetation verdrängt.

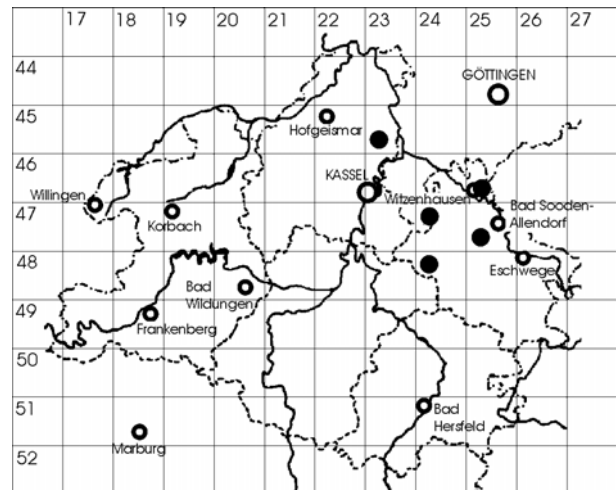


Abb. 17: Verbreitung der *Cladonia subulata*-*Cladonietum rei*-FG im Untersuchungsgebiet.

Anmerkung:

Cladonia subulata-Dominanzen treten auch in der *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft (Kap. E2.1.2.1) auf. PAUS (1997) hält sie häufig für zufallsbedingt als Folge der Erstansiedlung. PAUS et al. (1993) bezeichnen *Cl. subulata* als eine Art mit weiter soziologischer Spanne und einem Schwerpunkt in der *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft. Dies bestätigen auch die vorliegenden Daten aus Nordhessen.

2.1.4 Standorte und Dynamik im Überblick

Geeignete Standorte für Gesellschaften der Klasse *Ceratodonto-Polytrichetea* zeichnen sich durch relativ extreme Bedingungen (Trockenheit, Substratinstabilität, geringe Bodenbildung) aus, die den Phanerogamen eine Ansiedlung erschweren oder unmöglich machen. Die fehlende Konkurrenz durch Höhere Pflanzen ist sicherlich einer der Hauptgründe, warum sich Flechtengesellschaften ausbilden können. Das Ausgangsgestein ist insofern von Bedeutung, als daß die *Ceratodonto-Polytrichetea*-Gesellschaften auf Standorte mit Böden über mehr oder weniger sauren Gesteinen beschränkt sind.

Nur in Ausnahmefällen gedeihen die Flechtenbestände im Schatten, meist werden sie wenigstens zeitweise besonnt. Oft müssen die Erdflechten Trockenheit ertragen (z.B. an den Standorten des *Cladonietum foliaceae*). Besser wasserversorgte, frische Böden bevorzugen dagegen beispielsweise die Gesellschaftsbildner des *Dibaeetum baeomycetis*. Andere Faktoren wie Skelettanteil der Böden, Exposition und Inklination scheinen eine relativ geringe Rolle zu spielen und sind innerhalb einer Vegetationseinheit oft recht uneinheitlich. Eine eindeutige Abhängigkeit von der Höhe zeigen nur die beiden Höhenformen des *Dibaeetum baeomycetis*. Der Medianwert von 595 m ü. NN für das *Lecideetum uliginosae* deutet zwar auch eine Bevorzugung höherer Lagen an, die wenigen Werte streuen allerdings stark. Alle anderen Vegetationseinheiten kommen in verschiedenen Höhenlagen vor.

a) Bodenökologischer Vergleich

pH(KCl)-Werte (Abb. 18, Tab. 11):

Das *Cladonietum foliaceae* (Nr. 2.4), das *Cladonietum rei* (Nr. 3.2) und die *Cladonia subulata-Cladonion rei*-Fragmentgesellschaft (Nr. 3.3) kommen tendenziell auf etwas weniger sauren Böden vor. Auffallend hohe Medianwerte bei beiden pH-Werten zeigt die *Cladonia subulata-Cladonion rei*-Fragmentgesellschaft. Das *Cladonietum foliaceae* weist einen höheren Median auf, als die anderen *Cladonion arbusculae*-Gesellschaften und liegt etwa im Bereich des *Cladonietum rei*. Unter den Pioniergesellschaften zeigt das *Dibaeetum baeomycetis* (Nr. 1.3) deutlich höhere Werte als das *Lecideetum uliginosae* (Nr. 1.4).

Die *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft (Nr. 2.1) gedeiht auf Böden mit niedrigeren pH(KCl)-Werten als die möglichen Folgegesellschaften *Cladonietum mitis* (Nr. 2.2) und andere *Cladonion arbusculae*-Gesellschaften. Der Median liegt etwa im Bereich des Wertes der nahestehenden *Cladonia floerkeana-Cladonion rei*-Fragmentgesellschaft (Nr. 3.1).

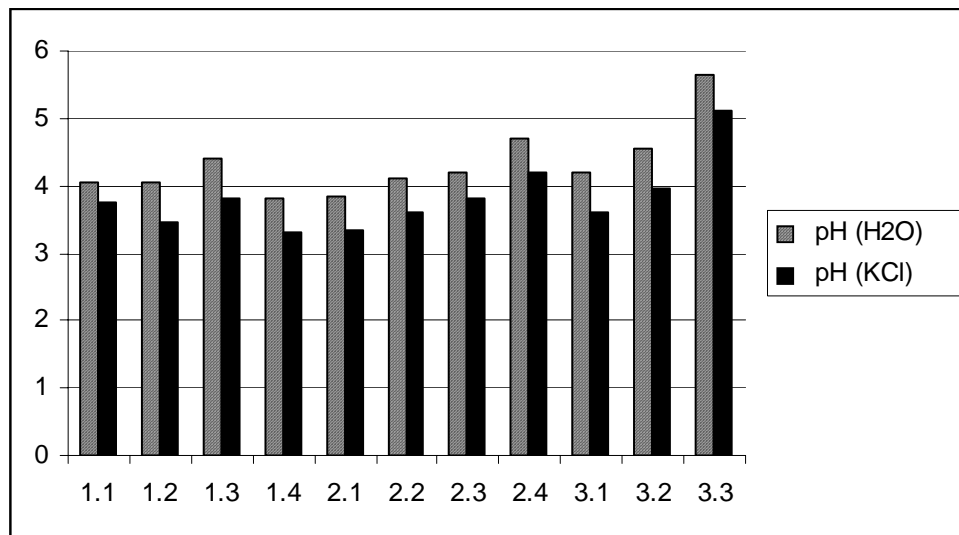


Abb. 18: *Ceratodonto-Polytrichetea piliferi*: Medianwerte der pH-Werte (Nummerierung der Einheiten s. Tab. 4, S. 29).

Elektrolytische Leitfähigkeit (Abb. 19, Tab. 11):

Alle Vegetationseinheiten haben einen relativ niedrigen Median der Leitfähigkeit, d.h. die Gesellschaften siedeln auf Standorten mit elektrolytarmem Bodenwasser bzw. mit mittleren Elektrolytgehalten.

Das *Dibaeetum baecomycetis* (Nr. 1.3) weist einen deutlich geringeren Median auf, als die anderen Gesellschaften der Klasse. Nur die beiden Bestände des *Pycnothelio-Cladonietum* (Nr. 1.1) zeigen einen ähnlich niedrigen Wert. Besonders deutlich ist der Unterschied zwischen *Dibaeetum* und *Lecideetum uliginosae* (Nr. 1.4), das als zweite Pioniergesellschaft der Federation *Baeomycion rosei* Böden mit etwas höherer elektrolytischer Leitfähigkeit besiedelt.

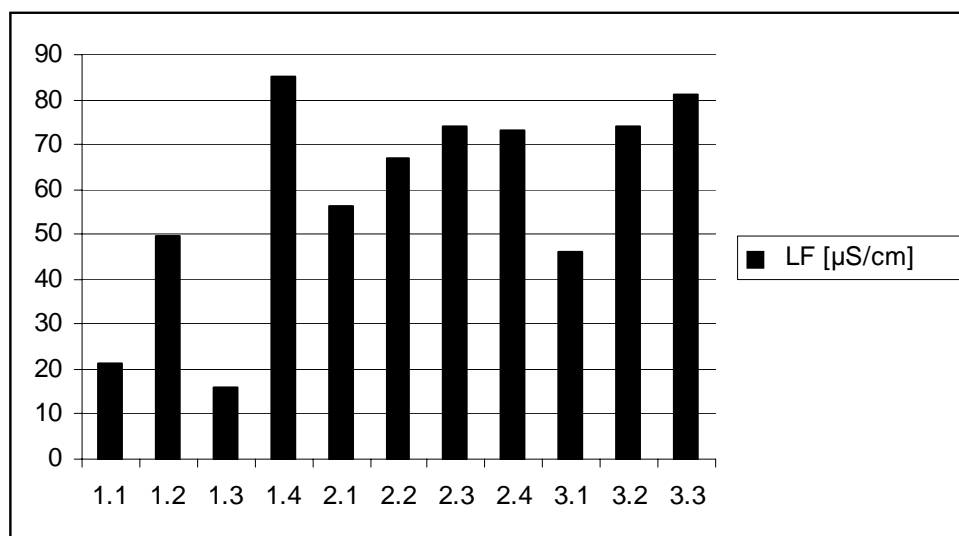


Abb. 19: *Ceratodonto-Polytrichetea piliferi*: Medianwerte der elektrolytischen Leitfähigkeit (Nummerierung der Einheiten s. Tab. 4, S. 29).

Die Gesellschaften des *Cladonion arbusculae* (Nr. 2.1 bis 2.4) erweisen sich bezüglich der Medianwerte als recht einheitlich. Die Böden an den Standorten der *Cl. bacillaris*-Gesellschaft (Nr. 2.1) haben den niedrigsten Wert innerhalb der Federation. Die nahestehende *Cl. floerkeana-Cladonion rei*-Fragmentgesellschaft (Nr. 3.1) den geringsten Wert aller Einheiten des *Cladonion rei* (Nr. 3.1 bis 3.3).

Tab. 11: *Ceratodonto-Polytrichetea piliferi*: pH-Werte und elektrolytische Leitfähigkeiten der Böden

Vegetationseinheit	Median pH(H ₂ O)	Max. pH(H ₂ O)	Min. pH(H ₂ O)	Median pH(KCl)	Max. pH(KCl)	Min. pH(KCl)	Median LF [µS/cm]	Max. LF [µS/cm]	Min. LF [µS/cm]
Pycnothelio-Cladonietum und Cl. cervicornis-FG	4,1	4,2	3,9	3,5	4,2	3,3	40	53	10
Dibaeetum baeomycetis, Cladonia cervicornis-HF	4,4	4,7	4,2	3,8	4,0	3,6	31	49	16
Dibaeetum baeomycetis, Baeomyces rufus-HF	4,4	4,8	4,1	3,9	4,3	3,4	10	41	0
Lecideetum uliginosae	3,8	4,0	3,8	3,3	3,8	3,2	85	396	35
Cl. bacillaris-Gesellschaft	3,9	4,5	3,6	3,4	4,0	2,9	57	630	29
Cladonietum mitis cladonietosum merochlorophaeae	4,3	4,7	4,0	3,9	4,6	3,6	55	89	21
Cladonietum mitis typicum, Typische Variante	4,1	4,2	3,6	3,7	3,8	3,3	53	87	30
Cladonietum mitis typicum, Cladonia rangiferina-Var.	3,9	4,2	3,6	3,4	3,6	3,0	93	113	43
Cl. furcata- und Cl. gracilis-Cladonion-FG	4,2	4,8	3,9	3,8	4,2	3,4	74	136	33
Cladonietum foliaceae	4,7	4,9	4,5	4,2	4,3	4,0	73	146	29
Cl. floerkeana-Cladonion rei-FG	4,2	4,8	3,7	3,6	4,3	2,9	46	94	23
Cladonietum rei, Cl. floerkeana-Variante	4,0	4,8	3,3	3,5	4,3	2,9	59	372	10
Cladonietum rei, Typische Variante	6,0	6,5	4,7	5,6	6,0	3,8	102	356	34
Cl. subulata-Cladonion rei-FG	5,7	6,3	4,5	5,1	6,2	4,0	81	156	40

b) Dynamik

Zu den Pioniergesellschaften zählen das *Dibaeetum baeomycetis* und das *Lecideetum uliginosae*. Als mögliche Folgegesellschaften dieser Einheiten sind nach PAUS (1997) beispielsweise das *Pycnothelio-Cladonietum cervicornis*, die *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft, bei ungünstiger Entwicklung aber auch Phanerogamenbestände denkbar. In Nordhessen ist das *Pycnothelio-Cladonietum* allerdings, wie bereits erwähnt, nur sehr sporadisch anzutreffen, so daß Gesellschaften des *Cladonion arbusculae* als Folgegesellschaften wahrscheinlicher sind. Endstadium der Flechtenentwicklung ist das *Cladonietum mitis*, das entweder über die *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft oder direkt aus den Pioniergesellschaften entstehen kann.

Abb. 20 zeigt eine Vegetationsabfolge an einem Wegrand innerhalb der Traubeneichenwälder am Roßkopf. Hier sind unterschiedliche Sukzessionsstadien nebeneinander entwickelt. Ein Fortschreiten der Entwicklung ist v.a. bei den Pionier- und Intermediärstadien an diesem Standort zunächst nicht zu erwarten. An der steilen Wegböschung entstehen durch Abrutschen des Bodenmaterials ständig neue Pionierstandorte, die vor allem *Dibaeis baeomyces* als Substrat dienen. Darüber siedeln im Traufbereich der Eichen krustige Arten wie *Trapeliopsis granulosa* und einige offensichtlich lichtliebende Cladonien wie *Cladonia uncialis* und *Cl. crispata*. Unter den Bäumen werden die Flechtenbestände überwiegend nur noch von *Cl. portentosa* und *Cl. gracilis* gebildet. Da sich die Baumschicht unter den gegebenen Standortbedingungen in absehbarer Zeit kaum verändern wird, können auch diese Arten am Roßkopf dauerhaft existieren. Die Transektflächen unter den Eichen sind dem *Cladonietum mitis typicum* zuzuordnen, einige Flächen im Traufbereich mit Arten wie

Placynthiella uliginosa und *Trapeliopsis granulosa* zählen dagegen eher zum *Cladonietum mitis cladonietosum merochlorophaeae*. Im Übergangsbereich beider Subunionen wechseln im vorliegenden Transekt kleinräumig Bestände der Subunion *typicum* mit solchen der Subunion *cladonietosum* ab.

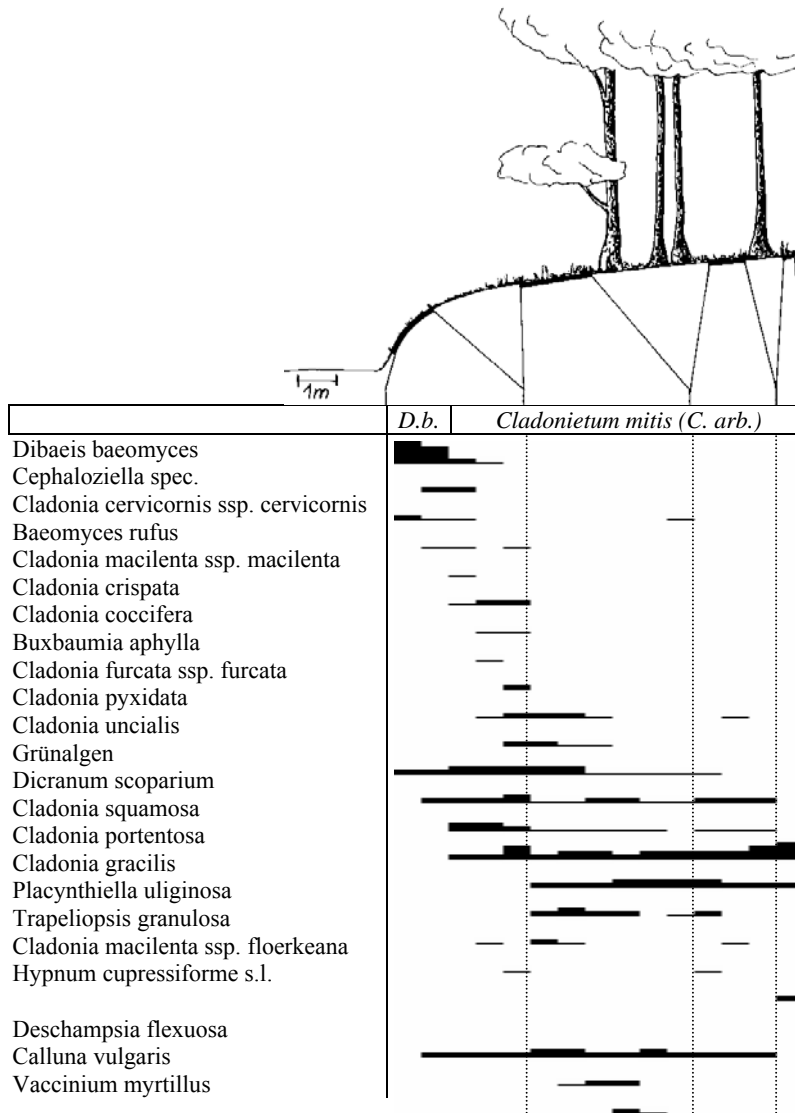


Abb. 20: Transekt an einem Wegrand innerhalb der Eichenwälder am Roßkopf.
 Die Balken geben den Wuchsbereich und die Artmächtigkeit der Arten an.
 Zugrunde liegt die siebenteilige Braun-Blanquet-Skala (s. DIERSCHKE 1994: 160).
 Je nach Höhe der Balken entsprechen diese der Artmächtigkeit r/+, 1, 2, 3 oder 4.
 D.b. = *Dibaeetum baeomycetis* (*Baeomyces rosei*),
 C. arb. = *Cladonion arbusculae*.

Vermutlich sind alle Erdflechtenbestände im Untersuchungsgebiet, die von *Cl. macilenta* und/oder *Cl. subulata* beherrscht werden, als intermediäre Stadien anzusehen (z.B. auch die *Cladonia floerkeana*-*Cladonion rei*-Fragmentgesellschaft). Oft werden schon Pionier- und intermediäre Gesellschaften von Phanerogamenbeständen abgelöst. Als Vorstadien von *Cladonia furcata*-dominierten Beständen kommen sowohl Gesellschaften des *Cladonion arbusculae* als auch des *Cladonion rei* in Frage (PAUS 1997).

Das *Cladonietum foliaceae* der nordhessischen Vulkanitfelsen ist eine Initialgesellschaft, die auf den extrem trockenen Standorten dauerhaften Bestand haben kann, sofern eine Verbuschung die Union nicht verdrängt.

Das *Cladonietum rei* auf Störstellen dürfte im allgemeinen wohl von sich ausdehnenden Phanerogamengesellschaften abgelöst werden. Initialstadien der Union sind nach PAUS (1997) gekennzeichnet durch das Auftreten von *Placynthiella*-Arten.

2.2 Toninio-Psoretea decipientis

(Tab. 14)

Syn.: Psoretea decipientis Mattick ex Follmann 1974 = Barbuletea unguiculatae Mohan 1978 p.p.; Psoretalia decipientis Mattick ex Follmann 1974 = Toninietalia Hadač 1948 prov.; Toninion sedifoliae Hadač 1948 = Toninion coeruleonigricantis Reimers 1951.

In der Klasse *Toninio-Psoretea decipientis* werden Kryptogamengesellschaften trockener bis frischer, kalk- bis basenreicher Böden zusammengefaßt. Ihre Klassencharakterarten sind nach DREHWALD (1993): *Barbula unguiculata*, *B. convoluta*, *Didymodon fallax* und *Riccia sorocarpa*. Bis auf *Riccia* treten diese Arten auch in den Beständen des Untersuchungsgebietes auf. Innerhalb der Klasse wird die **Ordnung Psoretalia decipientis**, welche die flechtenreichen Gesellschaften vereint, den moosreichen Gesellschaften der Ordnung *Barbuletalia unguiculatae* gegenübergestellt. Alle Gesellschaften der *Psoretalia decipientis* besiedeln kalk- oder zumindest basenreiche, längerfristig stark austrocknende Böden (DREHWALD 1993).

Tab. 12: Syntaxonomische Übersicht der Gesellschaften innerhalb der Klasse *Toninio-Psoretea decipientis*

Klasse	
Psoretea decipientis	
Ordnung	
Psoretalia decipientis	
Federation	diverse Dominanzbestände
Toninion sedifoliae	
Union, Gesellschaft	
Toninia sedifolia-Toninion-Initialgesellschaft	
Toninio-Psoretum decipientis	
Cladonia symphycharpa-Toninion sedifoliae-FG	
Peltigera rufescens-Toninion sedifoliae-FG	

Die Angaben bezüglich der Einstufung der auftretenden Flechtenarten als Charakterarten sind in der Literatur sehr uneinheitlich. Tab. 13 faßt die Aussagen sechs verschiedener Autoren zusammen. Jeweils fettgedruckt sind die für die vorliegende Untersuchung übernommenen Einstufungen.

Tab. 13: Autorenangaben zu Kennarten innerhalb der Klasse *Toninio-Psoetea decipientis*

	Drehwald (1993)	Wirth (1995)	Follmann (1974)	Klement (1955)	Marstaller (1971)	Wilmanns (1959)
<i>Buellia epigaea</i>	-	-	AC	AC	-	AC
<i>Cetraria aculeata</i>	-	-	OC/KC	*	-	-
<i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>subrangiformis</i>	-	VC	-	*	-	-
<i>Cladonia pyxidata</i> ssp. <i>pocillum</i>	-	-	OC/KC	*	-	*
<i>Cladonia rangiformis</i>	-	-	OC/KC	*	-	*
<i>Cladonia symphycarpa</i>	VC	-	VC	VC	VC	VC
<i>Endocarpon pusillum</i>	-	-	AC	AC	VC	AC
<i>Fulgensia bracteata</i>	AC	-	AC	VC	AClokal	-
<i>Fulgensia fulgens</i>	AC	AC	AC	AC	AClokal	AC
<i>Peltigera rufescens</i>	-	-	OC/KC	*	-	*
<i>Placidium squamulosum</i>	VC	-	-	VC	VC	VC
<i>Psora decipiens</i>	VC	VC	OC/KC	VC	AClokal	VC
<i>Squamarina cartilaginea</i>	VC	-	AC	AC	AClokal	AC
<i>Squamarina lentigera</i>	VC	VC	AC	AC	AClokal	AC
<i>Toninia sedifolia</i>	VC	VC	VC	VC	VC	VC

* Ordnungs- bzw. Klassencharakterart der *Epigaeetalia* bzw. -etea.

2.2.1 *Toninion sedifoliae*

Das *Toninion sedifoliae* ist die einzige Federation innerhalb der Ordnung *Psoretalia*.

a) Syntaxonomische Anmerkungen

Bei KLEMENT (1955) wird der Verband *Toninion coeruleonigricantis* (Syn. *Toninion sedifoliae*) zur Ordnung *Epigaeetalia* (Syn. *Peltigeretalia* Klem. 1950) und in die Klasse *Epigaeetea lichenosa* Klem. gestellt. Als Verbandscharakterarten führt er u.a. *Psora decipiens*, *Toninia sedifolia* (Syn. *T. coeruleonigricans*) und *Placidium squamulosum* (Syn. *Dermatocarpon hepaticum*) auf. Ordnungscharakterarten der *Epigaeetalia* sind nach KLEMENT (1955) u.a. *Cladonia pyxidata* ssp. *pocillum*, *Cetraria aculeata* (Syn. *Cornicularia aculeata*), *Peltigera rufescens*, *Cl. rangiformis*, *Cl. subrangiformis* (Syn. *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis*) und *Cl. furcata palamaea*. FOLLMANN (1974) scheint diese Einstufung der Ordnungscharakterarten (mit Ausnahme von *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis*) übernommen zu haben, obwohl er den Verband *Toninion* in eine andere Ordnung, die *Psoretalia decipientis* (Klasse *Psoetea decipientis*) stellt. Zumindest ein Teil der hier aufgeführten Arten können nach heutigem Wissensstand nicht als Ordnungscharakterarten der *Psoretalia* gelten. *Cl. rangiformis* beispielsweise tritt auch in *Cladonion arbusculae*-Gesellschaften höchstet auf (s. Kap. E2.1.2.4), gleiches gilt für *Cetraria aculeata*.

b) Anmerkung zu den Standorten und Standortbedingungen

Die gemessenen pH-Werte weisen nur geringe Unterschiede zwischen den Vegetationseinheiten der *Toninio-Psoetea* auf. Bei der elektrolytischen Leitfähigkeit zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Böden über Zechsteingips und denen über Zechsteindolomit bzw. Muschelkalk. Da jedoch keine der nachfolgend beschriebenen Vegetationseinheiten auf ein Ausgangsgestein beschränkt ist, schwanken dementsprechend die Leitfähigkeitswerte innerhalb der Aufnahmegruppen sehr stark. Beiden Meßgrößen kommt also keine differenzierende Bedeutung zu. Tab. 19 (S. 76)

faßt die Ergebnisse der Bodenanalysen zusammen. Aufgrund der geringen Aussagekraft dieser Meßwerte wird bei der weiteren Besprechung der Vegetationseinheiten auf die pH- und Leitfähigkeitswerte nicht näher eingegangen.

Tab. 14: Übersichtstabelle *Toninio-Psoretea decipientis*

Einheit 1: *Toninia sedifolia*-Toninion-Initialgesellschaft
 Einheit 2: *Toninio-Psoretum decipientis*
 Einheit 3: *Cladonia symphylicarpa*-Toninion-Fragmentgesellschaft
 Einheit 4: *Peltigera rufescens*-Toninion-Fragmentgesellschaft
 Einheit 5: Dominanzbestände

Einheit	1	2	3	4	5
Zahl der Aufnahmen	3	41	11	8	11
mAZ Phanerogamen	5,0	4,1	6,2	8,4	10,9
mAZ Flechten	2,0	6,7	6,4	3,3	1,8
mAZ Moose	3,3	6,0	6,6	5,4	3,5
D 2:					
UC <i>Fulgensia fulgens</i>	.	III	.	.	.
UC <i>Fulgensia bracteata</i>	.	IV	.	.	.
UC <i>Endocarpon pusillum</i>	1	II	+	.	.
UC <i>Squamarina cartilaginea</i>	.	II	.	.	.
D 2 + 3:					
FC <i>Cladonia symphylicarpa</i>	.	III	V	I	.
FC <i>Toninia sedifolia</i>	3	III	IV	.	.
<i>Tortella inclinata</i>	.	III	IV	I	.
FC <i>Psora decipiens</i>	.	III	II	.	.
FC <i>Placidium squamulosum</i>	.	III	II	.	.
D 3:					
<i>Encalypta streptocarpa</i>	.	I	III	.	.
<i>Leptogium cf. lichenoides</i>	.	I	IV	II	.
D 3 + 4:					
<i>Tortella tortuosa</i>	.	r	II	II	.
D 2 - 4:					
<i>Peltigera rufescens</i>	.	IV	IV	V	.
Cyanophyta div. spec.	3	IV	IV	IV	.
<i>Ceratodon purpureus</i>	2	V	IV	III	.
OC <i>Cladonia pyxidata</i> ssp. <i>pocillum</i>	.	IV	IV	II	+
KC <i>Barbula convoluta</i>	1	III	II	II	+
D 2, 3, 4, 5:					
<i>Ditrichum flexicaule</i>	1	IV	V	III	II
<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>lacunosum</i>	.	III	V	III	V
FC <i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>subrangiformis</i>	.	II	IV	III	III
<i>Cladonia rangiformis</i>	.	+	II	III	III
<i>Homalothecium lutescens</i>	.	.	I	III	II
<i>Fissidens dubius</i>	.	+	I	II	III
<i>Ctenidium molluscum</i>	.	r	+	.	III
UC₂, KC*:					
* <i>Barbula unguiculata</i>	.	r	.	I	+
<i>Squamarina lentigera</i>	.	I	.	.	.
* <i>Didymodon fallax</i>	.	.	.	I	.
<i>Buellia epigaea</i>	.	.	+	.	.
Begleiter Kryptogamen:					
<i>Collema</i> spec.	2	III	II	I	+
<i>Bryum</i> spec.	1	II	II	II	II
<i>Thuidium abietinum</i>	1	I	I	II	II
<i>Aloina</i> spec.	2	II	I	.	.
<i>Pseudocrossidium revolutum</i>	.	II	I	II	.
<i>Encalypta vulgaris</i>	.	II	.	I	+
<i>Trichostomum crispulum</i>	1	II	+	I	.

Forts. Tab. 14: Übersichtstabelle Toninio-Psoretea decipientis

Einheit	1	2	3	4	5
Forts. Begleiter Kryptogamen:					
Cephaloziella spec.	.	II	II	I	.
Pseudocrossidium hornschuchianum	1	I	+	I	.
Leptogium cf. schraderi	.	I	+	I	.
Chlorophyta div. spec.	1	I	.	II	.
Didymodon rigidulus	.	I	+	.	.
Cetraria aculeata	.	r	I	I	I
Tortula ruralis	.	+	+	I	.
Cladonia furcata ssp. furcata	.	.	+	.	.
Phanerogamen:					
Thymus pulegioides	3	III	IV	IV	III
Festuca ovina agg.	2	II	III	IV	IV
Koeleria pyramidata	1	II	III	IV	III
Potentilla tabernaemontani	2	II	IV	III	III
Bromus erectus	1	II	III	II	II
Sanguisorba minor	1	II	III	III	III
Hieracium pilosella	2	r	I	III	IV
Arenaria serpyllifolia	1	I	I	III	I
Sedum sexangulare	.	I	II	II	+
Euphorbia cyparissias	1	r	III	II	II
Scabiosa columbaria	.	+	.	I	III
Carex caryophyllea	.	+	+	I	III
Pimpinella saxifraga	.	+	+	II	II
Lotus corniculatus	.	r	+	II	II
Briza media	.	r	.	I	II
Linum catharticum	.	+	I	I	+
Carex flacca	.	r	+	I	II
Plantago lanceolata	.	+	+	I	II
Leontodon hispidus	.	+	+	.	I
Medicago lupulina	1	r	.	.	II
Helictotrichon pratense	.	r	I	II	.
Carlina vulgaris	.	r	.	II	+
Poa compressa	.	+	.	II	.
Campanula rotundifolia	.	+	+	I	.
Anthyllis vulneraria	.	.	+	I	II
Acinos arvensis	.	r	+	II	.
Erophila verna	.	r	I	.	+
Arabis hirsuta	.	.	+	I	+
Fragaria viridis	.	.	.	.	II
Trifolium campestre	.	.	.	II	.

Außerdem mit Stetigkeit < II und in weniger als 3 Einheiten:

Achillea millefolium 2:r, 5:I; Agrostis stolonifera 2:r; Asplenium ruta-muraria 3:+, Bacidia bagliettoana 3:+, Barbula spec. 2:+, 3:+, Brachypodium pinnatum 2:r, 4:I; Brachythecium albicans 2:r; Bryophyta spec. 3:+, Carex ornithopoda 2:+, Centaurea jacea 4:I; Centaurea scabiosa 5:I; Cerastium pumilum agg. 2:r, 5:+, Cirsium acaule 5:+, Cirsium spec. 5:+, Cladonia ciliata 5:+, Cladonia fimbriata 5:+, Cladonia pyxidata ssp. chlorophaea 3:+, Cladonia ramulosa 5:+, Cladonia rei 2:r; Convolvulus arvensis 5:+, Dactylis glomerata 5:I; Daucus carota 5:+, Dianthus carthusianorum 4:I; Dicranum scoparium 5:+, Didymodon acutus 2:r; Didymodon cf. fallax 2:r; Didymodon tophaceus 2:r; Didymodon vinealis 2:r; Diploschistes muscorum 2:r, 3:I; Distichum capillaceum 2:r; Euphrasia officinalis 5:+, Eurhynchium hians 4:I; Festuca rubra agg. 5:+, Fissidens spec. 3:+, Fissidens taxifolius 5:+, Galium mollugo 5:+, Galium pumilum 3:+, 5:I; Galium verum 2:r, 5:+, Gentianella germanica 5:+, Gyroweisia tenuis 4:I; Hepaticae spec. 2:r; Hieracium spec. 5:+, Hippocrepis comosa 2:r, 4:I; Hypericum perforatum 2:r; Knautia arvensis 3:+, Leucanthemum vulgare 4:I; Lichenes spec. 2:+, 3:+, Medicago falcata 5:+, Musci spec. 3:+, Mycobilimbia sabuletorum 2:r, 4:I; Mycobilimbia et Bacidia spec. 2:r; Ononis spinosa agg. 5:+, Peltigera didactyla 5:+, Phascum curvicolle 2:r; Pinus sylvestris 5:+, Placidium pilosellum 2:+, Plagiomnium rostratum 5:+, Plantago media 2:+, Poa pratensis 5:+, Poa trivialis 2:r, 5:+, Poaceae spec. 3:+, 5:+, Pottia truncata 2:r; Pottiaceae spec. 2:+, 3:+, Primula veris 5:+, Prunus avium juv. 5:+, Racomitrium canescens 4:I; Sarcosagium campestre 2:r; Sedum acre 2:r; Silene vulgaris 4:I, 5:+, Taraxacum officinale agg. 3:+, Trichostomum et Weissia spec. 2:+, 3:+, Viola hirta 5:+, Weissia controversa 4:I.

2.2.1.1 *Toninia sedifolia*-Toninion-Initialgesellschaft

(Tab. 14; Tab. 15 (Einheit 1) im Anhang 3; Taf. 1.7 im Anhang 2)

a) Floristische Zusammensetzung, Physiognomie und Struktur

Nach FOLLMANN (1974) und KLEMENT (1955) setzt die Gesellschaftsentwicklung des *Toninio-Psoretum* (s. Kap. E2.2.1.2) mit Verbandscharakterarten wie *Placidium squamulosum* (Syn. *Dermatocarpon hepaticum*), *Psora decipiens* und *Toninia sedifolia* (Syn. *T. coeruleonigricans*) ein. Beispiele solcher Initialstadien auf Zechsteindolomit stellen die Aufnahmen 1 bis 3 der Tab. 15 dar. Es dominieren diverse Blaualgen, die zu den Pionieren bei der Besiedlung neuer Standorte zählen und als schwarze Kruste das verwitterte Gesteinsmaterial überziehen. In den Blaualgen-reichen mikrobiotischen Krusten treten die Gattungen *Nostoc*, *Scytonema*, *Gloeocystis*, *Gloeocapsa*, *Oscillatoria* und *Chroococcus* sowie vereinzelt auch die Jochalge *Zygonium* auf (HOPPERT unpubl.). Stellenweise ist *Toninia sedifolia* die einzige Flechtenart, deren aufgeblasene Schuppen sich eingestreut in diesen Krusten finden. Weiterhin können *Collema*-Arten, das Pioniermoos *Ceratodon purpureus* (s. NEBEL & PHILIPPI 2000) sowie weitere kleinwüchsige Moose auftreten. Die mittlere Artenzahl beträgt für die Flechten nur 2,0, für die Moose 3,3 und für die Phanerogamen 5,0. Unionscharakterarten des *Toninio-Psoretum* haben sich in den Beständen noch nicht eingestellt, daher erfolgt die Einordnung der Bestände als *Toninia sedifolia*-Toninion-Initialgesellschaft. Die Gesamtdeckung liegt zwischen 35 und 85 %, wobei den größten Anteil daran die Cyanophyceen mit bis zu 70 % Deckung haben. Flechten mit 5 % und Moose mit weniger als 5 % Deckung spielen in diesen Stadien lediglich eine geringe Rolle. Einige wenige Phanerogamen wie *Thymus pulegioides* sind in der Lage, aus dem angrenzenden *Gentiano-Koelerietum* in die Initialgesellschaft einzudringen. Sofern die Algenkrusten nicht große Bereiche bedecken, können die Bestände mit bis zu 55 % offenem Boden recht lückig sein.

b) Standorte und Vorkommen im UG

3 Aufnahmen können dieser Initialgesellschaft zugeordnet werden. Die Bodenbildung ist noch wenig fortgeschritten. Das Festgestein wird lediglich von einer Schicht verwitterten Dolomits und einem humusarmen, gelblichgrauen Ai-Horizont bedeckt. Die Bestände siedeln auf diesem skelettreichen Substrat an den mitunter ziemlich steilen Wänden zweier ehemaliger Dolomit-Steinbrüche und können eine Gesamtgröße von 1 bis

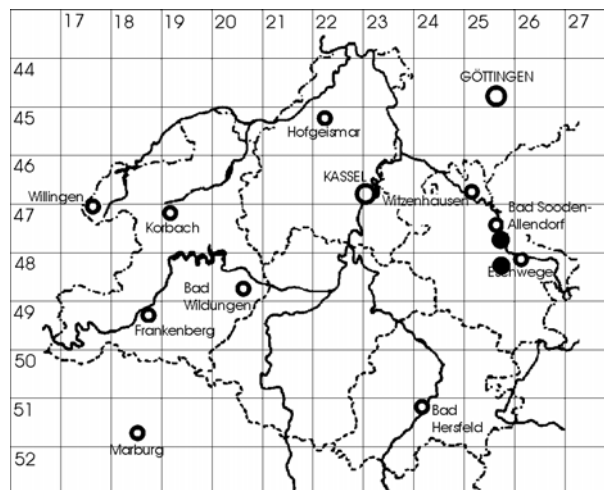


Abb. 21: Verbreitung der *Toninia sedifolia*-Toninion-Initialgesellschaft im Untersuchungsgebiet.

5 m² erreichen. Die Standorte sind sonnig und trocken.

2.2.1.2 Toninio-Psoretum decipientis

(„Bunte-Erdflechten-Gesellschaft“; Tab. 16; Tab. 17 im Anhang 3; Taf. 1.8 im Anhang 2)

Syn.: Psoretum decipientis Frey 1922, Toninia caeruleonigricans-Assoziation (KAISER 1926), Fulgensietum fulgentis Gams 1927, Thalloedema coeruleonigricans-Lecidea decipiens-Assoziation (STODIEK 1937) (Thalloedema-Lecideetum decipientis Stodiek 1937), Bunte Flechtengesellschaft (REIMERS 1940a), Toninia caeruleonigricans-Psora decipiens-Assoziation (SUZA 1937), Mikroassoziation von Toninia caeruleonigricans (SUZA 1937), Cetraria aculeata-Assoziation (KAISER 1926) p.p., Fulgensietum continentale Reimers 1951.

a) Floristische Zusammensetzung, Physiognomie und Struktur

Die Union wird durch *Fulgensia bracteata*, *F. fulgens* und *Squamarina cartilaginea* differenziert. Auch *Endocarpon pusillum* kann zumindest als schwache Differentialart herangezogen werden (s. Tab. 14). Innerhalb des *Toninio-Psoretum decipientis* werden im Untersuchungsgebiet zwei Subunionen unterschieden: die **Typische Subunion** (Einheit 1) und die **Subunion *fulgensietosum bracteatae*** (Einheit 2). Deren Unterschiede in der Artenzusammensetzung sind zumindest teilweise standortbedingt. Die beiden *Fulgensia*-Arten zeigen zwar nicht generell unterschiedliche Vorkommen (es gibt sowohl über Gips als auch über Dolomit Bestände in denen beide Arten auftreten) jedoch wurde *Fulgensia bracteata* in Nordhessen nie an Muschelkalk-Standorten angetroffen. Aus diesem Grund kann sie als Trennart der Subunion *fulgensietosum bracteatae* gelten und stellt im Untersuchungsgebiet zudem eine lokale Unionscharakterart dar. *Fulgensia fulgens*, die zumindest sporadisch auf allen basenreichen Substraten in Nordhessen auftritt, wird den Literaturangaben folgend als Unionscharakterart angesehen (s. DREHWALD 1993, KLEMENT 1955, WIRTH 1995). Sie zeigt allerdings einen Schwerpunkt ihres Vorkommens in der Typischen Subunion. Eine weitere Trennart der *Fulgensia bracteata*-Subunion gegen die Typische Subunion ist *Endocarpon pusillum*.

Die Aufnahmen 1 bis 9 in Tab. 17 können in Anlehnung an DREHWALD (1993) der **Cladonia-Variante der Typischen Subunion** zugeordnet werden. Differentialarten dieser Variante sind *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis*, *Leptogium* cf. *schraderi* und *Thuidium abietinum*. Die mittlere Artenzahlen in der Typischen Subunion betragen 7,7 bei den Flechten, 6,1 bei den Moosen und 6,7 bei den Phanerogamen.

Varianten der *Fulgensia bracteata*-Subunion:

Das *Toninio-Psoretum decipientis fulgensietosum bracteatae* läßt sich in zwei Varianten unterteilen:

Die relativ artenreiche **Cladonia symphycarpa-Variante** (Einheit 2.1) ist gekennzeichnet durch *Cladonia symphycarpa*, *Psora decipiens* und *Placidium squamulosum* sowie die kräftigeren Moose *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum* und *Ditrichum flexicaule*. Sie läßt sich im Untersuchungsgebiet in zwei Subvarianten untergliedern:

Tab. 16: Stetigkeitstabelle *Toninio-Psoretum decipientis*Einheit 1: *Toninio-Psoretum decipientis typicum*, *Cladonia*-VarianteEinheit 2: *Toninio-Psoretum decipientis fulgensietosum bracteatae*2.1 *Cladonia symphylicarpa*-Variante2.1.1 *Squamarina cartilaginea*-Subvariante2.1.2 *Cephaloziella*-Subvariante

2.2 Artenarme Variante

Einheit	1	2		
		2.1		2.2
		2.1.1	2.1.2	
Zahl der Aufnahmen	9	17	6	9
mittlere Deckung Phanerogamen [%]	24,4	8,8	7,2	2,1
mittlere Deckung Flechten [%]	22,8	29,1	16,7	37,2
mittlere Deckung Moose [%]	24,4	32,4	23,8	20,0
mAZ Phanerogamen	6,7	4,0	4,7	1,6
mAZ Flechten	7,7	8,1	6,3	3,2
mAZ Moose	6,1	6,5	5,5	5,4
d 1:				
UC <i>Fulgensia fulgens</i>	V	I	I	III
d Variante:				
FC <i>Cladonia furcata ssp. subrangiformis</i>	III	I	I	.
Leptogium cf. schraderi	III	I	.	.
Thuidium abietinum	III	I	II	.
d 2:				
UC <i>Fulgensia bracteata</i>	.	V	V	V
UC <i>Endocarpon pusillum</i>	.	II	III	II
d 1, d 2.1:				
FC <i>Cladonia symphylicarpa</i>	III	IV	IV	.
FC <i>Psora decipiens</i>	III	IV	V	.
FC <i>Placidium squamulosum</i>	V	III	V	.
<i>Ditrichum flexicaule</i>	V	V	IV	I
<i>Hypnum cupressiforme var. lacunosum</i>	III	IV	V	I
d 1, d 2.1.1:				
<i>Peltigera rufescens</i>	V	V	I	I
<i>Tortella inclinata</i>	III	IV	I	.
<i>Encalypta streptocarpa</i>	II	II	.	.
<i>Leptogium cf. lichenoides</i>	II	II	.	.
d 2.1.1:				
<i>Encalypta vulgaris</i>	I	III	.	.
UC <i>Squamarina cartilaginea</i>	.	III	.	.
UC <i>Squamarina lentigera</i>	.	II	.	.
<i>Placidium pilosellum</i>	.	II	.	.
d 2.1.2, d 2.2:				
<i>Cephaloziella spec.</i>	I	+	III	III
<i>Trichostomum et Weissia spec.</i>	II	I	V	II
d 2.2:				
<i>Aloina spec.</i>	II	+	I	IV
<i>Bryum spec.</i>	II	II	I	IV
UC <i>Barbula unguiculata</i>	.	.	.	II
FC, OC, KC:				
FC <i>Toninia sedifolia</i>	IV	III	III	II
OC <i>Cladonia pyxidata ssp. pocillum</i>	III	IV	V	III
KC <i>Barbula convoluta</i>	II	III	III	IV

Forts. Tab. 16: Stetigkeitstabelle Toninio-Psoretum decipientis

Einheit	1	2		
		2.1		2.2
		2.1.1	2.1.2	
Begleiter Kryptogamen:				
Ceratodon purpureus	V	IV	V	IV
Cyanophyta div. spec.	V	IV	II	V
Collema spec.	IV	III	II	II
Pseudocrossidium revolutum	.	II	I	III
Pseudocrossidium hornsuschianum	.	I	I	II
Didymodon rigidulus	.	I	I	II
Chlorophyta div. spec.	.	II	I	.
Cladonia rangiformis	II	I	.	.
Barbula spec.	I	+	II	.
Fissidens dubius	II	+	.	.
Pottiaceae spec.	II	.	.	.
Brachythecium albicans	.	.	II	.
Cetraria aculeata	II	.	.	.
Phanerogamen:				
Thymus pulegioides	V	III	IV	.
Festuca ovina agg.	IV	III	I	I
Bromus erectus	III	III	.	.
Koeleria pyramidata	II	II	IV	II
Potentilla tabernaemontani	IV	I	I	.
Sanguisorba minor	II	II	.	II
Sedum sexangulare	II	II	II	.
Arenaria serpyllifolia	.	I	I	I
Scabiosa columbaria	II	+	.	.
Poa compressa	I	+	I	.
Carex ornithopoda	II	.	.	.
Plantago media	II	+	.	.
Plantago lanceolata	II	.	.	.
Pimpinella saxifraga	II	.	.	.
Lotus corniculatus	II	.	.	.
Helictotrichon pratense	II	.	.	.
Briza media	II	.	.	.

Außerdem mit Stetigkeit < II und in weniger als 3 Einheiten:

Achillea millefolium 1:I; Acinos arvensis 2:+; Agrostis stolonifera 3:I; Brachypodium pinnatum 3:I, 4:I; Campanula rotundifolia 1:I, 2:I; Carex caryophyllea 2:I; Carex flacca 2:+; Carlina vulgaris 2:I; Cerastium pumilum agg. 2:+; Cladonia rei 4:I; Ctenidium molluscum 1:I, 2:+; Didymodon acutus 2:+; Didymodon cf. fallax 4:I; Didymodon tophaceus 2:+; Didymodon vinealis 2:+, 4:I; Diploschistes muscorum 1:I; Distichum capillaceum 2:+; Erophila verna 2:+; Euphorbia cyparissias 1:I, 3:I; Galium verum 2:+, 3:I; Hepaticae spec. 3:I; Hieracium pilosella 2:+, 4:I; Hippocrepis comosa 1:I; Hypericum perforatum 4:I; Leontodon hispidus 2:I, 3:I; Lichenes spec. 2:I; Linum catharticum 2:I, 3:I; Medicago lupulina 1:I, 3:I; Mycobilimbia sabuletorum 4:I; Mycobilimbia et Bacidia spec. 2:I; Phascum curvicolle 2:+, 4:I; Poa trivialis 4:I; Pottia truncata 4:I; Sarcosagium campestre 3:I, 4:I; Sedum acre 2:I; Tortella tortuosa 1:I; Tortula ruralis 2:I, 3:I.

Zu den Diagnostischen Arten der **Subvariante von *Squamarina cartilaginea*** (Einheit 2.1.1) zählen neben *Peltigera rufescens* unter anderem *Squamarina cartilaginea*, *Squamarina lentigera*, *Encalypta vulgaris* und die seltene Art *Placidium piliferum*. Die Bestände dieser Variante zählen aufgrund ihres Artenreichtums zu den wertvollsten Erdflechtengesellschaften auf basenreichen Standorten. Die ***Cephaloziella*-Subvariante** (Einheit 2.1.2) ist negativ durch das Fehlen sowohl der *Peltigera rufescens*- als auch der *Squamarina cartilaginea*-Gruppe gekennzeichnet. In ihr kommen als Trennarten dagegen kleinwüchsige Moose wie etwa die *Cephaloziella*-Arten vor. Es treten im Mittel 8,1 Flechtenarten in der *Squamarina*-Subvariante und 6,3 in der *Cephaloziella*-Subvariante auf. Bei den Moosarten betragen die Werte der mittleren Artenzahl 6,5 bzw. 5,5, bei den Phanerogamen 4,0 bzw 4,7.

Eine weitere Gruppe kleinwüchsiger Moose, die Gattung *Aloina*, ist typisch für die **Artenarme Variante** (Einheit 2.2) der *Fulgensia bracteata*-Subunion. Sie ist darüber hinaus nur negativ gekennzeichnet. Außer der *Peltigera rufescens*- und der *Squamarina cartilaginea*-Gruppe fehlen ihr auch die Arten der Gruppe von *Cladonia symphycarpa*. Die mittlere Artenzahl der Flechten liegt daher mit 3,2 Arten deutlich unter den Werten der anderen Einheiten. Auch die mittlere Artenzahlen der Moose (5,4) und der Phanerogamen (1,6) sind geringer.

Obwohl einige Vertreter der sogenannten „Bunten Erdflechten“ nicht vorkommen (z.B. *Squamarina cartilaginea* und *Psora decipiens*), sind diese Bestände, bedingt durch die Dominanz der leuchtend gelben *Fulgensia*-Arten und ihrer bisweilen großen Ausdehnung, optisch sehr eindrucksvoll. Nicht eindeutig beantworten läßt sich die Frage, ob derartige Bestände im Untersuchungsgebiet generell Initialstadien der Flechtenbesiedlung auf Gips darstellen, analog den der *Toninia sedifolia*-*Toninion*-Initialgesellschaft zugeordneten Vorkommen über Dolomit. Auf Gipsfelsen scheint schon von Beginn der Besiedlung an *Fulgensia bracteata* eine wesentliche Rolle zu spielen. An einigen Standorten siedelt die Art jedenfalls, oft ohne weitere Begleitarten, bereits auf wenig verwittertem Gips, an Stellen, wo noch keine nennenswerte Bodenbildung stattgefunden hat. Vielleicht hängt das Fehlen einiger Bunter Erdflechten jedoch auch mit einer stärkeren Trittbelastung der z.T. als Freizeit- und Grillgelände genutzten Standorte zusammen (s. GÜNZL 2001b).

Physiognomie:

Das *Toninio-Psoretum decipientis* wird von Krustenflechten und kleinwüchsigen Moosen (vor allem Pottiaceen) geprägt. Strauchartig wachsende Cladonien sind, sofern überhaupt vorhanden, in der Regel nur kümmerlich entwickelt. Nur die blättrigen Grundschuppen von *Cladonia symphycarpa* oder die Loben der Blatfflechte *Peltigera rufescens* können gelegentlich das Erscheinungsbild der Bestände mitbestimmen, besonders in der *Squamarina cartilaginea*-Subvariante der *Cladonia symphycarpa*-Variante. Die normalerweise kräftigeren Moose *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum* und *Ditrichum flexicaule* neigen in der Bunten-Erdflechten-Gesellschaft zum Kümmerwuchs.

Die Gesamtdeckung schwankt in allen Untereinheiten erheblich. Sie ist im Mittel in der Typischen Subvariante der *Cladonia symphycarpa*-Variante mit 43 % am geringsten und in der Artenarmen Variante mit 71 % am höchsten. Phanerogamen, die aus den umgebenden *Festuco-Brometea*-Beständen (meist handelt es sich um das *Gentiano-Koelerietum*) eindringen, bedecken maximal 35 % der Flächen, können aber auch vollständig fehlen. Die Deckung der Flechten zeigt erheblich Unterschiede selbst innerhalb der Untereinheiten. So reicht sie beispielsweise innerhalb der *Squamarina cartilaginea*-Subvariante der *Cladonia symphycarpa*-Variante von 5 bis 65 %. Im Mittel ist sie in der *Cephaloziella*-Subvariante der *Cladonia symphycarpa*-Variante mit 17 % am geringsten und in der Artenarmen Variante mit 37 % am höchsten. Eine ähnlich breite Spanne zeigt die Moosdeckung, die allerdings im Mittel in allen Einheiten bei rund 20 bis 30 % liegt. Algen haben keinen oder aber auch hohen Anteil am Aufbau der Gesellschaft. In der Artenarmen Variante bedecken sie im Ausnahmefall 45 % der Fläche, sonst maximal 30 %. Einige der aufgenommenen Bestände sind extrem lückig, auf bis zu 60 % der Fläche treten dann Steine und offener Boden zutage. Eine Streubedeckung spielt mit < 5 % keine Rolle.

b) Standorte und Vorkommen im UG

Das *Toninio-Psoretum decipientis* konnte im Untersuchungsgebiet durch 41 Aufnahmen belegt und an 12 Wuchsorten angetroffen werden. Ein Verbreitungszentrum dieser Union liegt im östlichen bzw. südöstlichen Meißner-Vorland (MTB 4725/4826). Das *Toninio-Psoretum decipientis typicum* besiedelt überwiegend Standorte auf Unterem Muschelkalk, seltener auf Zechsteindolomit. Das *Toninio-Psoretum decipientis fulgensietosum bracteatae* kommt außer auf Zechsteindolomit auch auf Zechsteingips vor. Die Artenarme Variante ist in ihrem Auftreten sogar ausschließlich auf Gips beschränkt. Die Bodenentwicklung ist in der Regel wenig fortgeschritten, die Böden sind daher meist als Syroseme einzustufen. Rendzinen kommen vor allem bei der Typischen Subunion sowie bei der *Cladonia symphycarpa*-Variante der Subunion *fulgensietosum bracteatae* vor.

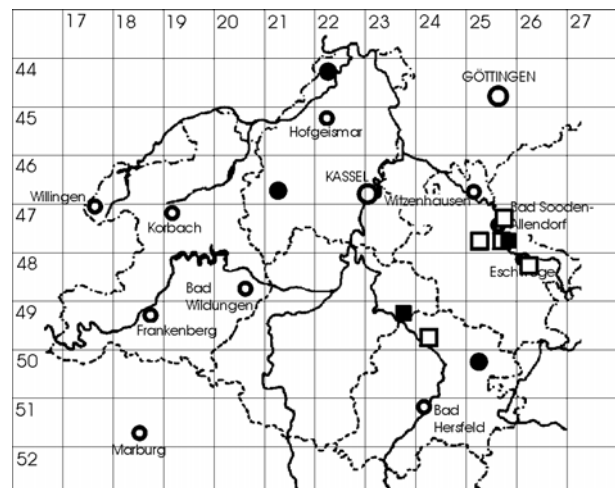


Abb. 22: Verbreitung des *Toninio-Psoretum decipientis* im Untersuchungsgebiet.

T.-P. typicum;

T.-P. fulgensietosum, Cl.-Variante;

T.-P. fulgensietosum, Artenarme Variante.

Die überwiegend sonnigen und trockenen Standorte sind schwach bis mäßig geneigt, das Substrat weist einen hohen bis sehr hohen Skelettanteil auf. Etliche der Vorkommen liegen auf Pfaden innerhalb von Schafweiden. Der Tritt der Weidetiere scheint ihnen, solange er nicht zu mächtig wird, nicht zu schaden. Die Schafe halten die Magerrasen offen und schaffen neue Ansiedlungsmöglichkeiten für Erdflechten, die mancherorts

durch Vergrasen und Verbuschen der Enzian-Schillergras-Rasen (*Gentiano-Koelerietum*) verdrängt werden. Weitere Standorte der Gesellschaft sind Felsköpfe und aufgelassene Gips-Steinbrüche. In letzteren werden sie durch Aktivitäten des Menschen geschädigt. Einen detaillierteren Überblick über Vorkommen und Gefährdungsursachen des *Toninio-Psoretum decipientis* in Nordhessen gibt GÜNZL (2001b).

Syntaxonomische Anmerkung:

Die Subunion *fulgensietosum bracteatae* stellt die „Gipsausbildung“ (im weiteren Sinne), die Typische Subunion eher die „Kalkausbildung“ dar. Diese Bezeichnungen verwendet beispielsweise BORNKAMM (1958) für seine Untergliederung der Bestände des südwestlichen Harzvorlandes. Aufgrund des vollständigen Fehlens von *Fulgensia bracteata* auf Muschelkalkstandorten in Nordhessen scheint jedoch eine Untergliederung der Union in Subunionen als standörtliche Einheiten, wie dies DREHWALD (1993) anhand des Aufnahmемaterials von BORNKAMM vorgenommen hat, sinnvoller.

2.2.1.3 *Cladonia symphycarpa*-Toninion-Fragmentgesellschaft

(Tab. 14; Tab. 15 (Einheit 2) im Anhang 3)

a) Floristische Zusammensetzung, Physiognomie und Struktur

Die Fragmentgesellschaft steht der artenreichen *Cladonia symphycarpa*-Variante des *Toninio-Psoretum decipientis fulgensietosum bracteatae* nahe. Sie wird negativ gekennzeichnet durch das Fehlen der Diagnostischen Arten des *Toninio-Psoretum* (*Fulgensia fulgens*, *F. bracteata*, *Endocarpon pusillum*, *Squamarina cartilaginea*). Einige Federationscharakterarten gehören dagegen zur CAV: *Psora decipiens*, *Placidium squamulosum*, *Toninia sedifolia* und *Cl. symphycarpa*. Höhere Stetigkeit als im *Toninio-Psoretum* erreichen *Encalypta streptocarpa*, *Tortella tortuosa* und *Leptogium* cf. *lichenoides*. Hohen Anteil am Aufbau der Bestände haben darüber hinaus die relativ kräftigen Moose *Ditrichum flexicaule* und *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum* sowie *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis*. Letztere tritt in der *Cladonia symphycarpa*-Toninion-Fragmentgesellschaft häufiger auf als in der Bunten-Erdflechten-Gesellschaft.

MARSTALLER (1971) deutet seine *Cladonia*-Variante des *Toninio-Psoretum*, in der in zunehmendem Maße Strauchflechten in die Bestände eindringen, als Terminalphase der Gesellschaft. Die *Cladonia symphycarpa*-Toninion-Fragmentgesellschaft könnte demnach als Folgestadium ehemaliger *Toninio-Psoretum*-Bestände interpretiert werden. Aufgrund der relativ hohen Artenzahl (mittlere Artenzahl 6,4 bei den Flechten, 6,6 bei den Moosen, 6,3 bei den Phanerogamen) und dem Vorkommen einiger Rote Liste-Arten sind diese Bestände aus Naturschutzsicht ebenso wertvoll wie die eigentliche Bunte-Erdflechten-Gesellschaft (s. Kap. E6).

Physiognomisch handelt es sich bei der *Cladonia symphycarpa*-Toninion-Fragmentgesellschaft um Bestände, die zwar oft von strauchigen oder blättrigen Arten geprägt werden, in denen die Krustenflechten jedoch ebenfalls noch eine bedeutende Rolle spielen. Vereinzelt treten *Cladonia*-Arten dominant auf. Die Gesamtdeckung der Bestände liegt zwischen 40 und 80 %, wovon 10 bis 50 % auf die Flechten entfallen.

Phanerogamen und Moose weisen maximal 40 % Deckung auf, Algen maximal 20 %. Mit bis zu 60 % Anteil an offenem Boden können die Bestände sehr lückig sein. Vergleichbar mit den Untereinheiten des *Toninio-Psoretum* erweisen sich auch die Bestände der *Cladonia symphycarpa-Toninion*-Fragmentgesellschaft bezüglich der Deckungswerte als sehr uneinheitlich.

Die Gesamtvorkommen innerhalb eines Gebietes bedecken oft weniger als 5 m². Eine Ausnahme stellen die rund 40 m² großen Bestände im NSG „Bühlchen bei Weißenbach“ dar, dem zugleich einzigen Wuchsort, an dem *Cladonia symphycarpa* mit Fruchtkörpern angetroffen wurde.

b) Standorte und Vorkommen im UG

Am Bühlchen und an 7 weiteren Lokalitäten konnten insgesamt 11 Vegetationsaufnahmen dieser Fragmentgesellschaft angefertigt werden. Sie tritt innerhalb des *Gentiano-Koelerietum* der Kalkmagerrasen über Muschelkalk und Zechsteindolomit auf, besonders im MTB 4725. Die Flächen sind in der Regel wenig bis mäßig geneigt, sonnig bzw. allenfalls gelegentlich beschattet und werden zum Teil von Schafen beweidet. Die Böden, Rendzinen oder Syrosemi, sind trocken oder wechsellustig und sehr skelettreich.

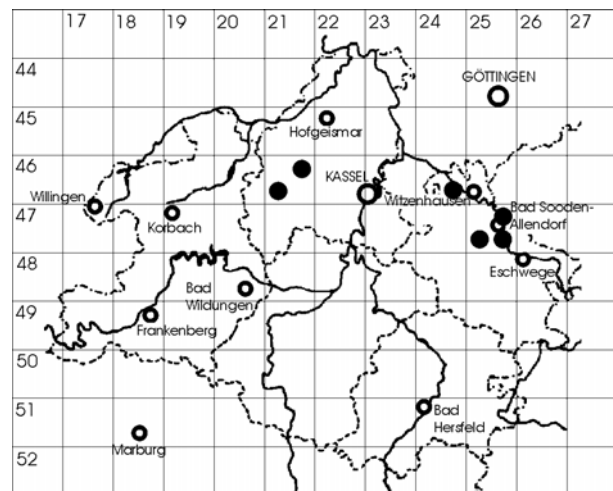


Abb. 23: Verbreitung der *Cladonia symphycarpa-Toninion*-FG im Untersuchungsgebiet.

Syntaxonomische Anmerkung:

Die *Cladonia symphycarpa-Toninion*-Fragmentgesellschaft kann anhand der Aussagen von DREHWALD (1993) als Übergangsstadium zwischen *Toninio-Psoretum* und *Cladonietum symphycarpae* interpretiert werden. Das *Cladonietum symphycarpae* bezeichnet DREHWALD als eine Pioniergesellschaft trockener Kalkböden. Es könne jedoch gelegentlich auch durch Feinerdeansammlung aus dem *Toninio-Psoretum decipiens* hervorgehen und Übergänge zu diesem bilden. Die Abgrenzung des *Cladonietum symphycarpae* vom *Toninio-Psoretum* ist daher oft unklar und in der Literatur nicht immer eindeutig nachvollziehbar, da eine große Zahl von Arten beiden Assoziationen gemeinsam ist und die nach DREHWALD (1993) einzige Charakterart der Union, *Cl. symphycarpa*, auch im *Toninio-Psoretum decipiens* höchstens vorkommt (s. Tab. 14). MARSTALLER (1971: 38/45) beschreibt das *Cladonietum symphycarpae* als Bestände, in denen "die Bunten Erdflechten nur noch eine unbedeutende Rolle spielen und die *Cladonia*-Arten völlig zur Herrschaft gelangt sind" und deren Physiognomie ganz von *Cl. symphycarpa* beherrscht wird. Dieser Beschreibung nach dürfte nur eine einzige Aufnahme (Aufn. 4, Tab. 15) aus dem nordhessischen Raum dem *Cladonietum symphycarpae* zugeordnet werden, da nur in dieser *Cl. symphycarpa* dominiert. Aus den oben erläuterten Gründen der unklaren Abgrenzung dieser Union wird im vorliegenden Fall jedoch auf die Ausweisung einer eigenen Union *Cladonietum symphycarpae* verzichtet und die Aufnahme aus dem NSG „Bühlchen bei Weißenbach“ ebenso wie das floristisch ähnliche Aufnahmematerial der *Cladonia symphycarpa-Toninion*-Fragmentgesellschaft

zugeordnet. PAUS (1997) nahm Bestände ähnlicher Artenzusammensetzung, die sie dem *Cladonietum symphy carpae* zuordnet, unter anderem im nordwestlichen Vorland des Hohen Meißners auf, also nicht weit entfernt von den *Cladonia symphy carpae*-reichen Flechtenvorkommen am Bühlchen.

2.2.1.4 *Peltigera rufescens*-Toninion-Fragmentgesellschaft

(Tab. 14; Tab. 15 (Einheit 3) im Anhang 3)

a) Floristische Zusammensetzung, Physiognomie und Struktur

Obwohl floristisch der *Cladonia symphy carpae*-Toninion-Fragmentgesellschaft noch ähnlich, fehlen dieser Fragmentgesellschaft jedoch zusätzlich einige Federationscharakterarten des Toninion fast vollständig (*Cl. symphy carpae*, *Psora decipiens*, *Placidium squamulosum*). Zur CAV zählen, neben der dominanten Art *Peltigera rufescens*, die Moose *Ceratodon purpureus*, *Tortella tortuosa*, *Ditrichum flexicaule* und *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*, welche sich, ebenso wie *Cl. pyxidata* ssp. *pocillum*, *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* (FC) und *Cl. rangiformis* in den bisweilen kleinen Lücken zwischen den blättrigen Lagern von *Peltigera* anzusiedeln vermögen. Weitere Besiedler dieser Lücken sind diverse Blaualgen (zu denen auch die Photobionten von *Peltigera* zu rechnen sind). Die mittlere Artenzahl der Flechten liegt mit nur 3,3 Arten deutlich unter dem Wert der *Cladonia symphy carpae*-Toninion-Fragmentgesellschaft. Bei den Moosen (mittlere Artenzahl 5,4) und Phanerogamen (mittlere Artenzahl 8,4) weichen die Werte dagegen weniger ab.

Unter den Flechten dominiert die eng an das Substrat anliegende, fast krustig erscheinende Blatflechte *Peltigera rufescens*. Die Ansiedlungen von *Peltigera* erreichen stellenweise einen Durchmesser von mehr als 8 cm und sind damit deutlich größer als in der *Cladonia symphy carpae*-Toninion-Fragmentgesellschaft und im *Toninio-Psoretum decipientis*, in denen *Peltigera rufescens* ebenfalls mit hoher Stetigkeit auftritt. Allein *Peltigera* kann bis zu 80 % Deckung erreichen. Gewöhnlich liegt jedoch die Deckung der Flechten bei 15 bis 55 %. Moose, Algen und Phanerogamen treten wiederum in stark wechselnder Deckung auf. Letztere können bei fortschreitender Vegetationsentwicklung die Flechten überwuchern und verdrängen. Die Bestände wirken insgesamt weniger lückig als die der *Cladonia symphy carpae*-Toninion-Fragmentgesellschaft.

b) Standorte und Vorkommen im UG

8 Aufnahmen von 5 Wuchsorten belegen diese Vegetationseinheit für das Untersuchungsgebiet. Die Bestände liegen umgeben von oder angrenzend an Magerrasen des *Gentiano-Koelerietum* hauptsächlich im Meißner-Gebiet. Typische Standorte sind sonnige, trockene (bzw. wechsellrockene), flach geneigte bis ebene Flächen innerhalb von Kalkmagerrasen oder an Wegrändern bzw. am Grund aufgelassener Steinbrüche. Ausgangsgestein ist Zechsteindolomit oder Muschelkalk. Die Böden wurden als Syrosem bzw. Rendzina angesprochen und sind sehr skelettreich. Die Bestände bedecken nie mehr als 5 m² an einem Wuchsort.

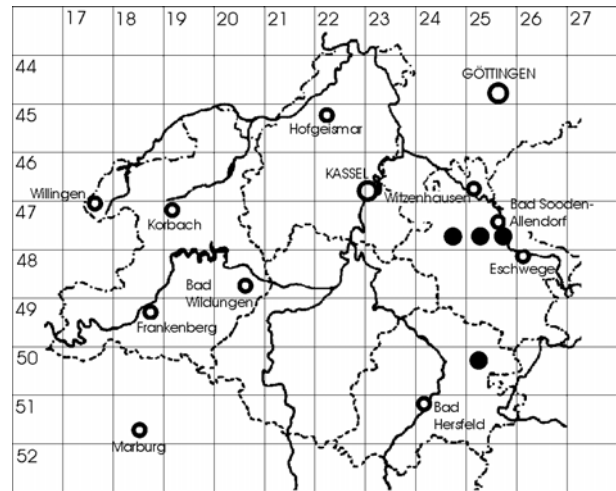


Abb. 24: Verbreitung der *Peltigera rufescens*-Toninion-FG im Untersuchungsgebiet.

2.2.2 Dominanzbestände

(Tab. 14; Tab. 15 (Einheit 4) im Anhang 3)

a) Floristische Zusammensetzung, Physiognomie und Struktur

Die Einengung des Siedlungsraumes durch eine Ausbreitung der Trockenrasenpflanzen oder das Dominieren einzelner kräftiger Strauchflechten führt zum Rückgang konkurrenzwacher Erdflechten. Es fehlen daher den Dominanzbeständen die typischen Bunten Erdflechten vollständig, nur noch kräftige, höherwüchsige Kryptogamen können sich behaupten. Typischerweise treten daher nun auch vermehrt größere Moose (*Ctenidium molluscum*, *Fissidens dubius*, *Homalothecium lutescens*) auf. Die dominierenden Flechtenarten der Bestände sind *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis* und *Cl. rangiformis*, stellenweise kann auch *Cetraria aculeata* Dominanzbestände innerhalb des *Gentiano-Koelerietum* bilden. Die Ansiedlungen beider *Cladonia*-Arten werden in diesen Dominanzbeständen größer als in anderen Vegetationseinheiten der Klasse *Toninio-Psoretea*. Das typische Bild solcher Dominanzen zeigt sich als ein Gemisch aus den charakteristischen Phanerogamen der Trockenrasen (mit bis zu 75 % Deckung), einigen Moosen und dazwischen Flechtenpolstern, die 10 bis 40 % Deckung erreichen. Die Bestände wirken recht geschlossen, lediglich an wenigen Stellen ist der Boden oder das verwitterte Gestein deutlich erkennbar.

Cladonia pyxidata ssp. *pocillum*-Dominanzbestände treten gelegentlich in Kalkmagerrasen auf, finden aber in der Regel wegen ihrer Eintönigkeit und Artenarmut keine Beachtung. Der aufgeführte Bestand (Aufn. 33, Tab. 15) soll hier jedoch der

Vollständigkeit halber bei der Beschreibung der aktuell in Nordhessen vorhandenen Erdflechtengesellschaften basenreicher Standorte erwähnt werden. Physiognomisch weicht er von den anderen Dominanzbeständen ab, da sich zwischen den fast krustigen Lagern von *Cladonia pyxidata* ssp. *pocillum* kaum andere Kryptogamen oder Phanerogamen behaupten können.

Die Artenarmut aller Dominanzbestände zeigt sich bei den mittleren Artenzahlen von Flechten und Moosen. Den durchschnittlich nur 1,8 Flechten- und 3,5 Moosarten stehen 10,9 Arten der Phanerogamen gegenüber.

b) Standorte und Vorkommen im UG

Dominanzbestände wurden an mehreren Standorten vegetationskundlich erfaßt (11 Aufnahmen, 8 Wuchsorte). Jedoch sind noch etliche weitere, nicht bearbeitete Vorkommen im Untersuchungsgebiet vorhanden.

Dominanzbestände von *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis* und *Cl. rangiformis* siedeln in verschiedenen Expositionen und Neigungen, an sonnigen, trockenen Stellen in Magerrasen über Muschelkalk, Zechsteingips, Zechsteindolomit und Basalt. Die Bodenentwicklung ist etwas weiter fortgeschritten, die Rendzinen sind meist weniger skelettreich als an den Standorten der anderen *Toninio-Psoretea*-Gesellschaften. Größere Ausdehnung (bis 10 m²) erreichen die Bestände nur in den Kalkmagerrasen, die von Schafen beweidet werden, da nur sie ausreichend Lücken für Flechtenbewuchs aufweisen. Ein Aufhören der traditionellen Nutzungsweise führt zum Verschwinden der Flechten durch Verbuschung und Vergrasung der Flächen.

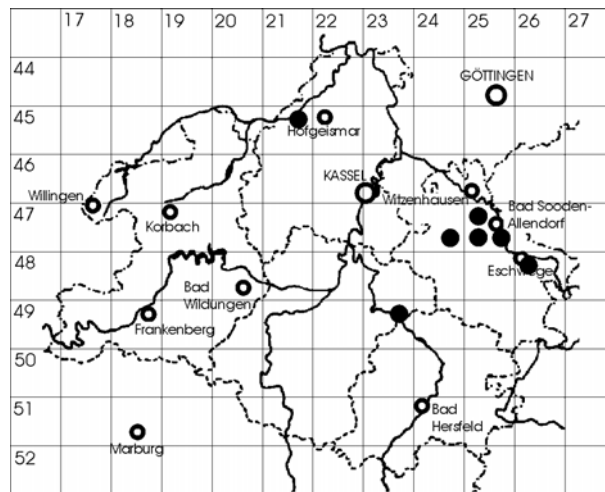


Abb. 25: Lage der bearbeiteten Dominanzbestände im Untersuchungsgebiet.

2.2.3 Standorte und Dynamik im Überblick

Wie einleitend in Kap. E2.2.1 erwähnt, haben die Meßwerte von pH und elektrolytischer Leitfähigkeit keine differenzierende Bedeutung für die Einheiten der Klasse *Toninio-Psoretea decipientis*. Die pH(H₂O)- und pH(KCl)-Werte unterscheiden sich mit Ausnahme der Probe von einem Basaltstandort kaum. Bei der elektrolytischen Leitfähigkeit fallen die außergewöhnlich hohen Werte der Gipsböden auf, die rund fünfmal so hoch sind wie die Werte der Böden über Muschelkalk. Noch etwas geringere Medianwerte weisen die Bodenlösungen von Dolomit- bzw. Basaltstandorten auf (s. Tab. 18).

Tab. 18: Medianwerte von pH und elektrolytischer Leitfähigkeit in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein

Gestein	n	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	LF [μ S/cm]
b	1	6,1	5,4	122
mo	5	7,4	7,2	275
mu	13	7,3	7,1	301
zd	33	7,4	7,3	192
zg	15	7,2	7,1	1441
sug	7	7,2	7,0	1378

Die Gesellschaften der Klasse *Toninio-Psoaretea decipientis* siedeln überwiegend an sonnigen und trockenen Stellen über basenreichem Ausgangsgestein. Gelegentlich können umgebende Phanerogamen die Flechten etwas beschatten. Selten treten die Kryptogamenbestände an wechsellackenen Standorten auf (z.B. einige Bestände der *Cladonia symphylicarpa-Toninion*-Fragmentgesellschaft). Die Böden, Syrosete und Rendzinen, sind im allgemeinen skelettreich und sehr flachgründig. Die Tatsache, daß sich die untersuchten Standorte bezüglich Boden und Klima kaum unterscheiden, deutet darauf hin, daß der entscheidende Faktor für das Auftreten oder Fehlen der verschiedenen Vegetationseinheiten der Grad der Nutzung der Flächen und die damit verbundene Entwicklung der Magerrasen ist.

Toninio-Psoaretea-Bestände lassen sich im Untersuchungsgebiet vor allem in Vegetationslücken von Kalkmagerrasen (*Gentiano-Koelerietum*) sowie in aufgelassenen Gips- und Dolomit-Steinbrüchen finden. Entscheidend für ihr Vorkommen ist wiederum hauptsächlich die fehlende Konkurrenz durch Phanerogamen. Magerrasen, die infolge fehlender oder ungenügender Nutzung vergrasen, verstauben oder verbuschen stellen keine Lebensräume für Kryptogamengesellschaften mehr dar. Detailliertere Angaben zu Gefährdungsursachen und Schutzmaßnahmen gibt Kap. E6 und GÜNZL (2001a+b).

Dynamik:

Die Primärsukzession auf neu entstandenen Felsstandorten beginnt auf Dolomit offensichtlich mit der *Toninia sedifolia*-Initialgesellschaft, auf Gips mit Rein- oder Dominanzbeständen von *Fulgensia bracteata* (Artenarme Variante des *Toninio-Psoaretum decipientis fulgensetosum bracteatae*).

Neu entstehende Lücken innerhalb der Magerrasen, also Standorte, an denen die Bodenbildung teilweise schon bis zur Rendzina fortgeschritten ist, werden von den Gesellschaftsbildnern der „Bunten-Erdflechten-Gesellschaft“ (*Toninio-Psoaretum decipientis*) besiedelt. Bei der Vegetationsentwicklung vom Initialstadium der Flechtenbesiedlung zum flechtenreichen Kalkmagerrasen (*Gentiano-Koelerietum*) treten kleinwüchsige bzw. krustige Arten, darunter die typischen Arten der Bunten-Erdflechten-Gesellschaft mehr und mehr zurück, während kräftigere Moos- und Flechtenarten zunehmen. In der *Cladonia symphylicarpa-Toninion*-Fragmentgesellschaft gewinnen bereits die wuchskräftigeren Arten *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*,

Cladonia furcata ssp. *subrangiformis* und *Cl. rangiformis* an Bedeutung. Im Extremfall können diese Arten Dominanzbestände bilden.

Die *Peltigera rufescens*-Toninion-Fragmentgesellschaft scheint sich an offenen, jedoch zumindest gelegentlich durch ablaufendes oder sich am Grund von Steinbrüchen ansammelndes Wasser gekennzeichnete Standorte zu besiedeln und wird vermutlich im weiteren Sukzessionsverlauf durch Phanerogamengesellschaften, z.B. das *Gentiano-Koelerietum* abgelöst.

Tab. 19: Toninio-*Psoretea decipientis*: pH-Werte und elektrolytische Leitfähigkeiten der Böden

	Median pH(H ₂ O)	Max. pH(H ₂ O)	Min. pH(H ₂ O)	Median pH(KCl)	Max. pH(KCl)	Min. pH(KCl)	Median LF [µS/cm]	Max. LF [µS/cm]	Min. LF [µS/cm]
Toninia sedifolia-Toninion-Initialgesellschaft	7,7	7,8	7,6	7,3	7,5	7,3	157	192	109
Toninio- <i>Psoretum decipientis</i> (Gesamt)	7,3	7,8	7,0	7,1	7,4	6,9	359	1609	172
Toninio- <i>Psoretum typicum</i> , Cladonia-Variante	7,3	7,3	7,2	7,1	7,2	7,1	301	362	258
Toninio- <i>Psoretum fulgensietosum</i> , Cladonia-Var., Squamarina-Subvariante	7,3	7,8	7,0	7,3	7,4	7,0	192	1566	172
Toninio- <i>Psoretum fulgensietosum</i> , Cladonia-Var., Cephaloziella-Subvariante	7,2	7,6	7,0	7,1	7,3	7,0	1376	1596	203
Toninio- <i>Psoretum fulgensietosum</i> , Artenarme Var.	7,2	7,8	7,1	7,1	7,4	6,9	1500	1609	359
Cladonia symphylicarpa-Toninion-FG	7,5	7,8	7,2	7,2	7,5	7,0	197	395	161
<i>Peltigera rufescens</i> -Toninion-FG	7,5	7,6	6,3	7,3	7,5	6,6	198	306	128
Dominanzbestände	7,3	7,4	6,1	7,1	7,3	5,4	315	1609	122

3 Die Vergesellschaftung von *Cladonia furcata*

Cladonia furcata steht im Mittelpunkt der weiteren Untersuchungen dieser Arbeit, daher wird in diesem Kapitel speziell auf die Vergesellschaftung ihrer beiden Unterarten in Nordhessen eingegangen. Die Ergebnisse werden mit entsprechenden Angaben für Nordwestdeutschland (PAUS 1997) verglichen.

3.1 *Cladonia furcata* ssp. *furcata*

Cladonia furcata ssp. *furcata* wurde im Untersuchungsgebiet in insgesamt 39 Vegetationsaufnahmen erfaßt. Hohe Stetigkeit erreicht die Subspezies in der *Cladonia rangiferina*-Variante des *Cladonietum mitis typicum*, in der *Cladonia furcata*-*Cladonion arbusculae*-Fragmentgesellschaft sowie im *Cladonietum foliaceae*. Mit geringer Stetigkeit tritt sie außerdem in 6 weiteren Vegetationseinheiten der Klasse *Ceratodonto-Polytrichetea*, jedoch nur in einer Einheit der Klasse *Toninio-Psoretea* auf. Im Untersuchungsgebiet ist *Cl. furcata* ssp. *furcata* daher eine schwache Trennart der *Ceratodonto-Polytrichetea*. Nach PAUS (1997) wird die Unterart als Ordnungscharakterart gewertet. In Nordhessen liegt der Schwerpunkt ihres Vorkommens in der Federation *Cladonion arbusculae*.

Tab. 20: Stetigkeiten, Ausdehnung der Lager und Deckungsgrade von *Cladonia furcata* ssp. *furcata* (n = Anzahl Aufnahmen, in denen *Cl. furcata* ssp. *furcata* auftritt. Ausdehnung der Lager s. Kap. E1.2, S. 21)

Vegetationseinheit	Stetigkeit	n	Ausdehnung der Lager: Min., Max., Median	Deckungsgrad: Minimum, Maximum
Pycnothelio-Cladonietum + <i>Cladonia cervicornis</i> -FG	2	2	3,3,3	1,2a
Dibaeetum baeomycetis, <i>Cladonia</i> -Höhenform	II	2	1,1,1	r,1
Dibaeetum baeomycetis, <i>Baeomyces</i> -Höhenform	-	-	-	-
Lecideetum uliginosae	-	-	-	-
<i>Cl. bacillaris</i> -Gesellschaft	I	2	1,2,2	+,1
<i>Cladonietum mitis cladonietosum merochlorophaea</i>	II	5	1,3,1	+,2a
<i>Cladonietum mitis typicum</i> , Typische Variante	I	1	1	+
<i>Cladonietum mitis typicum</i> , <i>Cl. rangiferina</i> -Variante	IV	9	1,5,3	+,4
<i>Cl. furcata</i> - <i>Cladonion arbusculae</i> -FG	V	11	2,5,4	2a,5
<i>Cl. gracilis</i> - <i>Cladonion arbusculae</i> -FG	-	-	-	-
<i>Cladonietum foliaceae</i>	IV	5	1,3,2	1,3
<i>Cl. floerkeana</i> - <i>Cladonion rei</i> -FG	-	-	-	-
<i>Cladonietum rei</i> , <i>Cl. floerkeana</i> -Variante	I	1	1	1
<i>Cladonietum rei</i> , Typische Variante	-	-	-	-
<i>Cl. subulata</i> - <i>Cladonion rei</i> -FG	-	-	-	-
<i>Toninia sedifolia</i> - <i>Toninion</i> -Initialgesellschaft	-	-	-	-
<i>Toninio</i> - <i>Psoretum decipientis</i>	-	-	-	-
<i>Cl. symphyarpa</i> - <i>Toninion</i> -FG	+	1	1	+
<i>Peltigera rufescens</i> - <i>Toninion</i> -FG	-	-	-	-
Dominanzbestände	-	-	-	-

In der *Cladonia furcata*-*Cladonion arbusculae*-Fragmentgesellschaft und in der *Cladonia rangiferina*-Variante des *Cladonietum mitis typicum* erreicht die Subspezies die größte Ausdehnung der Polster. Die Ansiedlungen werden dort bis über 20 cm groß. Bis zu 8 cm Polsterdurchmesser kann sie z.B. im *Cladonietum mitis cladonietosum*

merochlorophaeae und im *Cladonietum foliaceae* aufweisen. In den meisten anderen Einheiten bleiben die Lager kleiner als 3 cm bzw. sogar kleiner als 1 cm, d.h. es treten nur einzelne Podetien und keine Polster auf.

a) Vergleich mit Nordwestdeutschland (Tab. 21)

Bei einem Vergleich der eigenen Vegetationsaufnahmen aus Nordhessen mit solchen aus Nordwestdeutschland (PAUS 1997) zeigen sich Übereinstimmungen bezüglich der hohen Stetigkeiten im *Cladonietum mitis typicum* und im *Cladonietum foliaceae*. Innerhalb des *Cladonietum mitis typicum* stellt PAUS allerdings eine eigene Ausbildung mit *Cladonia furcata* ssp. *furcata* auf, während in der vorliegenden Untersuchung die *Cl. furcata*-reichen Bestände der *Cladonia rangiferina*-Variante zugeordnet werden. Eine Subunion *cladonietosum furcatae* des *Cladonietum foliaceae*, in der die Subspezies *furcata* bei PAUS mit hoher Stetigkeit auftritt, kann im nordhessischen Aufnahmematerial nicht abgetrennt werden.

Tab. 21: Stetigkeiten von *Cladonia furcata* ssp. *furcata*: Vergleich der Daten aus Nordhessen und Nordwestdeutschland

Nordhessen (eigene Daten)		Nordwestdeutschland (PAUS 1997)	
Vegetationseinheit	Stetigkeit	Stetigkeit	Vegetationseinheit
Pycnothelio-Cladonietum / Cl. cervicornis-FG	2	+	Pycnothelio-Cladonietum, Terminalphase
Dibaeetum, Cladonia cervicornis-Höhenform -----	II	+	----- Dibaeetum baeomycetis, typische Ausbildung
Lecideetum uliginosae	-	+	Lecideetum uliginosae typicum
-----		r	Lecideetum uliginosae cladonietosum portentosae
-----		r	Cladonietum zopfii, Optimalphase
Cladonia bacillaris-Gesellschaft	I	+	Cl. bacillaris-MG, typische Ausb., jüngere Entw.phasen
		I	Cl. bacillaris-MG, typische Ausb., fortgeschr. Phasen
		r	Cl. bacillaris-MG, Ausb. mit Cl. glauca, jüngere Phasen
		I	Cl. bacillaris-MG, Ausb. Cl. glauca., fortgeschr. Phasen
Cladonietum mitis cladonietosum merochl.	II	r	Cladonietum mitis cladonietosum merochl., typ. Ausb.
		r	Cl. mitis cladonietosum merochl., Ausb. mit Cl. glauca
		V	Cl. mitis cladonietosum merochl., Ausb. mit Cl. furcata
Cladonietum mitis typicum, Typische Variante	I	+	Cladonietum mitis typicum, typische Ausbildung
Cl. mitis typicum, Cl. rangiferina-Variante	IV		-----
-----		V	Cladonietum mitis typicum, Ausbildung mit Cl. furcata
-----		+	Cladonietum mitis hypnetosum jutlandicae
Cladonia furcata-Cladonion arbusculae-FG	V		-----
-----		I	Dominanzbestände von Cladonia uncialis
Cladonietum foliaceae	IV	IV	Cladonietum foliaceae cladonietosum furcatae
		IV	Cl. foliaceae, Übergang zu cladonietosum furcatae
-----		II	Cetraria aculeata-Cladonion arbusculae-Fragmentges.
Cladonietum rei, Cl. floerkeana-Variante	I		-----
Cladonietum rei, Typische Variante	-	+	Cladonietum rei, typische Ausbildung
-----		r	Cladonietum rei, Ausbildung mit Peltigera didactyla
-----		I	Cladonia humilis-Cladonion rei-Fragmentgesellschaft
-----		V	Cladonia furcata-Cladonion rei-Fragmentgesellschaft
-----		V	Cladonia furcata-Dominanzbestände
-----		II	Übergang Cladonietum rei zu Cladonion arbusculae
Cl. symphyarpa-Toninion-Fragmentgesellschaft	+		-----
-----		-	Cladonietum symphycarpae
-----		III	Cladonia pocillum-Toninion-Fragmentgesellschaft
-----		-	Mycobilimbia microcarpa-Toninion-Fragmentgesellschaft

In Nordwestdeutschland erreicht die Unterart zusätzlich eine hohe Stetigkeit in einer gleichnamigen Ausbildung des *Cladonietum mitis cladonietosum merochlorophaeae*. In Nordhessen kommt sie innerhalb dieser Subunion nur mit Stetigkeit II vor; eine eigene Ausbildung läßt sich nicht abtrennen. Ein weiterer Unterschied zwischen beiden

Gebieten zeigt sich innerhalb der Federation *Cladonion rei*. PAUS nennt eine *Cladonia furcata-Cladonion rei*-Fragmentgesellschaft, die sich aus dem nordhessischen Aufnahmematerial nicht ergab. Sie stellt auch die *Cladonia furcata*-Dominanzbestände in die Nähe des *Cladonion rei*, weist aber auf andere Vorstadien dieser Dominanzen, etwa das *Cladonietum mitis* hin. Letzteres zeigt wiederum verwandtschaftliche Beziehungen zu der in der vorliegenden Untersuchung beschriebenen *Cladonia furcata-Cladonion arbusculae*-Fragmentgesellschaft.

b) Vergleich mit weiteren Literaturangaben

Nach der Ansicht von KLEMENT (1955) ist die Varietät *racemosa* von *Cladonia furcata* als Federationscharakterart des *Cladonion silvaticae* (Syn. *Cladonion arbusculae*) zu betrachten. Das stete Auftreten der Art innerhalb dieser Federation hat wohl auch zu der Bezeichnung *Cladonia furcata*-Assoziation Krieger 1937 als Synonym des *Cladonietum mitis* geführt. Durch eine Dominanz von *Cl. furcata* zeichnen sich nach KLEMENT (1955) gelegentlich Ausbildungsformen des *Cladonietum mitis* aus, die schwach geneigte Hangflächen oder Waldränder besiedeln. Diese Ausbildungsform sei ziemlich windhart und kennzeichne gut Aushagerungsgebiete.

Hochstet tritt im *Cladonietum alcicornis* (Syn. *Cladonietum foliacea*) laut KLEMENT (1955) die Varietät *Cladonia furcata-palamaea* (s. Kap. G2.1.3) auf; er wertet sie als Charakterart der Gesellschaft. Weitere Angaben zur Verbreitung von *Cl. furcata* in Nordostdeutschland finden sich in DOLL (1996); als Begleiter tritt die Art dort in der sogenannten *Cladonia cariosa*-Gesellschaft, der *Cladonia zopfii*-Gesellschaft und der *Cladonia scabriuscula*-Gesellschaft auf.

Bezüglich des Vorkommens von *Cladonia furcata* ssp. *furcata* in Gesellschaften basenreicher Standorte finden sich überraschende Angaben bei KLEMENT (1955): Die Varietät *Cladonia furcata-palamaea* (s. Kap. G2.1.3) erreicht in seinem Aufnahmematerial Stetigkeit IV im *Fulgensietum fulgentis* (Syn. *Toninio-Psoretum*) und Stetigkeit III im *Cladonietum symphyrcarpiae* (Syn. *Cladonietum symphyrcarpae*). Beide Angaben erscheinen mir ungewöhnlich hoch und sind mit Sicherheit nicht repräsentativ für den mitteleuropäischen Raum! FOLLMANN (1974) wertete 30 Aufnahmen aus dem Nordhessischen Bergland aus und führt die Varietät *palamaea* mit Stetigkeit II auf.

3.2 *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis*

Die Subspezies *subrangiformis* wurde im Untersuchungsgebiet in 26 Aufnahmeflächen nachgewiesen und tritt darin stets nur steril auf. Ihr Vorkommen beschränkt sich ausschließlich auf Vegetationseinheiten innerhalb der Klasse *Toninio-Psoretea decipientis*, zu deren Trennarten sie im Untersuchungsgebiet zählt (s. Tab. 2). Hohe Stetigkeiten erreicht sie im *Toninio-Psoretum typicum*, in der *Cladonia symphyrcarpa-Toninion*-Fragmentgesellschaft, in der *Peltigera rufescens-Toninion*-FG sowie in den Dominanzbeständen, deren Erscheinungsbild sie mit bis zu 20 cm großen Lagern prägen kann. Im allgemeinen sind ihre Lager jedoch wesentlich unauffälliger. Meist sind nur einzelne, unregelmäßig verzweigte Podetien zu finden (s. Tab. 22).

Tab. 22: Stetigkeiten, Ausdehnung der Lager und Deckungsgrade von *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis* (n = Anzahl Aufnahmen, in denen *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis* auftritt. Ausdehnung der Lager s. Kap. E1.2, S. 21)

Vegetationseinheit	Stetigkeit	n	Ausdehnung der Lager: Min.,Max., Median	Deckungsgrad: Minimum, Maximum
Toninia sedifolia-Toninion-Initialgesellschaft	-	-	-	-
Toninio-Psoretum typicum, Cladonia-Variante	III	5	1,2,1	r,1
Ton.-Psoretum fulgensietosum, Cl. symphycarpa-Variante, Subvariante von Squamarina cartilaginea	I	3	1,1,1	r,+
Ton.-Psoretum fulgensietosum, Cl. symphycarpa-Variante, Cephaloziella-Subvariante	I	1	1	+
Ton.-Psoretum fulgensietosum, Artenarme Variante	-	-	-	-
Cl. symphycarpa-Toninion-FG	IV	7	1,2,1	r,1
Peltigera rufescens-Toninion-FG	III	4	1,2,2	+,2a
Dominanzbestände	III	6	2,4,3	+,3

Tab. 23: Stetigkeiten von *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis*: Vergleich der Daten aus Nordhessen und Nordwestdeutschland

Nordhessen (eigene Daten)		Nordwestdeutschland (PAUS 1997)	
Vegetationseinheit	Stetigkeit	Stetigkeit	Vegetationseinheit
-----		r	Cladonietum zopfii, Optimalphase
-----		r	Cladonietum zopfii, Terminalphase
Cladonia bacillaris-Gesellschaft	-	I	Cl. bacillaris-Mikrogesellschaft, Ausbildung mit Cl. glauca, jüngere Entwicklungsphasen
		r	Cl. bacillaris-Mikrogesellschaft, Ausbildung mit Cl. glauca, fortgeschrittene Entwicklungsphasen
Cladonietum mitis cladonietosum	-	r	Cladonietum mitis cladonietosum, Typ. Ausbildung
		+	- " -, Ausbildung mit Cl. glauca
Cladonietum mitis typicum, Typ. Var.	-	+	Cladonietum mitis typicum, Typische Ausbildung
Cladonietum foliaceae	-	IV	Cladonietum foliaceae cladonietosum subrangiformis, Typische Variante
		III	- " -, Var. von Cl. novochlor., Ausb. mit Cl. ciliata
		V	- " -, Var. von Cl. novochloroph., Typ. Ausbildung
Toninio-Psoretum decipientis	II		-----
Cl. symphycarpa-Toninion-FG	IV		-----
-----		III	Cladonietum symphycarpae
Peltigera rufescens-Toninion-FG	III		-----
-----		III	Cladonia pocillum-Toninion-Fragmentgesellschaft
-----		-	Mycobilimbia microcarpa-Toninion-Fragmentges.
Dominanzbestände	III		-----

PAUS (1997) konnte *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* auch in einigen Vegetationseinheiten der Klasse *Ceratodonto-Polytrichetea* nachweisen. Nur im *Cladonietum foliaceae* erreicht die Subspezies jedoch nennenswerte Stetigkeit und zwar innerhalb der Subunion *cladonietosum subrangiformis* auf basenreichen Sanden (s. Tab. 23). Der relative Basenreichtum verbindet diese Gesellschaft mit den Gesellschaften der Klasse *Toninio-Psoretea*, innerhalb derer *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* in Nordwestdeutschland im *Cladonietum symphycarpae* und der *Cladonia pocillum-Toninion-Fragmentgesellschaft* auftritt (allerdings wurden von PAUS nur wenige Bestände dieser Klasse und darunter kein *Toninio-Psoretum* bearbeitet). KLEMENT (1955) zählt *Cladonia* [*furcata* ssp.] *subrangiformis* zu den Ordnungscharakterarten der von ihm aufgestellten Ordnung *Epigaeetalia* (Syn. *Peltigeretalia*). In seiner Publikation führt er sie mit geringer Stetigkeit innerhalb des *Fulgensietum fulgentis* (Syn. *Toninio-Psoretum*) auf; in Nordhessen ist sie in dieser Gesellschaft etwas steter vertreten.

Erstaunlicherweise kommt im Aufnahmемaterial von FOLLMANN (1974) die Unterart überhaupt nicht vor, wohingegen BORNKAMM (1958) sie etliche Male in Beständen seiner „Kalkausbildung“ fand. Somit zeigen sich Parallelen zwischen den Ergebnissen von BORNKAMM und dem Vorkommen von *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* als Trennart der *Cladonia*-Variante des *Toninio-Psoretum typicum* in Nordhessen.

4 Einbindung der Flechtengesellschaften in die Phanerogamenvegetation

Erdflechtengesellschaften treten im Untersuchungsgebiet innerhalb verschiedenster Phanerogamengesellschaften auf. Allerdings sind sie nicht immer von gut entwickelten Phanerogamenbeständen umgeben. Im Extremfall sind an den Wuchsorten sogar nur einzelne Exemplare Höherer Pflanzen vorhanden. Jedoch lassen sich für das Untersuchungsgebiet einige typische Erdflechten-reiche Vegetationstypen nennen.

Die Vegetation der Magerrasen auf basenreichen Standorten ist größtenteils dem *Gentiano-Koelerietum* (vgl. BRUELHEIDE 1991) zuzuordnen. Als Kryptogamenschicht innerhalb dieser Gesellschaft siedeln beispielsweise Dominanzbestände von *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis*, in größeren Vegetationslücken die *Cladonia symphycarpa-Toninion*-Fragmentgesellschaft. Die Bunte-Erdflechten-Gesellschaft (*Toninio-Psoretum decipientis*) ist zwar ebenfalls innerhalb der Kalkmagerrasen anzutreffen, nutzt jedoch überwiegend Sonderstandorte wie Felsköpfe oder Wegränder und ist daher in noch stärkerem Maße von der umgebenden Phanerogamenvegetation unabhängig wie die *Cladonia symphycarpa-Toninion*-Fragmentgesellschaft. Die Bunte-Erdflechten-Gesellschaft besiedelt zudem mancherorts Flächen in aufgelassenen Steinbrüchen, wo die Phanerogamenvegetation oft so spärlich entwickelt ist, daß eine Einordnung lediglich als *Brometalia*- bzw. *Festuco-Brometea*-Bestände erfolgen kann. Auch die *Toninia sedifolia-Toninion*-Initialgesellschaft sowie gelegentlich die *Peltigera rufescens-Toninion*-Fragmentgesellschaft wurden in aufgelassenen Steinbrüchen angetroffen. Erstere nutzt die Steinbruchwände, letztere die ebenen Flächen am Grund. Beide werden u.U. von Kalkmagerrasen-Fragmenten umgeben, sind aber von diesen nicht abhängig.

Auf Basalt, z.B. am Dörnberg und am Maderstein treten Felsfluren der Klasse *Sedo-Scleranthetea* (Syn. *Koelerio-Coryneporetea*) auf (s. BERND 1998). Das *Cladonietum foliaceae* wächst in Lücken solcher Felsfluren, deren Arten sporadisch in die Flechtenbestände eindringen. Auf Diabas, am Bilstein bei Albugen werden die Flechtenbestände dieser Union von *Festuca pallens* umgeben.

Dominierende Art der Zwergstrauchheiden ist die Besenheide (*Calluna vulgaris*). Auch *Vaccinium myrtillus* und *V. vitis-idaea* können größere Flächen einnehmen, so z.B. im Waldecker Upland. Stellenweise treten vergraste Heidebestände auf. Ausführliche Beschreibungen der Zwergstrauchheiden in Nordhessen finden sich in NIESCHALK & NIESCHALK (1983a/b), NITSCHKE (1995) und NITSCHKE & BULTMANN (1995). Innerhalb der Zwergstrauchheiden sind verschiedene Erdflechtengesellschaften anzutreffen. Das *Dibaeetum baeomycetis*, welches gerne abgeplagte Flächen besiedelt, wird nur

randlich von den Zwergsträuchern beschattet und verschwindet sofern sich diese ausbreiten. Dagegen kann das *Cladonietum mitis* dauerhaften Charakter haben und als Teil der Zwergstrauchheide angesehen werden, in die es fleckenweise eingestreut ist. Aber auch in diesem Falle durchmischen sich Kryptogamen und Phanerogamen wenig. Als Kryptogamenschicht unterhalb der *Calluna*-Sträucher wurden stellenweise z.B. ausgedehnte Polster von *Cladonia furcata* ssp. *furcata* festgestellt.

Die bearbeiteten Traubeneichenwälder der steilen Hänge auf Grauwacke und Tonschiefer dürften dem Hainsimsen-Traubeneichenwald (*Luzulo-Quercetum petraea*) zuzuordnen sein (BAUFELD 1991, SCHÄFER 1998). BAUFELD (1991) beschreibt diese Gesellschaft beispielsweise von den Steilhängen an Roßkopf, Klepperberg und Sengelharth. Sowohl an den Ederseehängen als auch im Roßkopf-Gebiet treten außerdem lichte Bestände des Hainsimsen-Buchenwaldes (*Luzulo-Fagetum*) auf (BAUFELD 1991, SCHÄFER 1998). Das *Pycnothelio-Cladonietum* bzw. die *Cladonia cervicornis-Baeomycion*-Fragmentgesellschaft sind in Nordhessen typische Gesellschaften solcher Eichenwälder. Die *Cladonia rangiferina*-Variante des *Cladonietum mitis typicum* stellt sich ebenfalls nur unter den mikroklimatischen Bedingungen innerhalb der Eichenwälder ein. Die Beschattung durch die Bäume spielt hierbei eine große Rolle.

Bleiben zuletzt noch die Flechtenbestände der ehemaligen Bergbauflächen, beispielsweise das *Cladonietum rei*. Erdflechten derartiger Flächen siedeln in Vegetationslücken bzw. auf Pionierstandorten, an denen Höhere Pflanzen noch nicht Fuß fassen können. Nur gelegentlich durchmischen sich Kryptogamen und Phanerogamen. Ist das der Fall, so spricht dies für ein fortgeschrittenes Stadium der Sukzession, in dem die Flechten durch Höhere Pflanzen verdrängt werden. In unmittelbarer Umgebung der Flechtenbestände treten z.B. *Festuca ovina* agg. sowie Pioniergehölze (*Betula pendula*, *Alnus alnobetula* und *Populus tremula*) auf.

5 Fruchtkörperbildung

Im folgenden wird der Frage nachgegangen, ob Diagnostische Arten einer Gesellschaft auf den zugehörigen Standorten nicht nur verhältnismäßig häufig sind, sondern auch günstige Entwicklungsmöglichkeiten vorfinden. Kümmerliche Exemplare zeichnen sich bei manchen Flechten (z.B. bei *Cladonia macilenta*) oft durch fehlende Fruchtkörper aus. Das Auftreten oder Fehlen fruchtender Stadien, vorausgesetzt solche gehören zum normalen Entwicklungszyklus einer Art, kann also Auskunft darüber geben, ob die Bedingungen am Standort eine optimale Entwicklung ermöglichen. Nachfolgend wird die Fruchtkörperbildung einiger exemplarisch ausgewählter Arten besprochen, die größtenteils diagnostischen Wert haben. In den Tab. 59 bis Tab. 60 im Anhang 1 werden die Ergebnisse für weitere Arten aufgeführt, sofern diese in mindestens 15 Vegetationsaufnahmen auftreten und zumindest gelegentlich Fruchtkörper ausbilden.

Die Auswertung erfolgte unter zwei Fragestellungen:

1. Weisen die fruchtenden Exemplare bezüglich der Stetigkeiten den selben/die selben Verbreitungsschwerpunkt(e) auf wie die Art insgesamt (s. Tab. 24)?
2. In welcher Vegetationseinheit finden sich prozentual die meisten fruchtenden Thalli gemessen an der Gesamtzahl aller gefundenen Thalli mit Fruchtkörperbildung? (s. Tab. 25)

Ergänzend dazu enthält Tab. 26 Angaben darüber, in wieviel Prozent der Aufnahmen einer Vegetationseinheit die entsprechende Art auch Fruchtkörper ausgebildet hatte. Dieser Tabelle läßt sich also beispielsweise entnehmen, in welchen Einheiten eine in der Regel fruchtende Art nur in Kümmerexemplaren ohne Fruchtkörper auftritt.

Hinweise auf fruchtende Stadien (dargestellt als Exponenten) enthalten auch die Vegetationstabellen (Tab. 6, Tab. 8, Tab. 10, Tab. 15, Tab. 17) im Anhang 3.

a) Diagnostische Arten innerhalb des *Baeomycion rosei*

Dibaeis baeomyces:

Sowohl bei den Stetigkeiten der fruchtenden Thalli als auch bei der Gesamtstetigkeit der Art läßt sich ein eindeutiger Schwerpunkt im *Dibaeetum baeomycetis* feststellen (s. Tab. 24). Es wurden in der Hälfte aller Aufnahmen der *Cladonia*-Höhenform und in einem Drittel der Aufnahmen der *Baeomyces*-Höhenform Apothecien beobachtet (s. Tab. 26). In den anderen 3 Vegetationseinheiten, außerhalb des *Dibaeetum baeomycetis*, zeigt *Dibaeis* keine Apothecienbildung. Sie tritt dort jedoch auch nur mit geringer Stetigkeit auf. Insgesamt waren die Lager nur an 7 von 20 Fundstellen fertil. Gut entwickelte Vorkommen wachsen in den höheren Lagen Nordhessens, beispielsweise am Osterkopf bei Usseln. Günstige Bedingungen findet *Dibaeis* im Untersuchungsgebiet demnach offensichtlich nur an den dortigen Standorten des *Dibaeetum*, als deren Kennart sie gilt (s. Kap. E2.1.1.1). Nach SCHÖLLER (1991) hängt die Sterilität bei *Dibaeis* mit ungünstigen Standortbedingungen wie ungenügender Feuchtigkeitsversorgung oder Kälte zusammen. Die Lebensdauer der Fruchtkörper von *Dibaeis* scheint auf gut ein Jahr beschränkt zu sein (JAHNS & OTT 1982).

Baeomyces rufus:

Als Federationscharakterart des *Baeomycion* liegen die Verbreitungsschwerpunkte in der *Baeomyces*-Höhenform des *Dibaeetum baeomycetis* sowie im *Lecideetum uliginosae*. Fruchtende Lager treten höchstet jedoch nur in der *Baeomyces*-Höhenform auf (s. Tab. 24). Der prozentual höchste Anteil an fruchtenden Lagern stammt ebenfalls aus dieser Vegetationseinheit. In den anderen Einheiten wurden nur 8 bzw. 15 % der insgesamt notierten fruchtenden Ansiedlungen gefunden (s. Tab. 25). Als optimale Standorte für die Entwicklung der Apothecien von *Baeomyces rufus* erweisen sich die Zwergstrauchheiden der niederschlagsreichen, höheren Lagen des Untersuchungsgebietes. Die Art liebt JAHNS & OTT (1982) zufolge wohl einen relativ dunklen und feuchten Standort, jedoch scheint nach meinen Beobachtungen mehr die ausreichende Feuchtigkeitsversorgung entscheidend zu sein als die Lichtverhältnisse. Die Flechte

zählt zu den kurzlebigen Arten. Thallus und Apothecien von *Baeomyces* leben nur etwa 2 Jahre (JAHNS & OTT 1982). Die Art paßt sich in ihrem Lebenszyklus, wie auch *Dibaeis baeomyces*, dem temporären Auftreten von Pionierstandorten an. Die sterilen Thalli von *Baeomyces rufus* tragen im Untersuchungsgebiet fast stets sogenannte Schizidien, die als Diasporen fungieren und somit auf ungeschlechtlichem Weg eine Vermehrung und Verbreitung der Thalli gewährleisten.

b) Diagnostische Arten innerhalb der Peltigeretalia bzw. des Cladonion arbusculae

Cladonia furcata ssp. *furcata*:

Die Art wird als Ordnungscharakterart der *Peltigeretalia* angesehen und weist die höchsten Stetigkeiten in der *Cladonia rangiferina*-Variante des *Cladonietum mitis typicum*, in der *Cladonia furcata*-*Cladonion arbusculae*-Fragmentgesellschaft und im *Cladonietum foliaceae* auf (s. Tab. 24, vgl. Kap. E3.1). Insgesamt ließen die Polster nur in 13 Aufnahmeflächen eine Fruchtkörperbildung erkennen, und zwar in den 4 Vegetationseinheiten *Cladonietum mitis cladonietosum merochlorophaeae*, *Cladonia rangiferina*-Variante des *Cladonietum mitis typicum*, *Cladonia furcata*-*Cladonion arbusculae*-Fragmentgesellschaft und *Cladonietum foliaceae*. Während in der *Cladonia rangiferina*-Variante des *Cladonietum mitis* 67 % der Aufnahmen mit *Cl. furcata* ssp. *furcata* fruchtende Thalli enthielten, ist das beispielsweise im *Cladonietum foliaceae* nur in 20 % der Fall (s. Tab. 26), obwohl die Art dort hohe Stetigkeit erreicht. Äußere und innere Einflüsse auf die Fruchtkörperbildung bei *Cl. furcata* ssp. *furcata* werden in Kap. G3 ausführlich besprochen und in Kap. I1 diskutiert.

Cladonia merochlorophaea:

Die Chemosippe *merochlorophaea* besitzt Verbreitungsschwerpunkte in der *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft, dem *Cladonietum mitis cladonietosum merochlorophaeae*, der *Cl. floerkeana*-*Cladonion rei*-Fragmentgesellschaft sowie in der *Cl. floerkeana*-Variante des *Cladonietum rei*. Sie tritt also bevorzugt in Gesellschaften auf, die zu den intermediären Sukzessionsstadien zählen und von sorediösen Arten dominiert werden. Ein ähnliches Bild zeigen die Stetigkeiten der fruchtenden Exemplare, die jedoch v.a. in der *Cl. bacillaris*-Gesellschaft höchstet auftreten (s. Tab. 24). Fast die Hälfte aller Nennungen fruchtender Thalli stammen aus dieser Gesellschaft (s. Tab. 25). Eine interessante Beobachtung bei *Cl. merochlorophaea* ist, daß sie in 75 % der Bestände der *Cl. bacillaris*-Gesellschaft, in denen sie auftritt, Fruchtkörper ausbildet, während in den anderen *Cladonion arbusculae*-Gesellschaften nur in höchstens 40 % aller Bestände mit *Cl. merochlorophaea* eine Apothecienbildung notiert werden konnte (s. Tab. 26). Auch die maximalen Durchmesser der Ansiedlungen dieser Chemosippe sind in der *Cl. bacillaris*-Gesellschaft größer als in den anderen, nahestehenden Gesellschaften (s. Tab. 8 im Anhang 3). Insgesamt wies etwa jedes zweite Vorkommen fertile Podetien auf.

c) Diagnostische Arten innerhalb des *Cladonion rei*

Cladonia fimbriata:

Die Trennart des *Cladonion rei* taucht schwerpunktmäßig in den beiden Fragmentgesellschaften des *Cladonion rei* auf. Jedoch kommen nur in der *Cl. floerkeana-Cladonion rei*-Fragmentgesellschaft auch fruchtende Exemplare in höherer Stetigkeit vor (s. Tab. 24). Dementsprechend stammt der prozentual höchste Anteil aller Nennungen von Apothecien aus dieser Gesellschaft (s. Tab. 25). Außerhalb der Federation *Cladonion rei* wurde die Art nie fruchtend angetroffen. Insgesamt zeigten sich nur in 11 Aufnahmeflächen fruchtende Podetien.

Cladonia pyxidata ssp. *chlorophaea*:

Die Art ist typisch für das *Cladonietum rei* (s. Kap. E2.1.3.2), tritt höchstet aber auch in der *Cl. subulata-Cladonion rei*-Fragmentgesellschaft auf. Das gleiche Bild zeigt sich bei Betrachtung der fruchtenden Vorkommen, jedoch kommen fertile Podetien mit deutlich höherer Stetigkeit im *Cladonietum rei* vor (s. Tab. 24). Rund ein Drittel aller Nennungen von Apothecienvorkommen stammen aus Flächen der *Cl. floerkeana*-Variante, etwa ein Viertel aus Flächen der Typischen Variante (s. Tab. 25). Insgesamt waren aber nur knapp die Hälfte aller gefundenen Ansiedlungen fertil. Außerhalb der Federation *Cladonion rei* wurde sie 14mal registriert, davon jedoch nur viermal fertil (= 29 %). Unter den 19 Vorkommen im *Cladonion rei* zeigten dagegen immerhin 13 Ansiedlungen (= 68 %) Apothecien.

JAHNS & OTT (1982) konnten nachweisen, daß bei *Cl. pyxidata* ssp. *chlorophaea* der Entwicklungsablauf von der Ansiedlung bis zum fruchtenden Podetium nur wenige Jahre in Anspruch nimmt. Eine Tatsache, die sicher bei der Besiedlung der nur über einen begrenzten Zeitraum für Flechtenbewuchs ausreichend offenen, anthropogenen Störstellen (wie sie dem *Cladonion rei* als Lebensraum dienen) von Vorteil ist. Die Apothecien bei *Cl. pyxidata* ssp. *chlorophaea* zeigen einen Entwicklungsverlauf, der in seiner Geschwindigkeit und Vollständigkeit durch äußere Faktoren geregelt und synchronisiert wird. Unter extremeren mikroklimatischen Bedingungen entwickelt sich die Art schlechter (JAHNS & OTT 1982). Wie *Cl. fimbriata* gedeiht die Art offensichtlich vor allem im *Cladonion rei* optimal. Gekennzeichnet sind die dazugehörigen Standorte durch Lichtreichtum, häufige Trockenperioden und Böden, deren pH-Werte oftmals im schwach sauren Bereich liegen (s. auch Kap. E2.1.3).

d) Diagnostische Arten innerhalb des Toninion sedifoliae*Psora decipiens*:

Die Art ist ein typischer Vertreter der „Bunten Erdflechten“ (FC *Toninion sedifoliae*). Jedoch kommen fertile *Psora*-Schuppen höchstens nur in Beständen der Typischen Subunion sowie in der *Squamarina*-Subvariante innerhalb der Subunion *fulgensietosum* vor (s. Tab. 24). Diesen Einheiten entstammen ein Drittel bzw. knapp die Hälfte aller Nennungen fruchtender Lager (s. Tab. 25). Sterile Thalli wurden relativ oft in der *Cephaloziella*-Subvariante innerhalb des *Toninio-Psoretum fulgensietosum* entdeckt (s. Tab. 26). Eventuell ist die hohe Trittbelastung mancher Standorte für das Ausbleiben fruchtender Stadien mitverantwortlich (s. GÜNZL 2001b).

Cladonia furcata ssp. *subrangiformis*:

Die Sippe tritt in den Aufnahmeflächen nur steril auf. Lediglich außerhalb der Aufnahmeflächen wurde sie vereinzelt mit braunen Fruchtkörpern beobachtet.

e) Hochstete Begleitart innerhalb der Klasse Toninio-Psoreteae*Peltigera rufescens*:

Apothecien sind bei *Peltigera rufescens* generell mäßig häufig (WIRTH & DÜLL 2000) bzw. nach Angaben von VITIKAINEN (1994) „fairly common“. Im Untersuchungsgebiet zeigten sich aber an keinem Wuchsort Fruchtkörper. Die Art ist ihren Zeigerwerten (WIRTH 1991) nach zu urteilen, eine typische Flechte trockener, heller, basenreicher und nährstoffarmer Standorte. Obwohl sie also die relativ extremen Bedingungen an den *Toninion*-Standorten gut meistern kann, erreichen ihre Thalli in vielen Aufnahmeflächen nur eine Ausdehnung der Stufe 1 oder 2 (s. Tab. 15 und Tab. 17 im Anhang 3), d.h. maximal 3 cm Durchmesser. Diese Lager sind eventuell zu klein, um Apothecien zu bilden, da Flechtenthalli eine gewisse Größe erreicht haben müssen, ehe Fruchtkörper entstehen können (JAHNS & FREY 1982). Bei *Peltigera canina* sehen JAHNS & FREY (1982) einen Grund für diese Mindestgröße darin, daß die Fruchtkörperentwicklung das weitere Thalluswachstum hemmt. Jedoch kann bei *Peltigera*, im Gegensatz zu *Cladonia furcata*, dem Fruchten erneutes Wachstum und erneute Fruchtkörperbildung folgen. Es lassen sich daher an ein und demselben Lager u.U. ältere und jüngere Apothecien gleichzeitig beobachten (JAHNS & FREY 1982). In einigen Beständen v.a. der *Peltigera rufescens*-*Toninion*-Fragmentgesellschaft erreichen die Lager von *Peltigera rufescens* bis zu 20 cm in der Ausdehnung (d.h. Stufe 3 und 4, s. Tab. 15 und Tab. 17 im Anhang 3). Diese Thalli sollten eine für die Fruchtkörperbildung ausreichende Größe erreicht haben. Da jedoch auch an den großen Lagern nie Apothecien beobachtet wurden, dürften die ungünstigen Standortbedingungen (v.a. die Trockenheit) für das Ausbleiben der Apothecienbildung im Untersuchungsgebiet wesentlich mit verantwortlich sein. Es ist bekannt, daß klimatische Verhältnisse bei der nahe verwandten Art *Peltigera canina* einen Einfluß auf die Fruchtkörperbildung haben. Das Erscheinen der ersten Primordien wird bei

dieser Blattflechte durch günstiges Wetter, und zwar im Frühherbst ausgelöst (JAHNS & FREY 1982).

f) Schlussfolgerung

Anhand der Fruchtkörperbildung kann keine Aussage darüber getroffen werden, ob eine Art in der betreffenden Einheit diagnostischen Wert hat. *Cladonia merochlorophaea* beispielsweise eignet sich als Trennart für mehrere Einheiten, fruchtet aber nur in einer sehr häufig. Fruchtkörper weisen in der Regel auf besonders günstige Standortbedingungen für die jeweilige Art hin. Jedoch können bei *Cl. merochlorophaea*, wie auch bei anderen besprochenen Flechten (z.B. *Cl. furcata* ssp. *furcata*), die sterilen Thalli ebenfalls sehr vital sein. *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* ist ein Beispiel für eine Art, die innerhalb der Aufnahmeflächen kein einziges Mal fruchtend angetroffen wurde – trotzdem sind ihre mitunter sehr kräftigen sterilen Thalli kennzeichnend für Bestände der Federation *Toninion sedifoliae*.

Tab. 24: Stetigkeiten fruchtender Thalli und Gesamtstetigkeiten ausgewählter Arten

	Pycnothelio-Cladonietum + Cl. cervicornis-FG	Dibaetum, Cladonia-Höhenform	Dibaetum, Baeomyces-Höhenform	Lecideetum uliginosae	Cladonia bacillaris-Gesellschaft	Cladonietum mitis cladonietosum merochl.	Cladonietum mitis typicum, Typ. Variante	Cladonietum mitis typicum, Cl. rang.-Variante	Cladonia furcata- + Cl. gracilis-Cladonion-FG	Cladonietum foliaceae	Cladonia floerkeana-Cladonion rei-FG	Cladonietum rei, Cl. floerkeana-Variante	Cladonietum rei, Typische Variante	Cladonia subulata-Cladonion rei-FG	Toninia sedifolia-Toninion-Initialgesellschaft	Toninio-Psoretum typicum	Toninio-Psoretum fulg., Squamarina-Subvar.	Toninio-Psoretum fulg., Ceph.-Subvariante	Toninio-Psoretum fulg., Artenarme Variante	Cladonia symphylicarpa-Toninion-FG	Peltigera rufescens-Toninion-FG	Dominanzbestände
Dibaeis baeomyces	.	III	II	0	.	0	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Baeomyces rufus	0	.	IV	I	0	0	.	.	.	.	0	I	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cladonia furcata ssp. furcata	0	0	.	.	0	+	0	III	II	I	.	0	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.
Cladonia merochlorophaea	0	0	.	I	IV	II	0	+	0	.	II	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cladonia fimbriata	.	.	0	0	0	.	.	.	0	0	III	II	II	II	II	.	.	.	.	.	.	0
Cladonia pyxidata ssp. chlorophaea	0	.	+	I	.	0	0	.	+	I	.	IV	IV	II	.	.	.	.	.	0	.	.
Psora decipiens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III	III	I	.	I	.	.
Peltigera rufescens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0	0	0	0	0	0
Cladonia furcata ssp. subrangiformis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0	0	0	0	0	0
Dibaeis baeomyces	.	V	V	I	.	+	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Baeomyces rufus	3	.	V	III	+	+	.	.	.	.	+	II	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cladonia furcata ssp. furcata	2	II	.	.	I	II	I	IV	V	IV	.	I	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Cladonia merochlorophaea	1	I	.	II	V	IV	II	II	II	.	IV	IV	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cladonia fimbriata	.	.	+	I	+	.	.	.	I	I	V	II	II	IV	.	.	.	.	.	.	.	+
Cladonia pyxidata ssp. chlorophaea	1	.	I	II	.	I	I	.	II	II	.	V	V	IV	.	.	.	.	.	+	.	.
Psora decipiens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III	IV	V	.	II	.	.
Peltigera rufescens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V	V	I	I	IV	V	.
Cladonia furcata ssp. subrangiformis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III	I	I	.	IV	III	III

Oben: Stetigkeiten der fruchtenden Thalli. Unten: Gesamtstetigkeiten. Fett gedruckt sind besonders deutliche Stetigkeitsunterschiede zwischen der Gesamtstetigkeit und der Stetigkeit fruchtender Thalli.

Tab. 25: Prozentualer Anteil der fruchtenden Thalli ausgewählter Arten

	Gesamtzahl fruchtender Thalli = 100%																							
	Pycnothelio-Cladonietum + Cl. cervicomis-FG Dibaeetum, Cladonia-Höhenform Dibaeetum, Baeomyces-Höhenform Lecideetum uliginosae Cladonia bacillaris-Gesellschaft Cladonietum mitis cladonietosum merochl. Cladonietum mitis typicum, Typ. Variante Cladonietum mitis typicum, Cl. rang.-Variante Cladonia furcata- + Cl. gracilis-Cladonion-FG Cladonietum foliaceae Cladonia floerkeana-Cladonion rei-FG Cladonietum rei, Cl. floerkeana-Variante Cladonietum rei, Typische Variante Cladonia subulata-Cladonion rei-FG Toninia sedifolia-Toninion-Initialgesellschaft Toninio-Psoretum typicum Toninio-Psoretum fulg., Squamarina-Subvar. Toninio-Psoretum fulg., Ceph.-Subvariante Toninio-Psoretum fulg., Artenarme Variante Cladonia symphylicarpa-Toninion-FG Peltigera rufescens-Toninion-FG Dominanzbestände																							
Dibaeis baeomyces	7	43	57	0	0																			
Baeomyces rufus	13	0	69	8	0	0				0	8		15											
Cl. furcata ssp. furcata	13	0	0		0	8	0	46	38	8			0											
Cl. merochlorophaea	26	0	0	4	46	15	0	4	0		15	15												
Cl. fimbriata	11	0		0	0	0				0	0	45	18	18	18									0
Cl. pyxidata ssp. chloroph.	17	0		6	6	0	0			6	6	35	24	18									0	0
Psora decipiens	15															33	47	7					13	
Peltigera rufescens	0															0	0	0				0	0	0
Cl. furcata ssp. subrangif.	0															0	0	0				0	0	0

Tab. 26: Anteil fruchtender Thalli an den absoluten Stetigkeiten

	Pycnothelio-Cladonietum + Cl. cervicomis-FG		Dibaeetum, Cladonia-Höhenform		Dibaeetum, Baeomyces-Höhenform		Lecideetum uliginosae		Cladonia bacillaris-Gesellschaft		Cladonietum mitis cladonietosum merochlorophaea		Cladonietum mitis typicum, Typische Variante		Cladonietum mitis typicum, Cl. rangiferina-Variante		Cladonia furcata- + Cl. gracilis-Cladonion arbusculae-FG		Cladonietum foliaceae		Cladonia floerkeana-Cladonion rei-FG		Cladonietum rei, Cl. floerkeana-Variante		Cladonietum rei, Typische Variante		Cladonia subulata-Cladonion rei-FG		
	aS	f%	aS	f%	aS	f%	aS	f%	aS	f%	aS	f%	aS	f%	aS	f%	aS	f%	aS	f%	aS	f%	aS	f%	aS	f%	aS	f%	
Dibaeis baeomyces	-	-	6	50	11	36	1	0	-	-	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	-	-	-	-	
Baeomyces rufus	3	0	-	-	10	90	3	33	1	0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	2	50	-	-	3	67
Cl. furcata ssp. furcata	2	0	2	0	-	-	-	-	2	0	5	20	1	0	9	67	11	46	5	20	-	-	1	0	-	-	-	-	
Cl. merochlorophaea	1	0	1	0	-	-	2	50	16	75	10	40	2	0	3	33	3	0	-	-	-	7	57	6	67	-	-	-	-
Cl. fimbriata	-	-	-	-	1	0	1	0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	-	-	2	100	2	100	5	40	
Cl. pyxidata ssp. chlor.	1	0	-	-	2	50	2	50	-	-	2	0	1	0	-	-	3	33	2	50	-	-	8	75	5	80	6	50	
Psora decipiens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Peltigera rufescens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cl. furcata ssp. subrangif.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Toninia sedifolia-Initialgesellschaft		Toninio-Psoretum typicum		Toninio-Psoretum fulg., Cladonia-Var., Squamarina-Subvar.		Toninio-Psoretum fulg., Cladonia-Var., Ceph.-Subvariante		Toninio-Psoretum fulg., Artenarme Variante		Cladonia symphylicarpa-Toninion-FG		Peltigera rufescens-Toninion-FG		Dominanzbestände														
	aS	f%	aS	f%	aS	f%	aS	f%	aS	f%	aS	f%	aS	f%	aS	f%													
Dibaeis baeomyces	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-													
Baeomyces rufus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-													
Cl. furcata ssp. furcata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	-	-	-	-													
Cl. merochlorophaea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-													
Cl. fimbriata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0													
Cl. pyxidata ssp. chlor.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	-	-	-	-													
Psora decipiens	-	-	5	100	12	58	5	20	-	-	3	67	-	-	-	-													
Peltigera rufescens	-	-	8	0	15	0	1	0	1	0	7	0	8	0	-	-													
Cl. furcata ssp. subrangif.	-	-	5	0	3	0	1	0	-	-	7	0	4	0	6	0													

aS = absolute Stetigkeit
f% = Anteil Vorkommen mit Fruchtkörpern in Prozent

6 Gefährdung der Arten und Gesellschaften sowie Schutzmaßnahmen

6.1 Rote Liste-Arten

Im Untersuchungsgebiet wurden insgesamt 88 epigäische Flechtenarten bzw. Unterarten nachgewiesen, von denen über die Hälfte auf der Roten Liste von Deutschland bzw. von Hessen stehen (vgl. WIRTH et al. 1996). Neben typischen Bodenbewohnern zählen zu den gefundenen Arten auch zwei gewöhnlich epiphytisch wachsende Flechten, *Hypogymnia physodes* und *Pseudevernia furfuracea*, die nur ausnahmsweise auf Gesteinsbrocken oder Erdboden übergehen sowie 3 Arten (*Cladonia coniocraea*, *Cl. digitata* und *Cl. polydactyla*), die in der Regel eher auf morschem Holz, der Stammbasis von Bäumen oder Rohhumus anzutreffen sind als auf Erdboden.

a) Rote Liste Deutschland (s. Tab. 27)

39 der im Rahmen der vorliegenden Arbeit gefundenen Arten bzw. Unterarten werden in Gefährdungskategorien eingestuft. Dies entspricht einem Anteil von 44 % an der Gesamtartenzahl. Davon gelten 3 (= 3 %) als „vom Aussterben bedroht“, 13 (= 15 %) als „stark gefährdet“ und 23 (= 26 %) als „gefährdet“. Bei weiteren 4 Arten wird eine Gefährdung angenommen, bei 2 Arten reicht die Datenlage für eine Bewertung nicht aus.

b) Rote Liste Hessen (s. Tab. 27)

46 Arten/Unterarten des Untersuchungsgebietes sind in Gefährdungskategorien eingestuft. Dies entspricht einem Anteil von 52 % an der Gesamtartenzahl. Davon gelten 10 (= 11 %) als „vom Aussterben bedroht“, 15 (= 17 %) als „stark gefährdet“ und 21 (= 24 %) als „gefährdet“. Bei 3 Arten wird eine Gefährdung angenommen, bei weiteren 3 Arten reicht die Datenlage für eine Bewertung nicht aus. Eine Art erhält den Vermerk „extrem selten“.

c) Vom Aussterben bedrohte Arten

Bei den meisten der in Hessen vom Aussterben bedrohten Arten handelt es sich um Vertreter der Bunten Erdflechten-Gesellschaft (s. Kap. E2.2.1.2):

Buellia epigaea, eigentlich Charakterart dieser Gesellschaft, wurde nur in den Kalkmagerrasen bei Roßbach gefunden. Ein Vergleich mit KÜMMERLING (1991) und BRUELHEIDE (1991) zeigt, daß die Art im Vergleich zu Anfang der 1990er Jahre zurückgegangen ist. Gleiches gilt auch für die beiden *Fulgensia*-Arten des Untersuchungsgebietes. KÜMMERLING (1991) konnte diese Krustenflechten noch an Wuchsorten nachweisen, an denen die Arten heute nicht mehr vorkommen. Mit *Squamarina cartilaginea* und *Squamarina lentigera* weisen zwei weitere Vertreter der Bunten Erdflechten-Gesellschaft den Gefährdungsgrad 1 auf. Beide kamen in früheren Jahren nach BEUG (1963-1989) und KÜMMERLING (1991) ebenfalls an mehr Lokalitäten

vor als dies heute der Fall ist. *Squamarina lentigera* konnte im Jahre 2001 nur noch auf einem Dolomitfelsen am Ortsrand von Hergershausen nachgewiesen werden. Nach FOLLMANN (1974) scheint sie Anfang der 1970er Jahre am Aufbau der Bunten Erdflechten-Gesellschaft in Nordhessen beteiligt und demnach häufiger gewesen zu sein. Auch *Psora decipiens* ist wohl im Rückgang begriffen, wie ein Vergleich der heutigen Fundorte mit älterem Datenmaterial (KÜMMERLING 1991) zeigt. REIMERS (1951) bezeichnet diese Art als die empfindlichste der „Charakterflechten“ der Bunten Erdflechten-Gesellschaft, die in den Degenerationsstadien der Gesellschaft offensichtlich zuerst verschwindet.

Der Fund von *Placidium pilosellum* am Wenkeberg bei Frankershausen stellt den Erstnachweis der Art in Hessen dar (GÜNZL 2001b). Neben den deutlich bewimperten Thalli dieser Art treten am Wenkeberg auch die unbewimperten Schuppen von *Placidium squamulosum* auf. Letztere ist die deutlich häufigere der beiden *Placidium*-Arten, bleibt jedoch ebenfalls auf wenige basenreiche Standorte im Untersuchungsgebiet beschränkt. Nur an zwei Lokalitäten in Nordhessen wurde *Solorina saccata* entdeckt, sie siedelt dort auf beschatteten Zechstein-Felsen.

In diesem Zusammenhang ist auch *Sarcosagium campestre* zu nennen. In der Roten Liste Hessen wird der Art zwar kein Gefährdungsstatus zugeordnet, sie wird aber als „extrem selten“ eingestuft. Den Erstnachweis für Hessen erbrachte KÜMMERLING (1991) aus dem Meißner-Vorland. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurde *Sarcosagium* im gesamten Untersuchungsgebiet nur an zwei Lokalitäten, jeweils in Gips-Steinbrüchen, gefunden. Detaillierte Angaben zur Verbreitung der genannten Arten basenreicher Standorte in Nordhessen finden sich bei GÜNZL (2001b).

Mit *Cladonia crispata* und *Pycnothelia papillaria* gehören außerdem zwei Erdflechten bodensaurer Standorte zu den vom Aussterben bedrohten Arten. *Pycnothelia* kommt in den Traubeneichenwäldern am Edersee und im Meißner-Vorland vor und auch *Cladonia crispata* zeigte sich im Meißner-Vorland, und zwar an den Roßkopf-Standorten, am besten entwickelt.

Eine bryologische Besonderheit des Untersuchungsgebietes ist das Koboldmoos *Buxbaumia aphylla*, das in der Roten Liste Deutschlands mit Gefährdungsgrad 2 eingestuft wird. Für Hessen liegen keine Angaben zum Gefährdungsgrad vor. Es ist aber davon auszugehen, daß dieses kleinwüchsige Moos landesweit zu den seltenen Arten zählt. Aufgrund seiner geringen Größe wird es wohl oft übersehen und aus diesem Grund hier mit aufgeführt. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurde es im Battenfelder Driescher (MTB/Q 4917/4) und in den Traubeneichenwäldern im Meißner-Vorland angetroffen (MTB/Q 4725/1).

Tab. 27: Rote Liste-Arten der Flechten

	BRD	He		BRD	He
Arthrorhaphis citrinella	3	2	Cladonia scabriuscula	G	G
Bacidia bagliettoana	3	2	Cladonia strepsilis	3	2
Buellia epigaea	1	1	Cladonia symphycarpa	3	3
Cetraria aculeata	3	2	Cladonia uncialis	3	G/3 ¹
Cetraria islandica	3	2	Collema cf.auriforme	*	3
Cetraria muricata	3	2	Dibaeis baeomyces	2	2
Cladonia arbuscula	3	-	Diploschistes muscorum	3	3
Cladonia arbuscula ssp. mitis	-	3	Endocarpon pusillum	2	2
Cladonia arbuscula ssp. squarrosa	-	3	Fulgensia bracteata	2	1
Cladonia cervicornis	3	-	Fulgensia fulgens	2	1
Cladonia cervicornis ssp. cervicornis	-	2	Lepraria rigidula (cf.)	*	D
Cladonia cervicornis ssp. verticillata	-	2	Leptogium schraderi (cf.)	D	G
Cladonia ciliata	3	3	Leptogium lichenoides	G	3
Cladonia coccifera	*	3	Micarea leprosula	*	3
Cladonia cornuta (cf.)	2	2	Micarea peliocarpa	2	3
Cladonia crispata	2	1	Peltigera rufescens	3	3
Cladonia foliacea	3	2	Placidium pilosellum	1	-
Cladonia furcata ssp. subrangiformis	3	3	Placidium squamulosum	3	1
Cladonia gracilis	3	3	Placynthiella oligotropha	3	3
Cladonia humilis	*	D	Placynthiella uliginosa	D	G
Cladonia phyllophora	3	3	Psora decipiens	2	1
Cladonia pleurota	*	3	Pycnothelia papillaria	2	1
Cladonia polydactyla	*	3	Sarcosagium campestre	G	R
Cladonia portentosa	3	3	Solorina saccata	2	1
Cladonia pyxidata ssp. grayi	-	D	Squamarina cartilaginea	2	1
Cladonia pyxidata ssp. pocillum	-	3	Squamarina lentigera	1	1
Cladonia ramulosa	3	3	Toninia sedifolia	3	2
Cladonia rangiferina	2	2	Trapeliopsis gelatinosa	2	2
Cladonia rangiformis	3	*			

Kategorien nach WIRTH et al. (1996): 1 = vom Aussterben bedroht; 2 = stark gefährdet; 3 = gefährdet; * = nicht als gefährdet angesehen; G = Gefährdung anzunehmen; D = Daten mangelhaft; R = extrem selten; ¹ ssp. biuncialis/ssp. uncialis

6.2 Bestandssituation der Flechtengesellschaften

In Kap. E2 wird bei der Besprechung der einzelnen Gesellschaften teilweise bereits auf deren Bestandssituation eingegangen. Nachfolgend soll jedoch als Grundlage für die Besprechung der Schutzmaßnahmen in Kap. E6.3 nochmals ein zusammenfassender Überblick über die Häufigkeit und Schutzwürdigkeit der Flechtengesellschaften im Untersuchungsgebiet gegeben werden (Tab. 28). Die Einschätzung der Bestandssituation erfolgt auf der Datengrundlage der eigenen Vegetationsaufnahmen.

Da gut entwickelte Erdflechtenbestände in unserer Landschaft allgemein nicht häufig auftreten, sollten sie generell als schützenswert betrachtet werden, auch dann, wenn nur häufige Arten an ihrem Aufbau beteiligt sind. Einige Gesellschaften bzw. ihre Gesellschaftsbildner sind allerdings nicht nur im Untersuchungsgebiet, sondern auch in anderen Gebieten Deutschlands so selten, daß jedes ihrer Vorkommen unbedingt zu erhalten und zu schützen ist.

Tab. 28: Bestandssituation der Erdflechtengesellschaften in Nordhessen

Flechtengesellschaft	Bestandssituation
Dibaeetum baeomycetis	Selten und nur an wenigen Standorten gut entwickelt. Schutzwürdig auch aufgrund der Rote Liste-Arten.
Lecideetum uliginosae	Nur an wenigen Standorten erfaßt, möglicherweise jedoch im Gebiet häufiger. Gelegentlich treten Rote Liste-Arten auf, daher sollten die Bestände geschützt werden.
Pycnothelio-Cladonietum cervicornis und Cl. cervicornis-Baeomycion-Fragmentgesellschaft Cl. bacillaris-Gesellschaft	Selten und schützenswert, besonders Bestände mit Pycnothelia.
Cladonietum mitis	Wohl relativ verbreitet. Artenreiche Bestände sind jedoch selten und daher schützenswert.
Cl. furcata-Cladonion arbusculae-Fragmentges. Cl. gracilis-Cladonion arbusculae-Fragmentges. Cladonietum foliaceae	Selten und schutzwürdig.
Cl. floerkeana-Cladonion rei-Fragmentgesellschaft	Sehr selten und unbedingt schützenswert.
Cladonietum rei	Bestandssituation unklar, aber wohl häufiger, als durch Aufnahmematerial belegt.
Cl. subulata-Cladonion rei-Fragmentgesellschaft	Wohl häufiger, als durch Aufnahmematerial belegt, da anthropogene Standorte unvollständig erfaßt.
Tonia sedifolia-Toninion-Initialgesellschaft Toninio-Psoretum decipientis	Bestandssituation unklar, aber wohl häufiger, als durch Aufnahmematerial belegt.
Cl. symphycarpa-Toninion-Fragmentgesellschaft	Selten und schutzwürdig.
Peltigera rufescens-Toninion-Fragmentgesellschaft	Selten und mit mehreren Rote Liste-Arten, daher sind alle Vorkommen unbedingt zu schützen.
	Selten und mit mehreren Rote Liste-Arten, daher alle Vorkommen unbedingt schützenswert.
	Selten und aufgrund der Rote Liste-Arten schützenswert.

Keine der Flechtengesellschaften der Klasse *Ceratodonto-Polytrichetea piliferi* kann für Nordhessen als häufig eingestuft werden. Gut entwickelte und auf größerer Fläche ausgebildete Bestände, auch wenn sie von häufigen Arten aufgebaut werden, sind ziemlich selten. Relativ weit verbreitet über das Untersuchungsgebiet sind die *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft, die *Cladonia furcata-Cladonion arbusculae*-Fragmentgesellschaft sowie das *Cladonietum mitis*, welches zugleich diejenige Vegetationseinheit in Nordhessen ist, die mit teilweise mehr als 50 m² die größten Flächen einnimmt. Im Gegensatz dazu wurden andere Vegetationseinheiten nur in kleinen Teilen des Untersuchungsgebietes, die *Baeomyces*-Höhenform des *Dibaeetum baeomycetis* z.B. nur im nordwestlichsten Bereich angetroffen.

Alle Gesellschaften der Klasse *Toninio-Psoreteae decipientis* gehören zu den Besonderheiten des Untersuchungsgebietes und werden von seltenen Arten aufgebaut. Daher sind alle derartigen Bestände schutzwürdig, auch die artenarmen Ausbildungen.

Abb. 20 läßt sich entnehmen, wieviele Erdflechtengesellschaften in welchem Meßtischblatt der TK 25 vorkommen. In die Auswertung einbezogen sind alle Gesellschaften mit Ausnahme der Dominanzbestände, da diese nicht immer vegetationskundlich erfaßt wurden. Ein Zentrum besonders hoher Gesellschaftsdiversität liegt im Gebiet des Hohen Meißners und seines östlichen Vorlandes. Besonders das MTB 4725 zeichnet sich durch eine außergewöhnlich hohe Zahl an Erdflechtengesellschaften aus. Dies ist zum einen bedingt durch die geologische Vielfalt dieses Gebietes und zum anderen durch eine hohe Zahl gut erhaltener, für Flechten geeigneter Biotope, wie etwa den Kalkmagerrasen bei Frankershausen. Die schönsten Flechtenbestände liegen innerhalb dieses Meßtischblattes in

Naturschutzgebieten, z.B. im NSG „Kriplöcher und Hielöcher“, im NSG „Bühlchen bei Weißenbach“ und im NSG „Meißner“. Unterschiedliches Ausgangsgestein sowie Fels- und Magerstandorte sind beispielsweise auch für das MTB 4621 kennzeichnend. In den dort gelegenen Naturschutzgebieten „Festberg bei Philippenthal“, „Burghasunger Berg“ und „Dörnberg“ finden sich ebenfalls bemerkenswerte Flechtenvorkommen. Allerdings haben die Flechten auf den Basaltköpfen des Burghasunger Berges durch Beweidung im Jahr 2002 schwere Trittschäden erlitten (trotzdem wird Beweidung, wie in Kap. E6.3.1 erläutert, generell als positiv angesehen). Auch in geologisch einheitlicheren Gegenden können mehrere Gesellschaften nebeneinander auftreten, so z.B. in den teilweise unter Naturschutz stehenden Hochheiden des Waldecker Uplands (MTB 4717/18), im NSG „Battenfelder Driescher“ (MTB 4917) oder in den Eichenwäldern am Edersee (MTB 4820). Diese Gebiete sind besonders reich an Erdflechtengesellschaften der *Ceratodonto-Polytrichetea piliferi*.

Eine geringe Zahl an Gesellschaften ist nicht immer gleichbedeutend mit einer schlechten Ausstattung an Flechtenbeständen, wie anhand der MTB 4825 und 4923/24 deutlich wird. Für alle diese MTB wurde zwar nur das *Toninio-Psoretum decipientis* belegt, welches jedoch in den genannten Regionen ungewöhnlich gut und flächendeckend entwickelt ist. Wuchsorte sind aufgelassene Steinbrüche. Über Maßnahmen zum Schutz dieser Bestände gibt Kap. E6.3.3 Auskunft.

Der mittlere Teil Nordhessens ist verhältnismäßig arm an Flechtenstandorten wie Magerrasen oder Felsen, dementsprechend zeigen sich Lücken in der Karte zur Gesellschaftsdiversität.

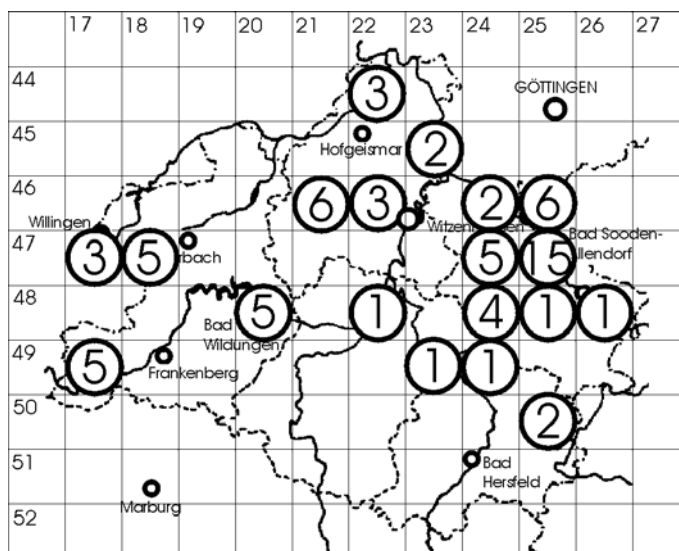


Abb. 26: Gesellschaftsdiversität im Untersuchungsgebiet. Angegeben ist die Zahl der Erdflechtengesellschaften innerhalb der einzelnen MTB.

6.3 Schutzmaßnahmen

Flechtenreiche Biotope verdienen generell besondere Beachtung, um gefährdete Arten und Lebensgemeinschaften zu schützen. Mit Hilfe sogenannter Indikatorarten können wertvolle Biotope mit weiteren gefährdeten Flechtenarten ermittelt werden (WIRTH 2002). Rentierflechten (*Cladonia arbuscula*, *Cl. rangiferina*) und das Isländisch Moos

(*Cetraria islandica*) sowie die an offenen Stellen siedelnden Arten *Dibaeis baeomyces* und *Pycnothelia papillaria* weisen beispielsweise auf schützenswerte Magerrasen hin. Darüber hinaus zeigen diese Arten, mit Ausnahme von *Cetraria islandica*, in Nordhessen auch Traubeneichenwälder von besonderem Wert an. Die auffallenden Bunten Erdflechten (*Fulgensia* spec., *Psora decipiens*, *Toninia sedifolia*) sowie *Placidium squamulosum* gelten als Indikatoren für wertvolle Kalkmagerrasen (WIRTH 2002), deren Erhalt nicht nur für den Flechtenartenschutz von großer Bedeutung ist. Nachfolgend werden Maßnahmen zum Erhalt solcher flechtenreicher Biotope aufgeführt.

6.3.1 Erdflechten in Kalkmagerrasen und auf Felsen

Im Untersuchungsgebiet stellt die Aufgabe der traditionellen Nutzungsweisen und der damit verbundene Rückgang offener Bodenstellen infolge von Sukzessionsprozessen momentan die größte Gefahr für die Flechten der Magerrasen dar. Auch eine Nutzungsintensivierung oder Aufforstungsmaßnahmen haben bereits zum Verlust vieler Erdflechtenstandorte in Magerrasen beigetragen (vgl. NITSCHKE & BULTMANN 1995).

Für das Gedeihen der Bunten-Erdflechten-Gesellschaft ist das Vorhandensein offener Stellen zwingend erforderlich, welche beispielsweise durch eine gesteuerte **Beweidung mit Schafen** geschaffen werden (s. BÖHLE & HALFMANN 1992). Auch MARSTALLER (1968) unterstreicht den günstigen Einfluß einer Beweidung auf diese Flechtengesellschaft. Bei längerem Ausbleiben der Beweidung wird die Bunte-Erdflechten-Gesellschaft dagegen von Moosen und Blütenpflanzen überwachsen. Nur wenige Arten, wie beispielsweise *Cladonia pyxidata* ssp. *pocillum*, können dieser Entwicklung noch einige Zeit standhalten. Ein positives Beispiel zur Erhaltung von Magerrasen ist das vom Forstamt Bad Sooden-Allendorf und dem Naturpark Meißner erarbeitete Beweidungskonzept, das in Zusammenarbeit mit einem Schäferbetrieb, Verbänden und Institutionen auf dem Meißner und in seinem Vorland umgesetzt wird. Zu dem auf diese Weise entstandenen Biotopverbund zählen einige der schönsten flechtenreichen Kalkmagerrasen des Untersuchungsgebietes (z.B. das NSG „Krippelöcher und Hielöcher“ und das NSG „Bühlchen bei Weißenbach“), die in der traditionellen stationären Hütelhaltung bewirtschaftet werden (LENARDUZZI 1999a/b). Die krustigen Erdflechten sind erstaunlich trittfest (s. auch FOLLMANN 1974) und scheinen die Schafbeweidung und die damit verbundene Trittbelastung gut zu überstehen. Ausführlicher über Gefährdung und Schutz der Arten basenreicher Standorte im Untersuchungsgebiet berichtet GÜNZL (2001b).

Eine extrem starke **Trittbelastung** durch Spaziergänger bzw. Kletterer, z.B. auf den Gipsfelsen des Wenkebergs bei Frankershausen, schadet dagegen dem Flechtenbewuchs, da beim Klettern auf den Felsen der verwitterte Gips samt den darauf siedelnden Flechtenlager abgeschürft wird. Einige weitere Flechtenwuchsorte auf Felsen innerhalb der Magerrasenflächen gingen durch fortschreitende Sukzession und die damit verbundene **Verbuschung** (z.B. NSG „Jestädter Weinberg“) oder durch **Wiederbewaldung** (Dolomithfelsen bei Hollstein) verloren. Zum Schutz der Flechten wäre es daher vorteilhaft, die Trittbelastung auf den Gipsfelsen zu reduzieren sowie das

Verbuschen der Felsen und ihrer Umgebung zu verhindern. Dies gilt im Übrigen nicht nur für Felsen aus Gips und Muschelkalk, sondern für alle Felsen bzw. Felswände, die von Flechten besiedelt werden. Auch das *Cladonietum foliaceae* ist im Untersuchungsgebiet beispielsweise auf sonnige, offene Felsen aus Diabas oder Basalt angewiesen.

6.3.2 Erdflechten in Zwergstrauchheiden

Für die in Zwergstrauchheiden basenarmer Standorte wachsenden Erdflechten sind offenen Stellen innerhalb der Phanerogamenvegetation ebenfalls unerlässlich. In älteren geschlossenen Heiden gehen Flechtengemeinschaften stark zurück und werden von Moosen wie *Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium* und *Hypnum jutlandicum* verdrängt (MÜLLER et al. 1997).

Heidegesellschaften lassen sich in der Regel nur durch gezielte Pflegemaßnahmen erhalten, die sich an den ehemaligen Nutzungsformen orientieren. Die Sukzession bei Aufgabe der Nutzung verläuft in Richtung Wald, der ursprünglich die meisten Heidestandorte bedeckte. Der Sukzessionsdruck ist je nach Standort unterschiedlich stark ausgeprägt. So können z.B. die Hochheiden im Upland an den windexponierten Bergkuppen mittelfristig ohne Pflege gedeihen, sofern im weiteren Umkreis durch Landnutzung die Gehölze zurückgedrängt werden. Zur Aushagerung trägt der Wind bei, der auf den exponierten Kuppen die Streu wegbläst (NITSCHKE 1995). *Calluna vulgaris* als typische Art der Heiden kommt in Nordhessen auf fast allen geologischen Formationen vor. Der niedrige Nährstoffgehalt der Standorte ermöglicht es der Besenheide, sich gegen Konkurrenzarten durchzusetzen. Daher ist der Nährstoffentzug durch sinnvoll gesteuerte Mahd oder Beweidung für die Heide die wichtigste Pflegemaßnahme (NITSCHKE 1995).

Wie in Kap. E2.1.1.1 bereits dargestellt, wirkt sich in den Zwergstrauchheiden das **Abplaggen** förderlich auf das Ansiedeln von Pionier-Flechtengesellschaften wie dem *Dibaeetum baeomycetis* aus (s. auch BIERMANN et al. 1994). Dies läßt sich in den Hochheiden des Waldecker Uplands (Kahle Pön und Osterkopf bei Usseln) besonders gut beobachten. Bereiche, an denen offenen Stellen und Arten wie *Dibaeis baeomyces* oder *Pycnothelia papillaria* bereits vorkommen, sollten als Tabuzonen bei der weiteren Heidepflege gelten (s. BIERMANN et al. 1994). Vom kleinräumigen Abplaggen profitieren nach PAUS (1997) auch fortgeschrittenere Stadien der Flechtensukzession, die *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft und das *Cladonietum mitis*. Das Abplaggen ist besonders in der Degenerationsphase der Heide (nach mehr als rund 16 J. Bestandsentwicklung) zur Verjüngung der Flächen sinnvoll (EIGNER 1991). Aus Kostengründen ist es heute aber nicht mehr großflächig durchführbar. Kostengünstiger ist der Schnitt der Besenheide, z.B. mit Hilfe eines Kreiselmäher (NITSCHKE 1995, s. a. BIERMANN et al. 1994).

Pionierstadien sind im NSG „Battenfelder Driescher“, eventuell aufgrund des Mangels an geeigneten offenen Bodenstellen, eher selten. Das *Cladonietum mitis* ist dort dagegen bemerkenswert gut entwickelt und wird durch die stattfindende Beweidung sicherlich profitieren. Eine **Schafbeweidung** kann auch in den Magerrasen und Heiden

bodensaurer Standorte für die Erdflechtenflora von großem Nutzen sein, da sie Lücken in den geschlossenen Vegetationsdecken (z.B. aus *Calluna vulgaris*) entstehen läßt und auf diese Weise neue, geeignete Lebensräume für Flechten schafft. STOKER & DE SMIDT (1985) stellten eine Erhöhung der Artenzahl und der Deckung der Flechten auf beweideten Heideflächen fest. Damit neu entstandene Störstellen jedoch besiedelt werden können, müssen in der Nähe Flechtenbestände vorhanden sein, von denen aus eine Neubesiedlung erfolgen kann. Dies ist im NSG „Battenfelder Driescher“ beispielsweise der Fall. Die dort durchgeführte Schafbeweidung ist daher prinzipiell als positiv für den Erhalt der Flechtenvegetation zu bewerten. Jedoch scheint im Battenfelder Driescher die Trittbelastung durch die Schafe auf manchen mit Rentierflechten bewachsenen Kuppen sehr hoch, vielleicht auch zu hoch zu sein, mit der Folge, daß die Flechtenthalli vollständig zertreten werden. Die Beweidung sollte sich daher zunächst auf Flächen mit geschlossener *Calluna*-Bedeckung konzentrieren, Flächen mit Rentierflechtenbewuchs dagegen zumindest solange geschont werden, bis weitere potentielle Flechtenstandorte geschaffen wurden. BIERMANN et al. (1994) schreiben zum Thema Beweidung, daß beim Einsatz von Schafen die optimale Weidedichte (1-3 Tiere pro ha nach BEYER 1968 bzw. TOEPFER 1971) zu beachten ist, da besonders junge Heide empfindlich auf Überweidung reagiert. Die Schafe sollen zudem möglichst nicht über Nacht auf der Heide bleiben. Schafbeweidung (ebenso wie Mahd) erweist sich besonders in der Aufbau- und Optimalphase der Heideentwicklung als sinnvoll (EIGNER 1991).

Als weitere Pflegemaßnahme zur Heideverjüngung nennen MÜLLER et al. (1997) das **Abbrennen**, dessen Auswirkungen ich in den nordhessischen Heideflächen jedoch nie selbst beobachten konnte. Flechten gelten als feuergefährdete Organismen, allerdings zeigte sich auf den Dauerflächen von MÜLLER et al. (1997), daß nach einem Brand viele angekohlte Grundschuppen zurückbleiben, aus denen sich innerhalb eines Jahres bereits wieder Fruchtkörper entwickeln können. Bedeutsam ist, daß mit der Zerstörung einer dichten Phanerogamenschicht auch Flechtenstandorte neu geschaffen werden können. Wichtig für den Einsatz von Brand als Pflegemaßnahme ist der Erhalt flechtenreicher Populationen in der Umgebung gebrannter Flächen, aus denen eine Einwanderung in gebrannte Bereiche erfolgen kann. Bleiben auf Brandflächen Teile des Flechtenlagers erhalten, so entwickeln sich aus diesen Thallusfragmenten sogenannte Regenerationsthalli. Diese wiederum können fruchtende Podetien ausbilden. Bei einer vollständigen Zerstörung der Flechtenthalli und Diasporen müssen die Flechten entweder durch Sporen, Bruchstücke oder Soredien neu einwandern. Flechtenbruchstücke können nur kurze Distanzen zurücklegen, Sporen aus Fruchtkörpern längere Distanzen. Am leichtesten kann eine Wiederbesiedlung durch Soredien geschehen. So findet man häufig auf gebrannten Heiden sorediöse Arten wie *Cladonia pleurota* oder *Cl. subulata*. Auch Pionierarten wie *Placynthiella uliginosa* können sich nach einem Brand schnell wieder etablieren, da sie, dicht mit dem Substrat verbunden, auch extreme Trockenheit während der Pionierphase nach Brand tolerieren oder den Brand sogar überdauern können. Arten wie *Cladonia portentosa*, die sich über Bruchstücke verbreiten, sind bei totaler Zerstörung der Flechtenthalli erst später zu erwarten. Entscheidend für die gute Entwicklung der Bodenflechten auf Pionier- und

Brandstandorten sind die anfänglich fehlende Selektion durch Lichtkonkurrenz der erst später in der Sukzession dominierenden Höheren Pflanzen (MÜLLER et al. 1997). Generell sind jedoch vor dem Brennen die positiven Aspekte mit eventuellen negativen Folgen für andere Lebewesen (z.B. Insekten) abzuwägen.

Um Heideflächen als Mosaik vieler verschiedener Kleinlebensräume zu erhalten bzw. zu entwickeln, wäre es generell in den Heiden sinnvoll, nicht alle Flächen in gleichem Maße durch Tritt und Beweidung zu beeinflussen. Die wenigen Standorte, an denen aktuell in Heiden Pionier- und Folgegesellschaften vorkommen, sollten unbedingt vor Zerstörung jeglicher Art bewahrt werden. Dies bedeutet z.B. auch, Wegränder und sonstige Erdanrisse vor dem Befahren mit Arbeitsmaschinen, vor übermäßigem Tritt sowie vor der Zerstörung z.B. durch das Ablagern von Baumstämmen zu schützen.

6.3.3 Erdflechten in Steinbrüchen

Aufgelassene Steinbrüche stellen als vom Menschen geschaffene Felsbiotope eine wichtige Ergänzung der natürlichen Wuchsorte der Erdflechten dar. Besonders die Gips- und Dolomit-Steinbrüche sind mitunter reich an seltenen Arten, aber auch in den Grauwacke-Steinbrüchen des Untersuchungsgebietes lassen sich zahlreiche Erdflechten finden. Leider sind einige kleinere Steinbrüche im Zuge fortschreitender Sukzession stark zugewachsen und als Flechtenwuchsort somit untauglich geworden. Andere, noch wenig verbuschte Gips-Steinbrüche, z.B. das Steinröllchen bei Oberhone, werden als Freizeitgelände genutzt, in welchem die Besucher zwar durch ihren Tritt die Flächen offen halten, leider aber auch Feuerstellen und vor allem reichlich Müll zurücklassen. Im Extremfall werden die Steinbrüche gar als Müllkippen mißbraucht, beispielsweise um Gartenabfälle oder Sperrmüll zu entsorgen. Zum Schutz der Arten ist es daher notwendig, dafür zu sorgen, daß die Steinbrüche nicht verfüllt oder durch Freizeitbetrieb übermäßig stark beansprucht, sondern als wertvolle Felsstandorte und somit Lebensraum, nicht nur für Flechten, betrachtet und erhalten werden.

6.3.4 Erdflechten in Wäldern

Erdflechtenreiche Wälder treten in Nordhessen, sieht man von den Flechtenvorkommen an Wegrändern und auf Schneisen innerhalb des Waldes ab, im Meißner-Vorland und am Edersee auf. Es handelt sich um ehemalige Eichen-Niederwälder an Steilhängen und Kuppen über Grauwacke und Tonschiefer. Die Wälder sind aufgrund ihrer ungünstigen Standortverhältnisse heute forstwirtschaftlich uninteressant. In absehbarer Zeit ist eine Veränderung der Bestandesstruktur (ohne menschlichen Einfluß) nicht zu erwarten. Allenfalls der stellenweise randlich in die Bestände eindringende Buchenjungwuchs ist zu beobachten und gegebenenfalls zu entfernen. Außerdem sollten Beeinträchtigungen der nahe der Wege wachsenden Flechten, nicht nur in diesem Waldtyp, in jedem Fall vermieden werden. Weitere besondere Schutzmaßnahmen für die dortigen Erdflechten sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht erforderlich.

7 Zusammenfassung

Im Untersuchungsgebiet konnten insgesamt 16 Erdflechtengesellschaften und 4 Dominanzbestände aus zwei Vegetationsklassen nachgewiesen werden. Ein Großteil dieser Gesellschaften ist als ziemlich bis sehr selten und daher als schützenswert einzustufen. Geeignete Schutzmaßnahmen werden angegeben.

Auf basenreichen Substraten sind Gesellschaften der **Klasse *Toninio-Psooretea decipientis*** anzutreffen. Sie werden in der Regel von Krustenflechten dominiert. Einzige Federation innerhalb dieser Klasse ist das *Toninion sedifoliae*. Die artenreichsten Bestände sind der Union *Toninio-Psooretum decipientis* („Bunte-Erdflechten-Gesellschaft“) zuzuordnen, welche durch *Fulgensia bracteata* und *F. fulgens* charakterisiert wird. *F. fulgens* ist gleichzeitig Trennart der Subunion *fulgensietosum*. Seltene Erdflechtenarten treten jedoch auch in den *Toninion*-Fragmentgesellschaften auf. Relativ artenarm, jedoch floristisch dennoch wertvoll, sind dagegen die diversen Dominanzbestände. Gesellschaften der *Toninio-Psooretea* siedeln v.a. innerhalb von lückigen Kalkmagerrasen (*Gentiano-Koelerietum*), auf Felsköpfen und in Sekundärbiotopen wie z.B. aufgelassenen Gips-Steinbrüchen.

Die Erdflechtenvegetation kalkarmer bzw. kalkfreier Standorte gehört der **Klasse *Ceratodonto-Polytrichetea piliferi*** an. Diese wird in 3 Federationen unterteilt. Die Federation *Baeomycion rosei* umfaßt Pioniergesellschaften wie das *Dibaeetum baeomycetis*, welches besonders gut auf abgeplagkten Heideflächen der niederschlagsreichen Berglagen gedeiht. Rentierflechtenbestände (*Cladonietum mitis*) innerhalb von Heiden und Eichenwäldern sind in die Federation *Cladonion arbusculae* einzuordnen, der als intermediäre Entwicklungsstadien auch die von stiftförmigen, sorediösen Cladonien geprägten Gesellschaften (*Cl. bacillaris*-Ges.) angehören. Das ebenfalls hierzu zählende *Cladonietum foliaceae* siedelt auf vulkanischen Felsen und stellt eine Besonderheit in Nordhessen dar. Gesellschaften der Federation *Cladonion rei* sind bevorzugt auf Ruderalstandorten wie z.B. Bergbauflächen zu finden.

Cl. furcata ssp. *furcata* zeigt ihren Verbreitungsschwerpunkt im *Cladonion arbusculae*. Mit hoher Stetigkeit tritt sie dort in der Typischen Subunion des *Cladonietum mitis*, in der von ihr dominierten *Cladonia furcata*-*Cladonion arbusculae*-Fragmentgesellschaft und im *Cladonietum foliaceae* auf. Fruchtende Podetien zeigen sich jedoch nur in den beiden erstgenannten Einheiten. Darüber hinaus kommt diese Unterart auch im *Baeomycion* und im *Cladonion rei* vor, jedoch mit deutlich geringerer Stetigkeit. Nur ausnahmsweise siedelt *Cl. furcata* ssp. *furcata* in Beständen des *Toninion*. Dagegen bleibt *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* in ihrem Auftreten auf die Klasse *Toninio-Psooretea* beschränkt. Sie ist dort hauptsächlich in den Cladonien-dominierten Stadien des *Toninio-Psooretum* und in den *Toninion*-Fragmentgesellschaften anzutreffen. Bisweilen bildet sie Dominanzbestände. Fruchtende Thalli wurden nur sehr selten beobachtet.

F Chemismus ausgewählter *Cladonia*-Arten

Etliche Cladonien lassen sich aufgrund eines bestimmten Inhaltsstoffes bzw. einer bestimmten Stoffkombination eindeutig auf Art- bzw. Unterartebene bestimmen (s. dazu z.B. HUOVINEN et al. 1990, PAUS 1993/1997, WIRTH 1995). Bei einigen *Cladonia*-Arten treten jedoch innerhalb einer Unterart verschiedene Chemosippen (Chemotypen) auf, so beispielsweise bei *Cladonia pyxidata* ssp. *grayi* (s. Tab. 29). Diese Fälle sowie weitere interessante Ergebnisse der Dünnschichtchromatographie (DC) sollen nachfolgend erläutert und unter anderem mit den Ergebnissen von KÜMMERLING (1991) verglichen werden, deren Studie Proben aus einem Teil des Untersuchungsgebietes beinhaltet. Tab. 30 gibt Auskunft über Inhaltsstoffe und Probenzahl der im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Flechtenarten.

Die Ergebnisse der DC wurden auch in Kap. E eingearbeitet, da sich beispielsweise die Chemosippen von *Cl. pyxidata* ssp. *grayi* teilweise als „Diagnostische Sippen“ bestimmter Vegetationseinheiten eignen. Darüber hinaus sind diese Resultate für die in Kap. I2 diskutierte Fragestellung über die Artberechtigung von *Cl. subrangiformis* sowie für die allgemeine Kenntnis der Verbreitung von Chemotypen innerhalb der Gattung *Cladonia* von Bedeutung (vgl. FISCHER & GÜNZL 2004).

1 Methodik zur Identifizierung der Flechtenstoffe

Zur genauen Bestimmung und zum Nachweis etwaiger Chemotypen, wurden kritische Flechten-Exemplare aus den Vegetationsaufnahmeflächen sowie alle *Cladonia furcata*-Proben dünnschichtchromatographisch auf charakteristische Inhaltsstoffe hin untersucht (Methode nach CULBERSON & AMMANN 1979). Bei den bestimmungskritischen Arten handelte es sich dabei in erster Linie um Exemplare von *Cl. pyxidata* sowie um die Artengruppe *Cl. subulata/rei/glauca*.

In den Podetienspitzen ist die Konzentration der Flechtensäuren am höchsten (CULBERSON 1969). Für die Untersuchungen wurden daher wenige Millimeter große Thallusbruchstücke an den Podetienenden bzw. im Bereich der Becher entnommen. Jedes *Cl. furcata*-Polster wurde an mindestens 3 Stellen beprobt. Die Thallusbruchstücke für die rDNA-Sequenzierung und die Proben für die DC entstammen bei *Cladonia furcata* unmittelbar benachbarten Podetienspitzen (wenn möglich vom selben Podetium). Die Thallusproben wurden in Eppendorf-Gefäßen mit einigen Tropfen Aceton extrahiert und der Extrakt mit Glaskapillaren (Haematokrit-Kapillaren, 74mm/60 µl, Fa. Hirschmann Laborgeräte) auf die nicht weiter vorbehandelten DC-Platten aufgetragen. Zum Einsatz kamen 20 x 20 cm große Kieselgelplatten der Fa. Merck (Merck Silica Gel 60 F 254, Schichtdicke 0,25 mm) bzw. der Fa. Macherey-Nagel (ALUGRAM SIL G/UV₂₅₄, Schichtdicke 0,20 mm). Als interne Kontrollsubstanz diente ein Extrakt aus *Cladonia symphycarpa*, der Atranorin und Norstictinsäure enthält und an zwei Startpunkten aufgetragen wurde. Beim

Laufmittel handelte es sich um das sogenannte Standardlaufmittel A (s. KÜMMERLING 1991), einem Gemisch aus Toluol, Dioxan und Eisessig (90:22,5:2,5 ml). Die Platten wurden bis zu einer Laufhöhe von 12 cm entwickelt. Auf den lufttrockenen Platten wurden zunächst unter Bestrahlung mit kurzwelligem UV-Licht (254 nm) alle Substanzen markiert, die in diesem Wellenbereich absorbieren und als dunkle, nicht fluoreszierende Banden erkennbar sind. Anschließendes Besprühen der Platten mit Wasser und vorsichtiges Fönen machte während des Trocknens lipophile Stoffe (z.B. die Fettsäure Rangiformsäure) als weißliche Flecken sichtbar. Zur Entwicklung des Chromatogramms wurden die Platten mit 10 % H₂SO₄ besprüht und bei 110 °C ca. 20 min. lang getrocknet.

Die Einteilung in Rf-Klassen richtete sich nach CULBERSON & KRISTINSSON (1970). Die Identifikation der Flechtenstoffe erfolgte mit Hilfe bisher publizierter Inhaltsstoffanalysen (z.B. WALKER & JAMES 1980, HOLIEN & TØNSBERG 1985, PAUS 1997). Insgesamt wurden 680 *Cladonia*-Proben analysiert.

2 Ergebnisse der Dünnschichtchromatographie

Cladonia arbuscula:

Anhand ihrer Flechtensäuren können die Proben in die ssp. *squarrosa* (Wallr.) Ruoss (mit Usninsäure und Fumarprotocetrarsäure) und die ssp. *mitis* (Sandst.) Ruoss (mit Usninsäure und Rangiformsäure) unterteilt werden. KÜMMERLING (1991) wies in ihren *Cladonia arbuscula* ssp. *mitis* zugeordneten Proben auch Fumarprotocetrarsäure nach, weist jedoch darauf hin, daß diese dem in RUOSS (1987) aufgeführten, sog. „intermediären“ Chemotyp angehören, der sowohl den Fumarprotocetrarsäure-Komplex als auch den Rangiformsäure-Komplex enthält.

Cladonia furcata:

Die Unterteilung von *Cladonia furcata* in die zwei Unterarten *furcata* und *subrangiformis* erfolgt bei WIRTH (1995) in erster Linie anhand des Vorhandenseins oder Fehlens von Atranorin. Zusätzlich treten bei der Subspezies *subrangiformis* häufig weiß aufbrechende Beulen (Markaufbrüche) auf.

Cladonia furcata ssp. *furcata*:

Unter den von mir untersuchten nordhessischen Proben finden sich lediglich zwei, die außer Fumarprotocetrarsäure einen weiteren, als Bande sichtbaren, allerdings mittels DC nicht näher identifizierbaren Inhaltsstoff enthalten (Chemotyp II in Tab. 30). Die bisher bekannten, nachfolgend beschriebenen Chemotypen von *Cl. furcata* ssp. *furcata* kommen nicht vor.

Nach PAUS (1997) treten in der Unterart *furcata* als Hauptinhaltsstoff Fumarprotocetrarsäure sowie als Nebeninhaltsstoffe Confumarprotocetrar- und Protocetrarsäure auf. CULBERSON (1969) nennt für *Cl. furcata* ssp. *furcata* die Inhaltsstoffe ± Atranorin, Fumarprotocetrarsäure, Ascorbinsäure und Zink. In Europa

werden die Atranorin-haltigen Exemplare in der Regel *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* zugeordnet, Atranorin kann jedoch auch von der *Cl. furcata* ssp. *furcata* produziert werden. HUOVINEN et al. (1990) beispielsweise bezeichnen Atranorin als akzessorischen Inhaltsstoff der Subspezies *furcata*. Weiterhin ist von *Cl. furcata* ssp. *furcata* ein Chemotyp mit Psoromsäure bekannt. BARENDREGT et al. (1982) beschreiben ihn erstmals aus Portugal. Die schlanken, regelmäßig verzweigten Podetien dieses Chemotyps sollen der var. *racemosa* (= var. *furcata*, s. Kap. G2.1.1) entsprechen und wurden in offenen Heideflächen gefunden. Die Psoromsäure tritt in diesen Thalli anstelle von Fumarprotocetrarsäure oder Atranorin auf. FISCHER (2003) konnte im Rahmen ihrer vegetationsökologischen Untersuchungen an der Mittelalpe 3 verschiedene Psoromsäure-haltige Chemotypen nachweisen. Einer entspricht dem Chemotyp III von PAUS (1997) und enthält Atranorin und Psoromsäure, zwei weitere Chemotypen zeichnen sich durch die Inhaltsstoffe Psoromsäure und Fumarprotocetrarsäure bzw. ausschließlich Psoromsäure aus. Die Psoromsäure-haltigen Sippen wachsen in Trockenrasen des *Spergulo-Corynephorum* sowie des *Diantho-Armerietum* (vgl. FISCHER & GÜNZL 2004). Während BARENDREGT et al. (1982) und HUOVINEN et al. (1990) die Psoromsäure-haltigen Exemplare als der *Cl. furcata* zugehörig ansehen (und die „*subrangiformis*“-Proben bei HUOVINEN et al. als *Cl. subrangiformis* abgetrennt werden), stellt PAUS (1997) den sogenannten Chemotyp III (mit Atranorin und Psoromsäure) als dritte Gruppe neben die Unterarten *furcata* und *subrangiformis*. Sie führt Belegexemplare aus einem Bestand der *Cladonia bacillaris*- (Mikro-)Gesellschaft an.

Cladonia furcata ssp. *subrangiformis*:

Im Material des Untersuchungsgebietes treten 7 Proben auf, bei denen außer Atranorin und Fumarprotocetrarsäure eine dritte, jedoch mittels DC nicht näher bestimmbare Bande vorhanden ist (Chemotyp II in Tab. 30).

Hauptinhaltsstoffe sind Atranorin und Fumarprotocetrarsäure, als Nebeninhaltsstoffe treten Confumarprotocetrar- und Protocetrarsäure auf (PAUS 1997). KÜMMERLING (1991) führt als weiteren gelegentlich vorhandenen Inhaltsstoff Bourgeansäure an und trennt die Bourgeansäure-haltigen Sippen als „Chemorasse b“ gegenüber den lediglich Fumarprotocetrarsäure und Atranorin aufweisenden Proben der „Chemorasse a“ ab. In BURGAS & AHTI (1992) findet sich der Hinweis auf einen Psoromsäure-haltigen Chemotyp bei *Cl. (furcata* ssp.) *subrangiformis*.

***Cladonia macilenta*:**

Nach neueren taxonomischen Vorschlägen werden *Cl. bacillaris*, *Cl. floerkeana* und *Cl. macilenta* unter *Cl. macilenta* zusammengefaßt. *Cl. bacillaris* wird als Thamnolsäure-freie Chemosippe in die ssp. *macilenta* integriert (CHRISTENSEN 1987, WIRTH 1994). Innerhalb der eigenen nordhessischen Proben lassen sich die beiden Unterarten von *Cl. macilenta* im allgemeinen anhand morphologischer Merkmale (Sorediengröße, Berindung etc.) gut trennen (s. dazu WIRTH 1995). Durch die stichprobenhafte Analyse einiger *Cl. macilenta*-Proben können zusätzlich Aussagen

über die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Chemotypen innerhalb der Unterarten gemacht werden:

Cladonia macilenta ssp. *floerkeana*:

Bei der Unterart *floerkeana* wurde im Untersuchungsgebiet nur ein Chemotyp festgestellt. Er entspricht der bei KÜMMERLING (1991) aufgeführten „Chemorasse a“ mit ausschließlich Barbatsäure als Hauptinhaltsstoff. Die sog. „Chemorasse b“ mit Barbatsäure und Didymsäure (KÜMMERLING 1991) tritt unter den untersuchten Exemplaren nicht auf. Auch KÜMMERLING belegt die „Chemorasse b“ nur durch eine Probe.

PAUS (1997) weist darauf hin, daß alle von ihr aufgrund morphologischer Merkmale als ssp. *floerkeana* eingeordneten Exemplare keine Thamnolsäure enthielten und sich dadurch vom Chemotyp I der Unterart *macilenta* (s.u.) abgrenzten. Nach WIRTH (1995) kann allerdings auch die ssp. *floerkeana* ± Thamnolsäure enthalten. Thamnolsäurehaltige Thalli finden sich unter den von mir untersuchten *floerkeana*-Proben jedoch nicht.

Cladonia macilenta ssp. *macilenta*:

Die analysierten Proben lassen sich in zwei Chemotypen unterteilen: Chemotyp I beinhaltet außer Barbatsäure zusätzlich Thamnolsäure und entspricht der „Chemorasse a“ von KÜMMERLING (1991) bzw. dem Chemotyp I von PAUS (1997). Zwei dieser Proben zeigen einen dritte, allerdings nur schwach entwickelte Bande, die möglicherweise durch Didymsäure verursacht wird. Didymsäure kann als akzessorischer Inhaltsstoff in beiden Unterarten vorkommen (PAUS 1997). Nach KÜMMERLING (1991) wären Didymsäure-haltige Proben von *Cl. macilenta* s.str. als „Chemorasse b“ einzustufen. Chemotyp II (Syn. *Cl. bacillaris*) zeichnet sich durch das Fehlen von Thamnolsäure aus (s. PAUS 1997) und ist daher nur aufgrund der feinstaubigen Podetien von der ssp. *floerkeana* zu trennen.

***Cladonia portentosa*:**

Folgende Inhaltsstoffe treten nach KÜMMERLING (1991) in *Cl. portentosa* auf: Usninsäure, Perlatolsäure sowie eine unbekannte, nicht mit Ursolsäure identische Substanz. In zwei Proben des Untersuchungsgebietes konnte jedoch nur Perlatolsäure nachgewiesen werden. Diese Tatsache bestätigt wiederum die Aussage von PAUS (1997), welche Usninsäure lediglich als akzessorischen Inhaltsstoff bezeichnet.

***Cladonia pyxidata*:**

Es wurden insgesamt 222 Proben von *Cl. pyxidata* analysiert, darunter die 3 Unterarten ssp. *chlorophaea*, ssp. *grayi* und ssp. *pyxidata*. Innerhalb der Subspezies *grayi* traten alle 4 bei WIRTH (1995) genannten Chemosippen auf: *Cl. cryptochlorophaea*, *Cl. grayi* s.str., *Cl. merochlorophaea* und *Cl. novochlorophaea* (s. Tab. 29). Da von jedem *Cl. pyxidata*-Fundort Proben zur Analyse eingesammelt wurden, gibt die Verteilung der Probenzahl auf die unterschiedlichen Unterarten bzw. Chemosippen zugleich auch Auskunft über deren Häufigkeit im Untersuchungsgebiet.

Cl. pyxidata ssp. chlorophaea weist als einzigen mittels DC nachweisbaren Inhaltstoff Fumarprotocetrarsäure auf. Ebenso *Cl. pyxidata s.str.*, die jedoch im Gebiet wesentlich seltener auftritt und nur durch 6 Proben nachgewiesen wurde, im Gegensatz zu 53 Proben von *Cl. pyxidata ssp. chlorophaea*. Im Chemismus zwar übereinstimmend, lassen sich beide jedoch anhand morphologischer Merkmale unterscheiden (s. WIRTH 1995). Die häufigste Chemosippe der Subspezies *grayi* ist der Chemotyp I von *Cl. merochlorophaea* mit Fumarprotocetrarsäure, Merochlorophaeasäure und 4-0-Methylcryptochlorophaeasäure. Dem Chemotyp II fehlt dagegen die Fumarprotocetrarsäure. Dieser Chemotyp tritt im Untersuchungsgebiet extrem selten auf, er wurde nur einmal nachgewiesen, im Gegensatz zu 103 Nachweisen des Chemotyps I.

Bei *Cl. novochlorophaea* lassen sich ebenfalls zwei Chemotypen unterscheiden. Chemotyp I zeichnet sich durch Fumarprotocetrarsäure, Homosekikasäure und Sekikasäure aus. Dem Chemotyp II fehlt, vergleichbar dem Chemotyp II von *Cl. merochlorophaea*, die Fumarprotocetrarsäure. Auch bei *Cl. novochlorophaea* ist der Chemotyp II wesentlich seltener, nur eine von insgesamt 23 Proben ist ihm zuzuordnen.

Cl. cryptochlorophaea und *Cl. grayi s.str.* treten etwa gleich häufig auf und stellen 9 % bzw. 7 % aller untersuchten *Cl. pyxidata*-Proben. *Cl. cryptochlorophaea* enthält außer Fumarprotocetrarsäure zusätzlich Cryptochlorophaeasäure, *Cl. grayi s.str.* zusätzlich Grayansäure.

Tab. 29: Flechtensäuren der Unterarten und Chemosippen von *Cladonia pyxidata*

	Cryptochlorophaeasäure	Fumarprotocetrarsäure	Grayansäure	Homosekikasäure	Merochlorophaeasäure	4-0-Methylcryptochlorophaeasäure	Sekikasäure	Anzahl Proben
<i>Cl. pyxidata ssp. chlorophaea</i>		x						53
<i>Cl. pyxidata ssp. pyxidata</i>		x						6
<i>Cl. cryptochlorophaea</i>	x	x						20
<i>Cl. grayi s.str.</i>		x	x					16
<i>Cl. merochlorophaea</i> , Chemotyp I		x			x	x		103
<i>Cl. merochlorophaea</i> , Chemotyp II					x	x		1
<i>Cl. novochlorophaea</i> , Chemotyp I		x		x			x	22
<i>Cl. novochlorophaea</i> , Chemotyp II				x			x	1

Cladonia rei:

Da die Art in den erfaßten Flächen nur selten auftritt, liegen aus dem Untersuchungsgebiet lediglich Analyse-Ergebnisse einiger weniger Proben vor. Diese enthalten alle Homosekikasäure, Sekikasäure und Fumarprotocetrarsäure. Die Sekika-Banden waren deutlich ausgebildet, obwohl diese Substanz nur in Spuren vorhanden sein soll (KÜMMERLING 1991). Die nordhessischen Proben entsprechen somit alle dem Chemotyp I (PAUS 1997), bei dem das Fumarprotocetrarsäure-Chemosyndrom vorhanden ist. Dem Chemotyp II würde dieses Chemosyndrom fehlen. Nach KÜMMERLING (1991) ist bei *Cladonia rei* – ebenso wie bei anderen *Cladonia*-Arten im Gebiet, die Chemotypen mit und ohne Fumarprotocetrarsäure bilden (z.B. *Cladonia merochlorophaea*) – der Fumarprotocetrarsäure-haltige Chemotyp wesentlich häufiger

vertreten. Die Angaben von PAUS et al. (1993) lauten ähnlich: 94 % der Proben gehören dem Chemotyp I, lediglich 6 % dem Chemotyp II an.

Tab. 30: Die Sekundärstoffe der untersuchten Cladonia-Arten

	Atranorin	Barbatsäure	Cryptochlorophaeasäure	Didymsäure	Fumarprotocetrarsäure	Grayansäure	Homosekikasäure	Merochlorophaeasäure	4-0-Methylcryptochlorophaeasäure	Perlatoisäure	Rangiformsäure	Sekikasäure	Squamatsäure	Thamnolsäure	Usninsäure	Zeorin	Unbekannter Stoff	Anzahl Proben
<i>Cl. arbuscula</i> ssp. <i>mitis</i>											x				x			4
<i>Cl. arbuscula</i> ssp. <i>squarrosa</i>					x										x			11
<i>Cl. cervicornis</i> ssp. <i>verticillata</i> et <i>cervicornis</i>					x													3
<i>Cl. ciliata</i>					x										x			2
<i>Cl. coccifera</i> et <i>pleurota</i> et <i>deformis</i> s.l.															x	x		32
<i>Cl. coniocraea</i>					x													12
<i>Cl. crispata</i>													x					9
<i>Cl. cryptochlorophaea</i>			x		x													20
<i>Cl. digitata</i>														x				1
<i>Cl. fimbriata</i>					x													45
<i>Cl. furcata</i> ssp. <i>furcata</i> , Chemotyp I					x													118
<i>Cl. furcata</i> ssp. <i>furcata</i> , Chemotyp II					x												x	2
<i>Cl. furcata</i> ssp. <i>subrangiformis</i> , Chemotyp I	x				x													40
<i>Cl. furcata</i> ssp. <i>subrangiformis</i> , Chemotyp II	x				x												x	7
<i>Cl. glauca</i>													x					28
<i>Cl. gracilis</i>					x													1
<i>Cl. grayi</i> s.str.					x	x												16
<i>Cl. humilis</i>	x				x													27
<i>Cl. macilenta</i> ssp. <i>floerkeana</i>		x																15
<i>Cl. macilenta</i> ssp. <i>macilenta</i> , Chemotyp I		x		?										x				6
<i>Cl. macilenta</i> ssp. <i>macilenta</i> , Chemotyp II		x																6
<i>Cl. merochlorophaea</i> , Chemotyp I					x			x	x									103
<i>Cl. merochlorophaea</i> , Chemotyp II								x	x									1
<i>Cl. novochlorophaea</i> , Chemotyp I					x			x				x						22
<i>Cl. novochlorophaea</i> , Chemotyp II								x				x						1
<i>Cl. phyllophora</i>					x													1
<i>Cl. portentosa</i> , Chemotyp I										x								2
<i>Cl. portentosa</i> , Chemotyp II										x					x			1
<i>Cl. pyxidata</i> ssp. <i>chlorophaea</i>					x													53
<i>Cl. pyxidata</i> ssp. <i>pyxidata</i>					x													6
<i>Cl. ramulosa</i>					x													7
<i>Cl. rangiferina</i>	x				x													4
<i>Cl. rangiformis</i>					x						x							2
<i>Cl. rei</i>					x			x				x						8
<i>Cl. squamosa</i>													x					7
<i>Cl. subulata</i>					x													54
<i>Cl. uncialis</i>													x					3

Cladonia rangiformis:

Innerhalb von *Cl. rangiformis* werden nach heutigem Wissensstand zwei Chemotypen unterschieden. PAUS (1997) konnte in ihrem Untersuchungsgebiet ausschließlich den Chemotyp I (Fumarprotocetrarsäure-Chemosyndrom fehlend) belegen, während KÜMMERLING (1991) in allen ihren Proben Fumarprotocetrarsäure zumindest in Spuren nachwies und bemerkt, die Fumarprotocetrarsäure-haltige „Chemorasse“ (Chemotyp II,

PAUS 1997) sei in ihrem Gebiet wesentlich häufiger bzw. ausschließlich vertreten. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurden zwar nur zwei *Cl. rangiformis*-Proben mittels DC untersucht, diese sind jedoch, in Übereinstimmung mit KÜMMERLING (1991), dem Chemotyp II (mit Fumarprotocetrarsäure) zuzuordnen.

3 Zusammenfassung

Es wurden 680 Proben der Gattung *Cladonia* untersucht. Innerhalb der Art *Cl. pyxidata* konnten alle 4 bei WIRTH (1995) aufgeführten Chemosippen (*Cl. cryptochlorophaea*, *Cl. grayi* s.str., *Cl. merochlorophaea* und *Cl. novochlorophaea*) festgestellt werden. *Cl. merochlorophaea* und *Cl. novochlorophaea* lassen sich jeweils in zwei Chemotypen weiter unterteilen: den Chemotyp I mit Fumarprotocetrarsäure und den Chemotyp II ohne Fumarprotocetrarsäure. Der Chemotyp I von *Cl. merochlorophaea* ist der häufigste *Cl. pyxidata*-Chemotyp im Untersuchungsgebiet.

Ein Chemotyp I mit Fumarprotocetrarsäure tritt auch bei *Cl. rei* auf, die darüber hinaus durch Sekika- und Homosekikasäure gekennzeichnet ist. Ein entsprechender Chemotyp II ohne Fumarprotocetrarsäure wurde dagegen in den nordhessischen Proben nicht nachgewiesen, obwohl dieser in anderen Gebieten vorkommt (s. PAUS et al. 1993).

Bei *Cl. macilenta* existieren ebenfalls Chemotypen. Alle *Cl. floerkeana*-Proben entsprechen dem Chemotyp I mit Barbatsäure als einzigem erkennbarem Inhaltsstoff. Ein Chemotyp mit Didymsäure (s. KÜMMERLING 1991) wurde im Untersuchungsgebiet nicht gefunden. *Cl. macilenta* teilt sich auf in einen Chemotyp I mit und einen Chemotyp II ohne Thamnolsäure. Chemotyp II ist nur aufgrund der feinstaubigen Podetien von der ssp. *floerkeana* zu trennen.

Innerhalb der Sippe *Cl. furcata* ssp. *furcata* tritt in der Regel nur Fumarprotocetrarsäure auf. Die aus der Literatur bekannten Chemotypen mit Psoromsäure und Atranorin (BARENDREGT et al. 1982, HUOVINEN et al. 1990, PAUS 1997, FISCHER & GÜNZL 2003) kommen im Untersuchungsgebiet nicht vor. Lediglich zwei Proben enthalten außer Fumarprotocetrarsäure noch eine weitere, mittels DC nicht näher identifizierbare Substanz.

Die Proben der *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* enthalten außer Fumarprotocetrarsäure noch Atranorin. In 7 Thalli der ssp. *subrangiformis* tritt ein weiterer, jedoch mit der DC ebenfalls nicht näher bestimmbarer Stoff auf.

G Morphologische und anatomische Variabilität von *Cladonia furcata*

„Wer eine Art genau auch in der Natur studiert, findet sie gewöhnlich so plastisch, dass es sinnlos oder geradezu unrichtig wäre, systematisch kleine Einheiten innerhalb derselben aufzustellen. Aber vielfach bedenkt man nicht, dass die Flechten lebende Organismen sind, sondern behandelt sie wie Briefmarken oder Knöpfe, denen man wegen zufällig entstandener Schäden verschiedene Namen beilegt. Hiermit will ich keineswegs behaupten, dass es sich nicht lohne, die Variationsamplitude einer Art zu studieren. Im Gegenteil! Solche Untersuchungen sind oft sehr interessant und fruchtbringend, allerdings mehr vom ökologischen als vom systematischen Gesichtspunkt aus.“ (DEGELIUS 1939:103)

1 Methoden

1.1 Wuchsformen-Untersuchungen

1.1.1 Probenahme und untersuchte Merkmale

Das Ziel der morphologischen Untersuchungen ist, die Variabilität von *Cladonia furcata* ssp. *furcata* anhand möglichst vieler Merkmale zu erfassen und Abhängigkeiten der Merkmale untereinander bzw. von Standortfaktoren aufzuzeigen. Zu diesem Zweck wurden stichprobenhaft über den gesamten Untersuchungsraum verteilt, an verschiedenen Flechtenwuchsorten insgesamt 65 Polster gesammelt. Die Polster wurden zufällig aus der Flechtenvegetation herausgegriffen. Innerhalb jedes Polsters wurden maximal 10 zufällig ausgewählte Podetien, von der Basis an herausgetrennt (insgesamt 623 Podetien) und bei diesen 16 Merkmale protokolliert. Die Messungen und Merkmalsbestimmungen erfolgten an den Podetien, soweit nicht anders angegeben, in feuchtem Zustand unter dem Binokular. Die Beschreibung der Podetien umfaßt folgende Merkmale (s. Abb. 27):

1. Lagerfarbe und Farbe der Apothecien in trockenem Zustand bei Tageslicht
2. Vorhandensein oder Fehlen von Pyknidien (Py)
3. Anzahl Apothecien (AA)
4. Maximale Größe der Apothecien (GA)
5. Podetienlänge in mm (PL): gemessen in gestrecktem Zustand.
6. Maximaler Podetiendurchmesser in mm (PD): gemessen an der dicksten Stelle, jedoch nicht unmittelbar unter Verzweigungen, da sich die Podetien dort in der Regel trompetenartig erweitern.
7. Anzahl Schuppen (=Phylloide; vgl. ULLRICH 1954, SEMBDNER 1957/58) pro Podetium (AS). Es zählen nur deutlich flächige, nicht aber warzenähnliche Gebilde.
8. Maximale Größe der Schuppen (GS) in mm: längster Durchmesser der größten Schuppe.

9. Anzahl der Verzweigungen (ZV): Gehen auf einer „Ebene“ mehrere Äste ab, werden sie als eine Verzweigung gezählt. Als Verzweigung zählen nur Äste, die annähernd halb so dick bis so dick wie der Hauptast sind oder dünner, dann jedoch länger als 5 mm.
10. Fibrillen (Fi): Kategorien: fehlend bis max. 5; wenige; zahlreiche. Die Bezeichnung Fibrille ist im allgemeinen für kurze, meist waagrecht abstehende Seitenäste von Bartflechten gebräuchlich (WIRTH 1995), wird wegen der Ähnlichkeit der im Vergleich zu den Seitenzweigen kurzen und dünnen Auswüchse hier jedoch auch bei der Gattung *Cladonia* verwendet.
11. Zweige am Podetienende (ZP): Anzahl Verzweigungen im Bereich der letzten 5 mm einer Podetien Spitze. Bei fruchtenden Exemplaren gilt als Ästchen, wenn ein Apothecium deutlich gestielt ist.
12. Weitere Podetienmerkmale: geschlitzt; offen (rinnig); rund (Mehrfachnennungen möglich).
13. Pigmentierung (Pi) (an der dunkelsten Stelle), eingeteilt in 3 Kategorien: ohne sichtbare Pigmentierung; leichte Bräunung; stark gebräunt.
14. Deckung der Algenschicht (Al): Ausdehnung der Algenschicht in % der Podetienoberfläche. 4 Kategorien: - 25 %; - 50 %; - 75 %; > 75 %.
15. Anzahl Grundschuppen: fehlend/rar oder reichlich.

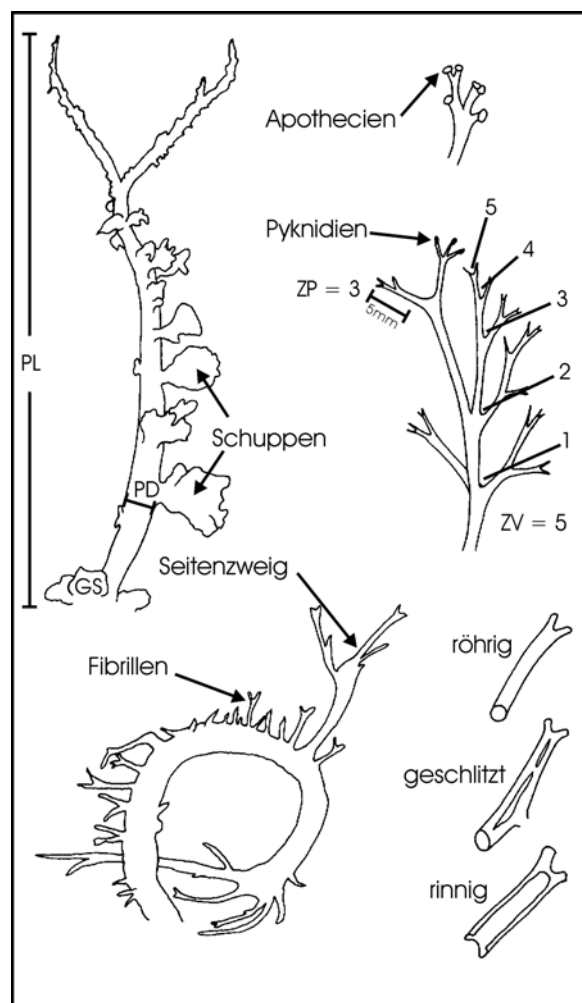


Abb. 27: Skizzen der untersuchten morphologischen Merkmale (Abkürzungen s. Text).

Abb. 28 zeigt, welchen Meßtischblattquadranten und welchen Erdflechtengesellschaften die untersuchten *Cladonia furcata*-Proben entnommen wurden. Etwas außerhalb des eigentlichen Untersuchungsgebietes liegen die ebenfalls beprobten Heideflächen im Gladenbacher Bergland (MTB 5316).

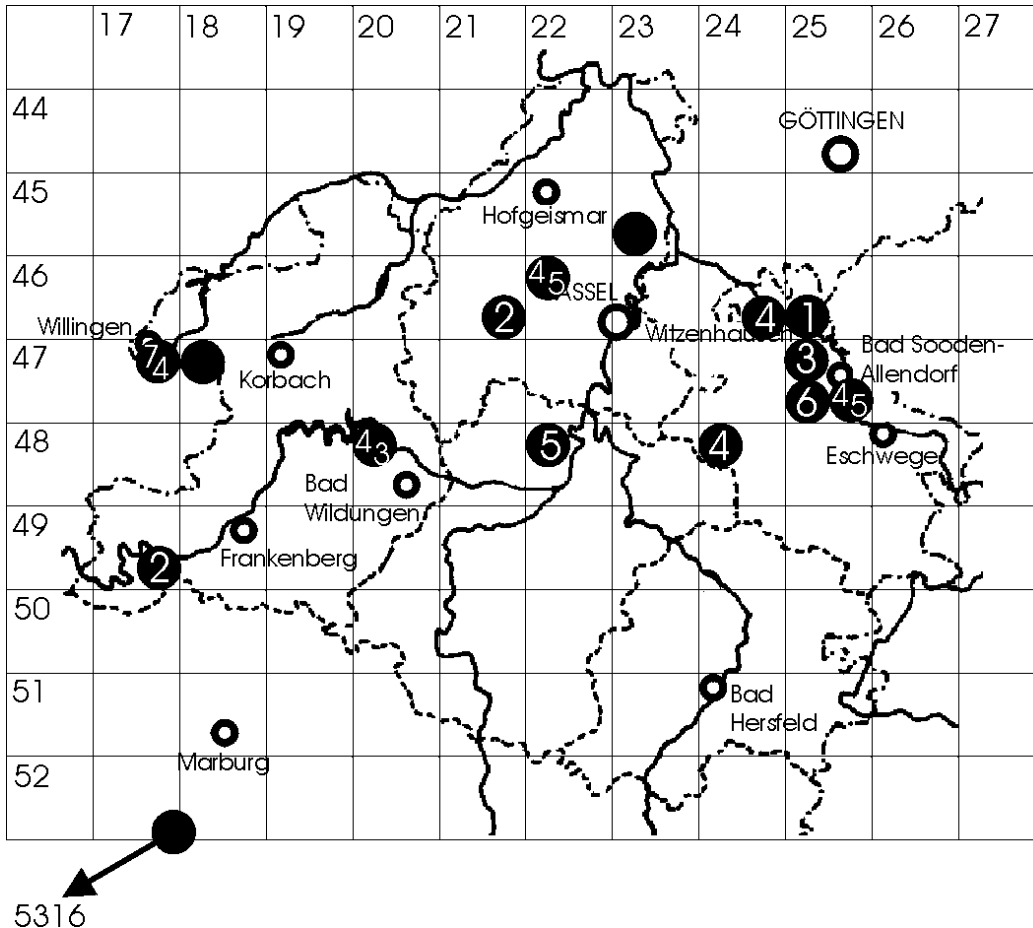


Abb. 28: Herkunftsorte der morphologisch untersuchten *Cladonia furcata*-Proben, angegeben auf Quadrantenbasis der MTB (TK 25). Die Zahlen bezeichnen die Gesellschaften, denen die Proben entstammen.

Es bedeuten:

- 1 *Cladonia cervicornis*-*Baeomycion*-Fragmentgesellschaft
- 2 *Cladonietum mitis cladonietosum merochlorophaeae*
- 3 *Cladonietum mitis typicum*, *Cladonia rangiferina*-Variante
- 4 *Cladonia furcata*-*Cladonion arbusculae*-Fragmentgesellschaft
- 5 *Cladonietum foliaceae*
- 6 *Cladonia floerkeana*-*Cladonion rei*-Fragmentgesellschaft
- 7 *Cladonietum rei*, *Cladonia floerkeana*-Ausbildung

Ohne Nummer: nicht vegetationskundlich bearbeitete *Cladonia furcata*-Bestände.

Zu jedem Polster wurde zudem eine Kurzbeschreibung des Wuchs- und Standortes angefertigt, die neben geographischen Daten auch Angaben zu Exposition, Inklination, Begleitvegetation, Lichtverhältnissen, Feuchtigkeitsverhältnissen, Windverhältnissen, Bodenmerkmalen sowie Nutzungs- und Störeinflüssen beinhaltet. Anhand dieser Angaben erfolgte eine Zuordnung der Standorte zu 5 Standorttypen (s. Belegliste im Anhang 1). Die Standorttypen werden hier in der Reihenfolge zunehmender Feuchte und Beschattung beschrieben:

- **„Felsen“** (F): sonnige, exponierte, sehr trockene Felskuppen oder felsige Hänge (z.B. Maderstein, Dörnberg, Michelskopf).
- **„Heiden“** (H): trockene, sonnige, offene Stellen in Zwergstrauchheiden in niederschlagsärmeren Regionen der tieferen Lagen (z.B. Battenfelder Driescher).
- **„Waldränder“** (R): leicht beschattete, trockene Standorte in Waldrandlagen, etwa Wegböschungen in lichten Eichenwäldern (z.B. Roßkopf, Zeche Glimmerode).
- **„Berglagen“** (B): exponierte Berglagen über 700 m. ü. NN, geprägt durch hohe mittlere Jahresniederschläge. Leichte Beschattung der Flechten z.B. durch *Calluna vulgaris* (z.B. Ettelsberg bei Willingen, Meißner).
- **„Wälder“** (W): stärker beschattete Stellen innerhalb der Eichenwälder (Roßkopf, Mühlecke am Edersee).

Darüber hinaus erfolgte eine Einstufung in 3 Kategorien nach der Schwere der mechanischen Einwirkungen auf die Flechten am Standort:

- sehr geringe mechanische Einwirkung
- mäßig starke mechanische Einwirkung
- sehr starke mechanische Einwirkung

Es werden bei dieser Einstufung nur die längerfristigen oder stets wiederkehrenden Störungen, wie Beweidung oder regelmäßiger Tritt durch Spaziergänger berücksichtigt. In der Vergangenheit aufgetretene, einmalige oder seltene Störereignisse können dabei jedoch unerkannt bleiben. Dies ist bei der Diskussion der Ergebnisse zu beachten.

1.1.2 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Statistik-Computerprogramm (Add-In) WinSTAT für Excel, Version 2001.1.

a) Abhängigkeiten der Podetienmerkmale von den Standortbedingungen

Als Untersuchungseinheiten wurden die Flechtenpolster bestimmt (die aus demselben Polster entnommenen Podetien sind als abhängig zu betrachten). Die Werte der einzelnen Podetien eines Polsters mußten deshalb gemittelt werden. Da die Polster zufällig an den Flechtenstandorten entnommen wurden, sind die daran ermittelten Daten als statistisch unabhängig aufzufassen. Die Überprüfung der Daten auf signifikante Unterschiede erfolgte mit dem U-Test (Mann-Whitney), der ein nicht-parametrisches Verfahren darstellt. Damit läßt sich der U-Test unabhängig von der Verteilungsart anwenden (im vorliegenden Fall sind nicht alle Daten normalverteilt). Für jedes Podetienmerkmal wurden die Standorttypen jeweils paarweise mit dem U-Test verglichen. Die Ergebnisse werden als signifikant betrachtet, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit $p \leq 0,05$ beträgt.

Bei der graphischen Darstellung dieser Ergebnisse werden der arithmetische Durchschnitt sowie die Standardabweichung (zur Charakterisierung der Variabilität der Daten) in Form zweier Fehlerbalken angegeben. Mittelwerte und

Standardabweichungen sollen lediglich der Beschreibung der Daten dienen, sie wurden nicht für die statistischen Berechnungen verwendet. Unter den Bezeichnungen für die Standorttypen (F, H, R, B, W) sind mit Buchstaben jeweils die Ergebnisse des U-Tests angegeben; verschiedene Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede. In den Tabellen wird bei den mit dem Exponent „a“ versehenen Werten das Signifikanzniveau für den jeweiligen Paarvergleich angegeben.

b) Abhängigkeiten bzw. Korrelationen der Podetienmerkmale untereinander

Die Überprüfung der Daten auf signifikante Unterschiede erfolgte immer dann mit dem U-Test, wenn metrische Daten von Merkmalen mit den in Kategorien eingeteilten Merkmalen (Nominal- und Ordinalskalen) verglichen wurden. Letzteres sind die Merkmale „Apothecien bzw. Pyknidien vorhanden oder fehlend“, „Grad der Fibrillenbildung“, „Grad der Pigmentierung“ sowie „Ausdehnung der Algenschicht“. Die Ergebnisse werden wiederum als signifikant betrachtet, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit $p \leq 0,05$ beträgt. Hierbei, wie auch bei der Korrelationsanalyse, konnten die Werte der einzelnen Podetien in die Berechnung eingehen, da die Fragestellung in diesem Fall lautet, in welchem Maße an einem Podetium Änderungen zweier Variablen (morphologischer Merkmale) miteinander verknüpft sind bzw. voneinander abhängen.

Eine Spearman Korrelationsanalyse wurde beim Vergleich ausschließlich der metrischen Daten durchgeführt. Bei dem verwendeten Spearmanschen Rangkorrelationskoeffizienten (r_s) müssen die Daten in eine logische Rangfolge eingeordnet werden können und die Beziehung zwischen den Variablen muß monoton zu- oder abnehmen. Eine Normalverteilung der Daten ist nicht Voraussetzung. Der Wert von r_s kann zwischen -1 (perfekte negative Korrelation) und +1 (perfekte positive Korrelation) variieren (BÄRLOCHER 1999, BORTZ et al. 1990). Neben der Berechnung der Korrelationskoeffizienten wird als Resultat von WinSTAT auch ein Wert für deren einseitige Signifikanz (p) ausgegeben. Dieser Wert gibt die Wahrscheinlichkeit dafür an, daß der beobachtete Korrelationskoeffizient zustande kommt, auch wenn die Grundgesamtheiten der Zufallsvariablen unabhängig sind, also nicht korrelieren, was der Nullhypothese entspricht. Eine Signifikanz kleiner als die festgelegte Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 0,05$ führt zur Ablehnung dieser Nullhypothese.

1.2 Verpflanzungsversuche

1.2.1 Standortwahl

Die Verpflanzungsversuche erforderten mindestens zwei Standorte, die sich nur bezüglich ihrer mikroklimatischen Verhältnisse, nicht jedoch in ihrer Geologie, ihrer Phanerogamenvegetation und ihrem Makroklima unterscheiden. Diese Bedingungen erfüllen die 3 Flächen am Roßkopf (MTB 4725), die in unmittelbarer Nachbarschaft zueinander angelegt wurden, also dem gleichen Makroklima unterliegen. Das Ausgangsgestein am Roßkopf ist Grauwacke, bei der Phanerogamenvegetation handelt es sich um ein *Luzulo-Quercetum*. Der Ah-Horizont an den Standorten ist nur wenige cm mächtig. Anfallende Streu wird aufgrund der exponierten Lage vom Wind weg geweht. Alle Versuchsflächen weisen etwa die gleiche Inklination ($\sim 10^\circ$) und Exposition (WSW) auf und liegen in 330 bis 335 m ü. NN. Die **Versuchsflächen R1 und R2** befinden sich innerhalb des *Luzulo-Quercetum*. Kennzeichnend für beide Flächen ist eine mäßige bis deutliche Beschattung durch die Eichenkronen. In der Kryptogamenvegetation dominieren Moose (v.a. *Dicranum scoparium*) und *Cladonia furcata* ssp. *furcata*. Die **Versuchsfläche R3** liegt etwas oberhalb von R1 und R2, an einem Waldrand des *Luzulo-Quercetum*, rund einen Meter neben einem Weg gelegen (s. Taf. 5 im Anhang 2 und Abb. 20 auf S. 59). Gegen Norden wird sie durch einige Eichen abgeschirmt, nach Süden hin ist sie jedoch über Mittag der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Eine Beschattung durch die gegenüber stehenden Bäume setzt gegen Nachmittag ein. Die Kryptogamenvegetation wird von diversen Cladonien (u.a. *Cl. portentosa* und *Cl. gracilis*) dominiert. Der Standort sollte für *Cl. furcata* ssp. *furcata* geeignet sein, auch wenn die Art dort nur in Form eines kümmerlich entwickelten Polsters nachgewiesen werden konnte.

Ergänzend zu den Flächen am Roßkopf wurde eine weitere Fläche im Niestetal (MTB 4724) angelegt. Beide Gebiete liegen in Luftlinie nur wenige Kilometer auseinander und sind bezüglich des Makroklimas recht ähnlich. Die **Versuchsfläche N1** weist eine Inklination von 5° auf, ist südwest-exponiert, liegt an einem Waldrand und wird im Norden durch Fichten abgeschirmt. Durch den im Süden angrenzenden breiten Weg bedingt, ist sie mitunter starker Sonneneinstrahlung ausgesetzt und damit bezüglich der mikroklimatischen Verhältnisse der Versuchsfläche R3 ähnlich. Ausgangsgestein ist der Mittlere Buntsandstein. Der Boden wird von einer dicken Streuschicht bedeckt, die überwiegend aus Fichtennadeln besteht. Auffälligste Kryptogamenart am Standort ist *Cladonia subulata*, umgeben von *Calluna vulgaris*.

Bei der Auswertung werden in erster Linie die Daten der beiden Standorte am Roßkopf berücksichtigt, da dort auch Mikroklima-Messungen (s. Kap. G1.2.3) durchgeführt wurden. Die Daten der Fläche N1 werden zum Vergleich herangezogen.

1.2.2 Auswahl der Flechten-Polster und Bearbeitung der Podetien

Der Verpflanzungsversuch wurde mit der Strauchflechte *Cladonia furcata* ssp. *furcata* durchgeführt. Die Art ist ungeschützt und im Gebiet häufig, so daß ausreichend Ausgangsmaterial für den Versuch zur Verfügung stand. Die verwendeten Polster wurden nach 3 Kriterien ausgewählt (s. auch Abb. 29):

1. Wenig bis nicht pigmentierte Polster eines beschatteten Standortes: *Luzulo-Quercetum*, Mühlecke am Edersee. Jede Versuchsfläche enthielt eines dieser Polster (Probe-Nummern I bis III). Die Proben Ia und Ib entstammen einem gemeinsamen großen Polster.
2. Stärker pigmentierte Polster eines besonnten Standortes: *Festuca ovina*-Bestand, Waldrand, ehemalige Zeche Glimmerode. In die Versuchsflächen R1 und N1 wurde je eine, in die Versuchsflächen R2 und R3 je zwei Proben aus Glimmerode gepflanzt. Diese Proben tragen die Nummern VI bis XI.
3. Innerhalb der Versuchsflächen R1 und R2 kommt von Natur aus *Cladonia furcata* ssp. *furcata* vor. Um zu überprüfen, wie diese Polster an dem direkt benachbarten Standort R3, unter stärkerer Sonneneinstrahlung gedeihen, wurde ein Polster in R1 belassen und ein weiteres in R3 umgesetzt (Nr. IV und V).

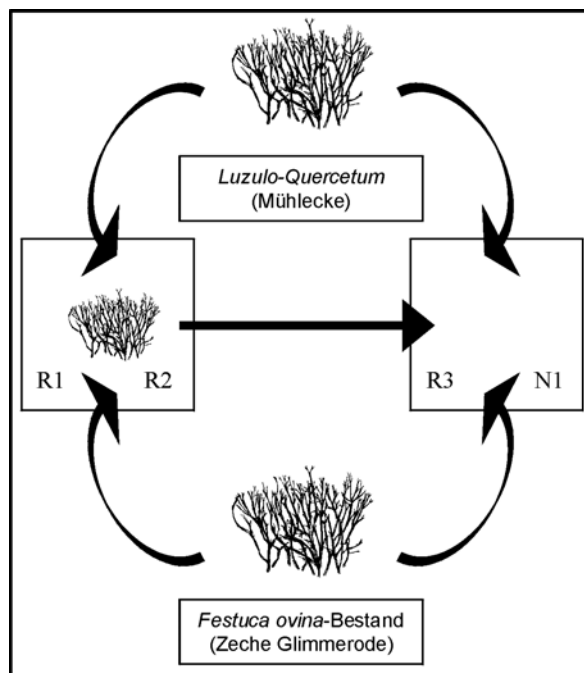


Abb. 29: Schema des Verpflanzungsversuches. R1 bis R3 und N1 bezeichnen die Versuchsflächen.

Alle Podetien, an denen die Zuwachsmessungen durchgeführt wurden, waren vital, zeigten keine Anzeichen von Fruchtkörper- oder Pyknidienbildung und wiesen zudem eine dichotome Verzweigung auf. Innerhalb der Polster wurden je nach Polstergröße zwischen 5 und 20 Podetien ausgewählt und mit rotem Polyester-Faden markiert:

Polster I-III, VI, IX:	20 Podetien
Polster IV, V:	10 Podetien
Polster VII, X:	15 Podetien
Polster VIII, XI:	5 Podetien

Die Messungen erfolgten an den dichotom verzweigten Podetienspitzen, nach Besprühen mit Wasser und fünfminütigem Warten, in feuchtem Zustand. Gemessen wurden mit Hilfe eines Reißzirkels bzw. Binokulars (mit Meßokular) jeweils die Längen der Spitzen von der obersten Verzweigung ab (s. VAGTS et al. 1994). Jedes dieser Podetien erhielt eine Nummer. Der Polsterumriß sowie die Anordnung der Podetien innerhalb der Polster wurden auf Folie abgezeichnet, um die ausgemessenen Podetien nach Versuchsende wieder lokalisieren und ihren Zuwachs bestimmen zu können. Zusätzlich wurden Podetienbündel aus je 10 mit Polyesterfaden zusammengebundenen Podetien angefertigt (s. VAGTS et al. 1994) und in den Flächen ausgelegt, um die Regeneration der Podetien zu beobachten. Das Ausgangsmaterial hierfür stammte von der Mühlecke/Edersee. Die Bündel erhielten die Bezeichnung p1-4. Die ausgemessenen Polster und Podetienbündel wurden mit Polyethylen-Haken im Boden verankert und durch Holzgatter (s. Taf. 5.1 im Anhang 2) vor Wildtieren geschützt. Die Gatter wurden so konstruiert und verankert, daß sie allenfalls eine geringe Beschattung der Proben verursachten und die Polster in ihrer Entwicklung nicht beeinflussten. Im Einzelnen ergab sich für die Versuchsflächen folgende Proben-Belegung:

R1: Ia ¹ , IV ¹ , VI ² , p1 ¹	¹ Ausspflanzung 28.06.2002
R2: II ¹ , VII ² , VIII ² , p2 ¹	² Ausspflanzung 14.08.2002
R3: III ¹ , V ¹ , X ² , XI ² , p3 ¹	
N1: Ib ¹ , IX ² , p4 ¹	

Bei der Verteilung der Polster auf die Versuchsflächen wurde darauf geachtet, daß sich in jedem der 0,25 m² großen Gatter von jedem Ausgangsgebiet (Mühlecke, Glimmerode, Roßkopf) etwa gleich viele markierte Podetien befanden.

1.2.3 Mikroklima-Messungen

Um die beiden Roßkopf-Standorte etwas genauer charakterisieren zu können, wurden exemplarisch an einem Sommertag Mikroklima-Messungen durchgeführt. Die Messungen im Hochsommer zeigen einige Extreme des Mikroklimas, denen die Flechten an beiden Standorten ausgesetzt sind und erlauben Aussagen darüber, inwiefern die Thalli auch im Wald ungünstige Bedingungen bezüglich Temperatur und Feuchtigkeit ertragen müssen. Die Faktoren Licht und Lufttemperatur am Flechtenstandort sowie Thallustemperatur und Thallusfeuchte der Cladonien (angegeben als Wassergehalt in % des Trockengewichtes) wurden mit einem eigens für Flechten konstruierten tragbaren Meßgerät ermittelt. Eine genaue Beschreibung der Meßapparatur findet sich bei SCHUSTER et al. (1982/2002). Die Lichtintensität wurde nicht in der heute meist gebräuchlichen Einheit $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ oder als relativer Lichtgenuß in %, sondern in Lux gemessen, um die Daten mit denen anderer Arbeiten vergleichen zu können, bei denen die gleichen Meßgeräte verwendet wurden (z.B. SCHÖLLER 1991). Die Bestimmung der Evaporation in 2 cm Höhe erfolgte mit Piche-Evaporimetern mit grünen Filterpapierscheiben von 3 cm Durchmesser. Die Windgeschwindigkeit in 10 cm über der Bodenoberfläche konnte jeweils an einem Schalenkreuzanemometer abgelesen werden. Die relative Luftfeuchte wurde mit Aspirationspsychrometern (nach Assmann) bestimmt. Das Ablesen der Werte erfolgte von 6.15 Uhr bis 20.00 Uhr, mit Ausnahme der ersten Messung in 30-minütigem-Rhythmus.

2 Einführung: Varietäten und Formen

Die Untergliederung von *Cladonia furcata* in der Literatur des 20. Jahrhunderts

Bei kaum einer anderen Flechtenart finden sich in der Literatur derartig viele Untereinheiten innerhalb einer Spezies wie bei *Cladonia furcata* ssp. *furcata*. Die zahlreichen Varietäten und Formen werden aufgrund morphologischer Merkmale aufgestellt. Bevor in Kap. G3 die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen dargestellt werden, gibt dieses Kapitel einen Überblick über die verschiedenen Varietäten und Formen sowie deren kennzeichnende Merkmale. Die Frage nach dem Sinn solcher Untereinheiten wird in Kap. I1 diskutiert.

Bei der Zusammenstellung der Varietäten und Formen von *Cladonia furcata* wurden die *furcata*-ähnlichen, aber sorediösen Formen von *Cl. scabriuscula* nicht berücksichtigt. Es soll an dieser Stelle nur erwähnt werden, daß sie teilweise als var. *scabriuscula* zu *Cl. furcata* gestellt wurden (siehe z.B. LETTAU 1955, HENNIPMANN 1978). Jedoch haben schon ANDERS (1928) und SANDSTEDE (1931) *Cl. scabriuscula* als eigene Art aufgeführt. In die nachfolgenden Auswertungen wurden zahlreiche Literaturangaben überwiegend aus dem 20. Jahrhundert sowie einige Angaben aus dem Internet einbezogen (z.B. FEUERER 2003). Obwohl auf diese Weise eine lange Liste an Varietäten und Formen von *Cl. furcata* zusammengetragen wurde, erhebt diese keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da sie in erster Linie Literatur des deutschsprachigen Raumes berücksichtigt.

2.1 *Cladonia furcata* ssp. *furcata*

In der aufgeführten Literatur finden sich zahlreiche Varietäten, von denen jedoch nur 3 für das Untersuchungsgebiet von Bedeutung sind:

- var. *racemosa* (= var. *furcata*)
- var. *pinnata*
- var. *palamaea*

Nachfolgend sollen die Aussagen der verschiedenen Autoren über diese 3 Varietäten zusammenfassend dargestellt werden. Namen und Literaturquellen der anderen Varietäten sind Tab. 31 zu entnehmen.

2.1.1 Die Varietät *racemosa* (= *furcata*)

Die Angaben über den Grad der Beschuppung (= Beblätterung) weichen bei den verschiedenen Autoren teilweise deutlich voneinander ab. Während HILLMANN & GRUMMANN (1957) sie als nicht beblättert bezeichnen, gestehen ihr BRITZELMAYR (1904), ANDERS (1928) und ERICHSEN (1957) wenige Schuppen zu. KLEMENT (1952) zählt dagegen sowohl fast schuppenfreie als auch reich beschuppte Formen zur var. *racemosa*. SCHADE (1964) bemerkt zum Thema Beschuppung, daß die Fähigkeit zur Blättchenbildung zum Wesen der gesamten var. *furcata* (wie der *Cladonia furcata* überhaupt) gehöre, das Fehlen oder Vorhandensein von Podetiumblättchen daher kein

taxonomisch wirksames Merkmal sein könne. In seiner Schilderung der charakteristischen Merkmale von *Cl. furcata* var. *racemosa* fehlen daher Angaben zur Beschuppung. Er beschreibt sie wie folgt: Podetien 10 bis 50 mm lang, 0,5 bis 2 mm dick, zusammenhängend grünlichgrau berindet, gegen das Ende der Zweige hin aber meist \pm fein weißscheckig, an sonnigen Orten \pm braun, meist spärlich bis dicht beblättert, an oft betretenen Stellen mit \pm zahlreichen dornig-hakigen Sprossen oder schon längeren Nachschüssen. Die Flanken der Podetien und ihrer Verzweigungen sind meist mehr oder weniger feinrissig. Besonders die fertilen sind oft breitklaffend aufgerissen.

2.1.2 Die Varietät *pinnata*

Die Varietät *pinnata* soll im Gegensatz zur var. *racemosa* bis oben \pm dicht beschuppt sein (FINK 1904, ANDERS 1928). Eine meist starke Beblätterung gehört auch bei SANDSTEDE (1931) und ERICHSEN (1957) zu ihren wichtigsten Erkennungsmerkmalen. SCHADE (1964) schreibt, die Beblätterung könne schwanken, sei aber offensichtlich auffälliger und etwas reichlicher als bei der var. *furcata*. Besonders fertile Zustände könnten aber auch fast blattlos sein. Weiterhin kennzeichnet er die Varietät folgendermaßen: die Podetien sind größer und kräftiger als bei der var. *furcata*, ca. 20 bis 120 mm lang und 0,9 bis 4 mm dick. Sie sind zusammenhängend dick und glatt berindet (wenigstens an den unteren Teilen der Podetien), glanzlos, grünlichgrau bis weißgrau, an den oberen Teilen oft ebenfalls weißscheckig, etwas gröber als bei der var. *furcata*, so besonders auf der Unterseite liegender Stämmchen. Dornig-hakige Sprosse treten weniger häufig auf, dagegen kommen aber zahlreiche kleinere bis klaffend breite Risse besonders in den Fruchtständen vor. Seitliche Risse fehlen kaum einem Podetium. An den ältesten Stücken ist die Varietät unten häufig grob querrissig oder faltig bis netzartig runzelig. Doch durchdringen die Risse nicht die ganze Podetienwand wie bei der var. *furcata*. Die Rißränder rollen sich nicht nach innen, sondern krepeln sich ab und zu nach außen schwach empor. Die Rindenfelder können sich ganz ablösen oder auf dem Mark wie Inseln sitzen bleiben.

BRITZELMAYR (1904) ordnet die var. *pinnata* nicht als eigenständige Varietät ein, sondern als beschuppte Form der var. *racemosa* („var. *racemosa* f. *squamulosa*“).

2.1.3 Die Varietät *palamaea*

Die Varietät *palamaea* ist bei den meisten Autoren nur unbefriedigend gegen die anderen Varietäten abgegrenzt. Meist wird auf die braune bis dunkelbraune Färbung verwiesen. So schreiben HILLMANN & GRUMMANN (1957) die var. *palamaea* sei von der var. *racemosa* f. *furcatosubulata* nur durch die kräftig braune Farbe unterschieden. Auch ERICHSEN (1957) berichtet, daß umgekehrt die var. *racemosa* im Gegensatz zur var. *palamaea* allenfalls in der Sonne hellbräunlich ist. Er nennt, ebenso wie ANDERS (1928), als weiteres Merkmal der var. *palamaea* das glänzende Aussehen der Podetien. SANDSTEDE (1922, 1931) bezeichnet sie zudem als meist sparrig gewachsen und häufig mit vielen dornig-hakigen Nebenästen versehen. SCHADE (1964) spricht sich gegen eine Varietät *palamaea* aus. Die dornig-pfriemlichen Nebenäste (von ihm als *teras spinosum*

bezeichnet) seien nicht als Forma oder Varietät, sondern lediglich als eine Modifikation anzusehen. Zudem könnten weder die braune Farbe noch die vielen dornig-hakigen Nebenäste als der var. *palamaea* allein zukommende Merkmale gelten. In SCHADES Beschreibung der var. *racemosa* (s.o.) taucht das Merkmal „dornig-hakige Sprosse“ ebenfalls auf. Alle als var. *palamaea* beschriebenen Thalli sind demnach lediglich Modifikationen der var. *furcata* oder var. *pinnata*. GRUMMANN stuft in seinem *Catalogus Lichenum Germaniae* von 1963 solche Exemplare nur als Forma ein („var. *furcata* f. *palamaea*“).

Zweifel an der Eigenständigkeit der Varietät *palamaea* lassen auch die Aussagen von SANDSTEDE (1931) aufkommen: „Die v. *palamaea* hält mit *racemosa* enge Fühlung, sie ist die sonnenständige Pflanze, daher ihre braune Färbung, ihre f. *subulata* Floerk. (...) ist die heller gefärbte Schattenpflanze. Man weiß wirklich nicht, wo die Grenzen liegen“ (SANDSTEDE 1931: 199) und „Es [die var. *palamaea*] ist die Form, wie sie von der *furcato-subulata* Hoffm., Wain. 327 bzw. *subulata* Floerk. 143 angenommen wird, wenn sie in einzelnen Rasen frei wächst“ (SANDSTEDE 1922: 163). Auch dies rechtfertigt wohl eher die Einstufung als Modifikation (s. Kap. II), denn als Varietät, scheint sie doch den Angaben von ANDERS (1928), KLEMENT (1952) und HILLMANN & GRUMMANN (1957) zufolge tatsächlich stets an sonnigen Standorten vorzukommen.

2.1.4 Die Formen der Varietäten

a) Fruchtende Formen

Der fertile Zustand der var. *racemosa*, mit schirmförmigen Fruchtständen, wird von BRITZELMAYR (1904), SANDSTEDE (1931) und ERICHSEN (1957) als **f. *corymbosa*** beschrieben. Doch scheint sich SANDSTEDE (1931) über die Benennung im Unklaren gewesen zu sein, da er in der selben Arbeit an anderer Stelle von der **m. *corymbosa*** spricht. Auch in SANDSTEDE (1922) und ANDERS (1928) werden diese fruchtenden Exemplare lediglich als „Modificatio“ eingeordnet und von ANDERS zur Forma *furcato-subulata* gestellt („f. *furcato-subulata* m. *corymbosa*“). Fruchtende Podetien können innerhalb der Varietät *racemosa* auch bei anderen Formen auftreten, so bei der **f. *racemosella*** (SANDSTEDE 1931) mit einseitwendig übergebogenen Lagerstielen, bei der **f. *crispatella*** (SANDSTEDE 1931) mit dornig-pfriemlichen Nebenästen und kleinen, trugdoldigen Fruchtständen und bei der **f. *arbuscula*** (SANDSTEDE 1931, ERICHSEN 1957) mit ausgebreiteten, fruchtenden Podetien. Bei ANDERS (1928) wird letztere als „f. *furcatosubulata* m. *arbuscula*“ eingeordnet.

Innerhalb der var. *pinnata* stellt die **f. *truncata*** den fertilen Zustand dar (FINK 1904, ANDERS 1928, SANDSTEDE 1931). Sie entspricht nach SANDSTEDE (1931) der **f. *corymbosa*** der var. *racemosa*. Apothecien treten aber auch bei der **f. *abbreviata*** (SANDSTEDE 1931) mit kurzen, derben Lagerstielen, bei der beblätterten **f. *foliolosa*** (ANDERS 1928), bei der hochwüchsigen **f. *regalis*** (SANDSTEDE 1931) und bei der *truncata*-ähnlichen **f. *intermedia*** auf. Letztere wird lediglich von SANDSTEDE (1931) erwähnt und nur aufgrund der Fruchtkörper von der **f. *foliolosa*** der var. *pinnata* unterschieden.

VERSEGHY (1987/88) nennt als fruchtende Formen bei der Varietät *pinnata* die *f. foliolosa*, *f. intermedia* und *f. truncata* sowie bei der Varietät *racemosa* die *f. arbuscula* und *f. corymbosa*. Sie wertet alle diese Formen als phänologische Stadien, deren systematischer Wert umstritten sei. Dies trifft auch für die *f. regalis* der Varietät *pinnata* zu, die VERSEGHY als ökologische Modifikation einordnet, ohne Angaben über Auftreten oder Fehlen von Fruchtkörpern zu machen.

SCHADE (1964) hält dagegen ganz allgemein ein besonderes Taxon für den fertilen Zustand für überflüssig und schlägt statt dessen vor, den fertilen Zustand mit dem Kürzel „fert.“ zu kennzeichnen.

b) Auffallend beschuppte Formen

Formen, deren einziges kennzeichnendes Merkmal die auffallende Beschuppung ist, tauchen in allen 3 Varietäten auf. Innerhalb der var. *racemosa* ist dies die *f. squamulifera* (SANDSTEDE 1931), die allerdings von SCHADE (1964) als **modificatio squamulifera** herabgestuft wird, da die Beblätterung auf keine Varietät oder Form beschränkt sei. Die *f. foliolosa* der var. *pinnata* (z.B. SANDSTEDE 1931) und die *f. rigidula* der var. *palamaea* (ANDERS 1928; SANDSTEDE 1931, ERICHSEN 1957), stellen ebenfalls lediglich den beblätterten Zustand der jeweiligen Varietät dar.

Die beschuppte var. *racemosa* *f. squamulosa* von BRITZELMAYR (1904) ist, wie oben bereits erwähnt, mit der Varietät *pinnata* gleichzusetzen.

c) Formen mit dornig-pfriemlichen Nebenästen

In allen 3 Varietäten treten Formen mit dornig-pfriemlichen Nebenästen auf. SCHADE (1964) bezeichnet solche als *teras spinosum* und hält z.B. die von SANDSTEDE (1931) beschriebene var. *racemosa* *f. crispatella* lediglich für eine Modifikation. Eine entsprechende Form bei der Varietät *pinnata* ist die *f. recurva* (ANDERS 1928, SANDSTEDE 1931, ERICHSEN 1957), nach SCHADE (1964) ebenfalls lediglich ein *teras spinosum*. Sie wird von SANDSTEDE (1922) als *Modificatio* zur var. *racemosa* gestellt („var. *racemosa* **m. recurva**“). KLEMENT (1952) hält sie für eine durch Trittwirkung geschädigte Form, ordnet sie allerdings als Form und nicht als Modifikation der var. *racemosa* zu.

Die var. *palamaea* an sich gilt bei SANDSTEDE (1922/1931) als meist sparrig gewachsen und häufig mit vielen dornig-hakigen Nebenästen versehen (s.o.). Bei einigen ihrer Formen wird jedoch dieses Merkmal nochmals explizit in den Vordergrund gestellt. Als hakenförmig gekrümmt bezeichnen beispielsweise ANDERS (1928) und ERICHSEN (1957) die *f. spadicea*, welche SCHADE (1964) lediglich als eine var. *pinnata* von betretenem Boden wertet. Ebenso wie die *f. simplex* (ERICHSEN 1957) soll die *f. implexa* wirr verzweigt sein (ANDERS 1928, SANDSTEDE 1931), sie wird von zwei Autoren nur als Modifikation eingestuft („**m. implexa**“; SCHADE 1964, SANDSTEDE 1922). Die *f. recurva* der var. *palamaea* (SANDSTEDE 1931) stellt nach SCHADE (1964) ein der gleichnamigen Forma der var. *pinnata* entsprechendes *teras spinosum* dar.

Legende zu Tab. 31 (folgende Seite):

+	beschrieben	1)-33)	siehe Fußnoten
o	nur erwähnt, ohne beschreibenden Text	p	phänologisches Stadium
-	nicht erwähnt	ö	ökologische Modifikation
?	Form wird angezweifelt	m	Einstufung nur als Modificatio
X	Varietät/Form wird abgelehnt	f	nur fertiler Zustand → „fert.“
		t	teras spinosum (vgl. S. 115)

- 1) a) = var. *furcata*; b) HENNIPMANN (1978), LANGE et al. (1998): var. *furcata*
- 2) ssp. *furcata* var. *racemosa*
- 3) Checklisten Argentinien, Venezuela, Mexiko, Marokko oder Tunesien in FEUERER (2003)
- 4) Alterszustand, der zur f. *fissa* gehört
- 5) Verweis auf *fissa* Flörke, *platystelis* Wallr. und *dilacerata-fissa* Coem.
- 6) zu var. *racemosa*? Erwähnt: *dilacerato-fissa* Coem. = *platystelis* Wallr.; *ventricosa* Aigr.
- 7) zu var. *racemosa*?
- 8) = *subulata* Floerk.
- 9) = f. *furcato-subulata* m. *corymbosa* (Ach.) Nyl.
- 10) = m. *corymbosa* (Ach.) Nyl., *cymosa* Flörke; *Cl. furcata* var. *racemosa* f. *corymbosa* = *corymbosa* Ach., Vain.
- 11) als *Cl. furcata* var. *corymbosa* aufgelistet (Checklisten Tunesien, Marokko, Mexiko in FEUERER 2003)
- 12) = f. *furcatosubulata* m. *arbuscula* Flörke
- 13) EVANS (1950): *Cladonia furcata* var. *racemosa* f. *prolifera* f. nov.
- 14) = *racemosa squamulosa* Schär.
- 15) ssp. *furcata* var. *pinnata*
- 16) = var. *racemosa* m. *foliosa* Del.?
- 17) PUCCINI et al. (2003): *Cl. furcata* *varieta foliosa* aus Italien
- 18) = var. *racemosa* m. *recurva* Floerk.
- 19) zu var. *racemosa*
- 20) syn. *furcata cymosa fissa*
- 21) = var. *racemosa* m. *regalis* Floerk.
- 22) erwähnt wird *Cl. furcata subulata* L.
- 23) = var. *racemosa* m. *subulata* Floerk. Erwähnt ohne genaue Zuordnung: m. *tenuior*, f. *truncata* und f. *gracilis*
- 24) = f. *palamaea* (Ach.) Nyl. der var. *furcata*
- 25) MÁZSA (1994): ssp. *furcata* var. *palamaea* (Ach.) Nyl.
- 26) aber auch: m. *implexa* Floerk. der var. *racemosa*?
- 27) *furcata spadicea* Fl. genannt
- 28) = zu var. *furcata* gehörend
- 29) *Cl. furcata syrtica* wird erwähnt
- 30) 2 Formen erwähnt: f. *abortiva* und f. *monstrosa*
- 31) f. *finkii* s. unter var. *paradoxa*
- 32) Checkliste Australien (in FEUERER 2003): var. *cancellata* Müll. Arg., Flora 65: 296 (1882), var. *gracillima* Müll. Arg., Flora 65: 296 (1882), var. *hians* Müll. Arg., Flora 65: 295 (1882), var. *notabilis* Müll. Arg., Flora 66: 18 (1883), var. *virgulata* Müll. Arg., Flora 66: 18 (1883). *Cl. furcata* f. *grandescens* Nyl. in Crombie (Checkliste Argentinien in FEUERER 2003)
- 33) Checkliste Bayern, darin folgende Angaben: var. *racemosa*; var. *racemosa* f. *squamulosa*; var. *subulata*; var. *subulata* f. *palamaea*; *Cl. furcata* f. *corymbosa*; *Cl. furcata* f. *subulata* ist *Cl. subulata*; *Cl. furcata* *alpha racemosa* * *spinulosa*; *Cl. furcata* *alpha racemosa* ** *squamulosa*; *Cl. furcata* *beta subulata* * *furcata*; *Cl. furcata* *beta subulata* ** *cymosa*; *Cl. furcata* *delta stricta*; *Cl. furcata* *gamma recurva*; *Cl. furcata* 1. *racemosa*; *Cl. furcata* 1. *racemosa* f. *squamulosa*; *Cl. furcata* 2. *subulata*.

* es wurden aus FLÖRKE (1828) lediglich die Bezeichnungen der Gestalttypen übernommen, ohne die systematische Einstufung zu beachten! Weitere in FLOERKE aufgeführte Bezeichnungen sind: *tenuissima*, *cymosa*, *blastica*, *surrecta* und *polyphylla*.

Tab. 31: Übersicht der Varietäten und Formen von *Cladonia furcata* ssp. *furcata*

	<i>Floerke</i> (1828)*	<i>Fink</i> (1904)	<i>Britzelmayr</i> (1904)	<i>Sandstede</i> (1922)	<i>Anders</i> (1928)	<i>Sandstede</i> (1931)	<i>Klement</i> (1952)	<i>Ericksen</i> (1957)	<i>Hillm. & Grumm.</i> (1957)	<i>Grumann</i> (1963)	<i>Schade</i> (1964)	<i>Verseghy</i> (1987/88)	<i>Flora Danica Online</i>	<i>Feurerer</i> (2003)	<i>Lettau</i> (1955)	sonstige Autoren
<u>var. racemosa</u> (Hoffm.) Flörke	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1a)	+	2)	o	3)	o	1b)
f. <i>divulsa</i> Klem.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	o	4)	-	-	-	-	-
f. <i>fissa</i> Flörke	+	-	+	5)	+	+,6)	o	+	+	-	X	-	-	-	o	-
f. <i>stricta</i> Ach.	-	-	-	-	+	+,7)	o	-	-	-	-	p	-	-	-	-
f. <i>racemosella</i> Flörke	-	-	-	m	-	+	-	+	-	-	X	-	-	-	-	-
f. <i>furcatosubulata</i> (Hoffm.) Vain.	-	-	-	m	+	8)	o	+	+	-	-	p	-	-	o	-
f. <i>squamulifera</i> Sandst.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	m	-	-	-	o	-
f. <i>flaccida</i> Sandst.	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
f. <i>corymbosa</i> (Ach.) Nyl.	-	-	+	m	9)	10)	o	+	+	-	f	p	-	11)	o	-
f. <i>crispata</i> Flörke	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	t	-	-	-	-	-
f. <i>arbuscula</i> Flörke	-	-	-	-	12)	+,7)	o	+	-	-	-	p	-	-	-	-
f. <i>prolifera</i> fo. nov.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13)
<u>var. pinnata</u> (Flörke) Vain.	-	+	14)	-	+	+	+	+	+	o	+	15)	-	3)	-	-
f. <i>abbreviata</i> Scriba	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	X	-	-	-	o	-
f. <i>foliolosa</i> Del.	-	-	-	16)	+	+	-	+	-	o	m	p	-	-	-	17)
f. <i>truncata</i> Flörke	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	f	p	-	-	o	-
f. <i>turgida</i> Scriba	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
f. <i>recurva</i> (Hoffm.) Flörke	+	-	-	18)	+	+	t,19)	+	-	-	t	-	-	-	-	-
f. <i>regalis</i> Flörke	+	-	20)	21)	+	+	-	-	-	o	f	ö	-	-	-	-
f. <i>intermedia</i> Kusan	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	f	p	-	-	-	-
f. <i>robusta</i> Kusan	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	X	ö	-	-	-	-
f. <i>subulata</i> Flörke	+	-	22)	23)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>var. palamaea</u> (Ach.) Nyl.	-	+	-	+	+	+	o	+	+	24)	t	-	-	3)	o	25)
f. <i>implexa</i> Flörke	+	-	o	m	+	+,26)	-	-	-	-	m,t	-	-	-	-	-
f. ? <i>subdecumbens</i>	-	-	o	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
f. <i>simplex</i> Flörke	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
f. <i>recurva</i> Flörke	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	t	-	-	-	-	-
f. <i>spadicea</i> (Ach.) Aigr.	+	-	27)	-	+	o	-	+	-	-	X	-	-	-	-	-
f. <i>rigidula</i> Mass.	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+,28)	m	-	-	-	-	-
f. <i>syrtica</i> Ohlert.	-	-	-	29)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	3)	-	-
f. <i>conspersa</i> Vain.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>var. paradoxa</u> Vain.	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	?	-	-	-	-	-
<u>var. tecta</u> Savicz.	-	-	-	-	-	+,30)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>var. finckii</u> Vain.	-	+	-	-	-	31)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>var. crispata</u>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	o	-	-	-
weitere Varietäten/Formen	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,33)	-	-

d) Alters- und Kümmerzustände

Alters- und Kümmerzustände von *Cladonia furcata* ssp. *furcata* können abweichende Thallusmerkmale aufweisen, aufgrund derer einige möglicherweise als eigene Formen eingestuft wurden. Alters- oder ökologisch bedingt kann beispielsweise die Bildung von seitlichen Rissen sein (SCHADE 1964), wie sie für die var. *racemosa* **f. fissa** (ANDERS 1928, SANDSTEDE 1931, ERICHSEN 1957) typisch sind. Die var. *racemosa* **f. divulsa** (KLEMENT 1952) sowie die var. *pinnata* **f. robusta** (SANDSTEDE 1931) hält SCHADE (1964) aufgrund ihres Erscheinungsbildes für Alters-, die var. *pinnata* **f. turgida** und **f. abbreviata** (SANDSTEDE 1931) für Kümmerzustände von *Cl. furcata*.

VERSEGHY (1987/88) stuft viele der von anderen Autoren aufgeführten Varietäten und Formen als phänologische Stadien oder ökologische Modifikation ein und zweifelt damit deren systematischen Wert an. So ist ihrer Meinung nach die **f. regalis** (var. *pinnata*) lediglich eine sehr gut entwickelte Flechte an optimalen Standorten, ebenso die **f. robusta**. Im Gegensatz zu den Beobachtungen von SCHADE (1964) führt VERSEGHY (1987/88: 44) ein Beispiel für die var. *pinnata* **f. robusta** an, welches eine im „optimalen Verhältnisse“ gut entwickelte Flechte, also eine ökologische Modifikation darstellt. Weitere Beispiele für ökologische Modifikationen wären nach VERSEGHY die **f. stricta** (Desorganisationsstadium), die **f. furcatosubulata** (steriles Jugendstadium) und die **f. corymbosa** (Jugendstadium mit Apothecien), alle 3 der var. *racemosa* zugehörig, sowie die **f. intermedia** der var. *pinnata* (altes, gut entwickeltes, fertiles Stadium).

Weiterhin ist in den Beschreibungen der Formen immer wieder vom Einfluß der Standortfaktoren auf die Gestalt zu lesen. Einige Autoren geben explizit Hinweise auf Schattenformen und Lichtformen. Die **f. flaccida** der Varietät *racemosa* beispielsweise wird bei SANDSTEDE (1931) und ERICHSEN (1957) aufgeführt und von beiden Autoren als „Schattenpflanze“ bezeichnet. Auf die Auswirkungen der Standortfaktoren Licht und Tritt (mechanische Störungen) wird in Kap. G3.2 ausführlicher eingegangen.

2.2 *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis*

Nach WIRTH (1995) und SCHOLZ (2000) wird die Atranorin-haltige Sippe basenreicher Standorte als Subspezies *subrangiformis* innerhalb der Art *Cladonia furcata* gewertet. Diese Einstufung soll in der vorliegenden Arbeit zunächst übernommen, anhand der in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführten Untersuchungsergebnisse jedoch in Kap. I2 diskutiert werden. Andere Einstufungen der Sippe *subrangiformis* sind denkbar. In der Literatur finden sich die folgenden:

Cladonia subrangiformis Sandst.: z.B. SANDSTEDE (1922), PURVIS et al. (1992), AHTI (1993), SANTESSON (1993), COPPINS (2002); unveröffentlichtes Synonym: *Cl. rangiformis* var. *hercynica* Scriba (s. SANDSTEDE 1931, ULLRICH 1956, HILLMANN & GRUMMANN 1957, SCHADE 1966).

Cladonia furcata var. *subrangiformis* (Sandst.) Hennipm.: HENNIPMAN (1967/1978), FEUERER (2003, Checkliste Slowenien).

Cladonia furcata m. *subrangiformis* (Sandst.) Schade: SCHADE (1966)

Die Anzahl an Varietäten und Formen, die für *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis* beschrieben wurden ist gering. In der ausgewerteten Literatur fanden sich lediglich Angaben zu einer Varietät sowie zu 5 Formen (s. Tab. 32).

LETTAU (1955) liefert die Erstbeschreibung der **Varietät *praestigiosa***. Das Aussehen dieser sterilen Flechte soll an *Stereocaulon* erinnern: zierlich, niedrigwüchsig, dicht „horstig“. Eventuell liege hierbei ein pathologischer Zustand vor. Der Lichenologe v. ZWACKH bezeichnete sie als „*Cladonia pungens* var. *sorediophora*“ (LETTAU 1955: 40). SANDSTEDTE (1931) rechnete das betreffende Exemplar zu *Cl. subrangiformis*.

SANDSTEDTE (1931), der die Sippe *subrangiformis* wie LETTAU (1955) als eigene Art ansieht, beschreibt die **Forma *vagans*** (= „*Cladonia rangiformis* f. *vagans*“, SANDSTEDTE 1931:234) als eine Wanderflechte mit unförmig dicken, waagrecht ausgebreiteten Lagerstielen und kurzen, dicken, aufrechten Sprossungen. Weitere Merkmale seien die starke Berindung, die runzelige, eingerissene Podetienoberfläche und die dicht beieinander stehenden weißen Markaufbrüche. Eine f. *vagans*, allerdings innerhalb *Cl. furcata* var. *subrangiformis*, nennt auch VERSEGHY (1975). Als weitere Form der var. *subrangiformis* taucht in dieser Arbeit die **f. *pustarum*** auf. In VERSEGHYS Veröffentlichung aus dem Jahre 1987/88 findet sich diese Form ebenfalls wieder, nun jedoch innerhalb von *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis*. SZATALA (1938) hatte sie als *Cl. subrangiformis* f. *pustarum* beschrieben. 3 weitere Formen werden in SZATALA (1938) aufgeführt.

Tab. 32: Übersicht der Varietäten und Formen von *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis* (Legende s. Tab. 31)

	Sandstede (1931)	Grummann (1963)	Schade (1966)	Lettau (1955)	Verseghy (1975) und (1987/88)	Szatala (1938)
var. <i>praestigiosa</i> Lett. nova var.	-	0	-	+	-	-
f. <i>pustarum</i> (Szat.) comb. nov.	-	-	-	-	0	+
f. <i>vagans</i> Tomin n.f.	+	0	0	-	0	-
f. <i>foliofera</i> Szatala 1938	-	-	-	-	-	+
f. <i>subuliformis</i> Szatala 1938	-	-	-	-	-	+
f. <i>truncatula</i> Szatala 1938	-	-	-	-	-	+

2.3 Ein kurzer Vergleich mit der Variabilität anderer *Cladonia*-Arten

Neben *Cladonia furcata* sind zahlreiche weitere Arten der Gattung für eine große morphologische Variabilität bekannt. Als Beispiele seien hier *Cl. gracilis*, *Cl. squamosa* und *Cl. crispata* genannt. Eine Vielzahl von Varietäten und Formen innerhalb dieser Sippen beschreibt SANDSTEDTE (1931). Der von ihm verfaßte Band über die Gattung *Cladonia* soll als Grundlage des nachfolgenden Vergleichs dienen. SANDSTEDTE (1931) unterteilt *Cl. crispata* in 5 Varietäten (mit insgesamt 15 Formen), *Cl. gracilis* in ebenfalls 5 Varietäten (mit insgesamt 27 Formen, inklusive 4 bei ANDERS (1928)

genannter Formen der „*Cl. elongata*“) und *Cl. squamosa* in 3 Varietäten (mit insgesamt 25 Formen).

Die Merkmale aufgrund derer bei *Cladonia gracilis*, *Cl. crispata* und *Cl. squamosa* eine weitere Unterteilung vollzogen wurde, entsprechen in vielen Fällen denen, die auch bei *Cl. furcata* ssp. *furcata* eine Rolle spielen. So treten sowohl bei *Cl. gracilis* als auch bei *Cl. crispata* innerhalb der Varietäten Formen auf, die durch eine auffallende Beschuppung gekennzeichnet sind. Auch bei *Cl. squamosa* wird häufig auf die Beblätterung (bzw. Beschuppung) eingegangen, jedoch spielen bei dieser Art nicht nur das Auftreten bzw. Fehlen von Blättchen, sondern z.B. auch deren Form und Größe eine Rolle. Die Fruchtkörperbildung bzw. die Anordnung der Apothecien kann bei einzelnen Formen ein wesentliches oder auch nur ergänzendes Merkmal sein. Analog zu *Cl. furcata* ssp. *furcata* treten Formen auf, die durch dornige, eingekrümmte Sprosse gekennzeichnet sind, z.B. innerhalb der *Cl. crispata* var. *ceptrariaeformis* oder der *Cl. gracilis* var. *chordalis*. Da sowohl *Cl. gracilis* als auch *Cl. crispata* und *Cl. squamosa* Becher ausbilden können, spielt das Vorhandensein oder Fehlen, neben der Gestalt der Becher, bei der Unterteilung dieser Arten eine wesentliche Rolle. Solche Merkmale fehlen bei *Cl. furcata* naturgemäß. Daneben werden bei allen diesen Arten weitere Merkmale, wie die Wuchsform der Podetien (kümmerlich oder hochwüchsig) und die Pigmentierung als Kennzeichen zur Unterteilung verwendet. Die Möglichkeit des Übergehens von einer Form/Varietät in eine andere im Rahmen einer fortschreitenden Entwicklung der Thalli oder aufgrund von Standortveränderungen wird bei SANDSTEDTE ebenfalls angesprochen.

SANDSTEDTE (1931) revidiert Exsiccate, die ursprünglich fälschlicherweise zu *Cladonia furcata* gestellt wurden, eigentlich aber der *Cl. gracilis* bzw. *Cl. crispata* zugehörig sind und weist wiederholt auf die starke Ähnlichkeit von Formen der Sippen *Cl. gracilis* und *Cl. crispata* mit *Cl. furcata* hin: „In Moospolster eingeschlossene, schlanke Lagerstiele der *Cl. crispata* var. *gracilescens*, *Cl. furcata* f. *furcato-subulata*, *Cl. gracilis* f. *chordalis* m. *leucochlora* können sich derart ähneln, daß man nicht hin und her weiß (...)“ (SANDSTEDTE 1931:3).

3 Morphologie und morphologische Variabilität in Nordhessen

3.1 Allgemeine Beschreibung der Proben

Bei *Cladonia furcata* ssp. *furcata* handelt es sich um eine Strauchflechte, die lockere bis dichte Polster bilden, jedoch auch in Form von einzelnen miteinander verflochtenen und dem Boden anliegenden Podetien auftreten kann. Die Farbe des Lagers variiert im Untersuchungsgebiet, je nach Grad der Pigmentierung, von grüngrau bis braungrau. Einfluß auf die Lagerfarbe hat zudem die Ausdehnung der Algenschicht. Sie kann nur stellenweise ausgebildet sein, die Podetien erscheinen dann gefleckt, oder fast den gesamten Podetienkörper durchziehen, was zu einer grünlichen Färbung führt (vgl. auch Abb. 32, S. 146). Grundsuppen sind bei der Mehrzahl der Polster nicht oder kaum

mehr erkennbar. Proben mit zahlreichen Grundschuppen sind eher die Ausnahme. Die Podetien sind stielrund bis leicht abgeflacht oder auch von Rissen durchzogen bis röhrig geöffnet. Die Länge der ausgemessenen Podetien liegt bei gut entwickelten Polstern zwischen 15 und 92 mm, der Durchmesser zwischen 0,4 und 3,2 mm. Thalli, bei denen die Grundschuppen dominieren, weisen dagegen in der Regel nur wenige Millimeter lange Podetien auf. Die Lagerstiele verzweigen sich zur Spitze hin ein- bis 14 mal. Am Podetienende treten 1 bis 30 Zweige auf. Die Podetienoberfläche ist glatt oder zeigt wenige bis zahlreiche (max. 85) schuppenartige Auswüchse. Diese können bis zu 4,2 mm groß werden. Fibrillen kommen ebenfalls gelegentlich in großer Zahl vor. Als Fruchtkörper treten Apothecien auf, deren Farbe von hellem Braun bis dunkelbraun reicht. Maximal wurden 280 Apothecien pro Podetium gezählt. Die Fruchtkörper erreichen einen Durchmesser von bis zu 2 mm. Als Organe, in denen asexuelle Keime gebildet werden, weist *Cl. furcata* ssp. *furcata* relativ häufig Pyknidien auf. Diese sitzen an den Enden der Podetien, sind meist schwarz, gelegentlich jedoch auch mittelbraun gefärbt und bei guter Entwicklung urnenförmig mit deutlicher Öffnung (= Ostiolum).

Eine Probe der Subspezies *furcata*, vom Typ her einer *palamaea* entsprechend, zeigt an der Basis einiger Podetien weiße Markaufbrüche, wie sie eigentlich für die Unterart *subrangiformis* typisch sind (z.B. WIRTH 1995). In den betreffenden Lagerstielen ließ sich aber mittels Dünnschichtchromatographie kein Atranorin nachweisen, weswegen sie *Cl. furcata* ssp. *furcata* zugeordnet wurden. Die betreffende Probe (s. Taf. 2.12 im Anhang 2) stammt von einem Basaltstandort (Maderstein, MTB 4822).

Zum Vergleich werden nachfolgend die ebenfalls im Untersuchungsgebiet erhobenen Daten von 47 Podetien der Subspezies *subrangiformis* aufgeführt. Die Wuchsform dieser Unterart unterscheidet sich insofern von der Subspezies *furcata*, als daß viel seltener aufrecht wachsende Polster auftreten. In der Regel sind die Thalli niedergedrückt, dem Boden anliegend oder sie erheben sich nur wenig über die Bodenoberfläche. Die Mehrzahl der Podetien ist deutlich pigmentiert und daher von bräunlicher Farbe. Gelegentlich treten fast schwarze Lagerstiele oder aber, im Schatten der Phanerogamenvegetation, auch nahezu unpigmentierte Podetien auf. Die Algenschicht durchzieht das Podetium meist großflächig. Grundschuppen wurden bei diesen Proben nicht beobachtet. Die Podetien sind stielrund, selten etwas flachgedrückt und nur ausnahmsweise aufgerissen. Sie erreichen eine Länge von maximal 81 mm und einen Durchmesser von bis zu 2 mm, durchschnittlich sind sie aber nur etwa 46 mm lang und 1,3 mm dick. Der geringste gemessene Durchmesser betrug 0,7 mm. Die Lagerstiele verzweigen sich zwischen ein- und achtmal. Am Podetienende treten meist 2 bis 3, maximal 6 Zweige auf. Eine Beschuppung ist bei *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis* viel seltener und in viel geringerem Maße zu beobachten als bei der ssp. *furcata*. Gezählt wurden maximal 8 Schuppen mit höchstens 1,7 mm Größe. Meistens treten jedoch gar keine Schuppen auf. Fibrillen sind ebenfalls die Ausnahme und nie in großer Zahl vorhanden. Eine Apothecienbildung zeigten einige der untersuchten Exemplare, allerdings waren die Fruchtkörper noch nicht vollständig entwickelt. Nur ein einziges Podetium trug ein Pyknidium. Die für *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* als

charakteristisches Merkmal geltenden Markaufbrüche (s.o.) ließen sich im Rahmen dieser stichprobenhaften Untersuchung bei gut der Hälfte der Podetien nachweisen.

3.2 Abhängigkeiten der morphologischen Merkmale von den Standortbedingungen

a) Podetienlänge, Podetiendurchmesser und Verzweigungsgrad

(Abb. 30; Tab. 61 bis Tab. 64 im Anhang 1)

Die im Mittel längsten Podetien (51,7 mm) haben die Polster der Heidestandorte der tieferen Lagen. Die mit durchschnittlich 36,6 mm Länge kürzesten Podetien kommen auf Felsstandorten vor. Sie sind signifikant kürzer als an den anderen Standorttypen. Den größten mittleren Podetiendurchmesser von 1,4 mm haben die Proben der Waldränder und Wälder. Die Mittelwerte der anderen Standorttypen liegen etwas darunter. Signifikant ist nur der Unterschied zwischen den Werten der Wälder und der Felsen. Polster mit relativ stark verzweigten Podetien (durchschnittlich 6,3 bis 7,1 Verzweigungen) kommen in den Wäldern, an Waldrändern und in den Heiden vor. Weniger verzweigt (mit im Mittel nur 5,0 bzw. 5,6 Verzweigungen) sind die Podetien auf den Felsen bzw. in den Berglagen. Diese Unterschiede sind signifikant zwischen den Standorttypen Felsen und Waldrändern, zwischen Heiden und Berglagen und zwischen Wäldern und Berglagen. Bei der Anzahl Zweige an den Podetienspitzen zeigen sich kaum nennenswerte Unterschiede. Die Mittelwerte liegen hier zwischen 4,6 und 5,7 Zweigen.

b) Beschuppung (Abb. 30; Tab. 65 und Tab. 66 im Anhang 1)

Die am stärksten beschuppten Exemplare sind in den schattigen Wäldern zu finden. Der Mittelwert für diesen Standorttyp liegt mit 17,0 deutlich über den anderen Werten, allerdings streuen die Werte innerhalb des Standorttyps Wälder ziemlich stark: der kleinste Durchschnittswert eines Polsters beträgt 0,3, der größte 48,7 Schuppen (s. Tab. 66 im Anhang 1). Signifikant ist der Unterschied zwischen Wäldern einerseits sowie Felsen, Heiden und Waldrändern andererseits. Die Polster der Felsstandorte beispielsweise tragen im Mittel lediglich maximal 4,0 Schuppen pro Podetium, die der Heiden sogar nur 0,5. Auch werden die Schuppen in den Wäldern größer. Im Mittel sogar signifikant größer als an den Heide-Standorten. Die zugehörigen Mittelwerte dieser beiden Typen betragen 1,4 bzw. 0,7 mm.

c) Apothecien und Pyknidien (Abb. 31; Tab. 67 bis Tab. 69 im Anhang 1)

Die Polster, deren Podetien durchschnittlich am zahlreichsten Apothecien ausbilden, stammen von Standorten des Typs Heide (MW 38,8) oder des Typs Waldrand (MW 36,4). In beiden Fällen streuen die Werte jedoch ziemlich stark: die einzelnen Polster-Mittelwerte liegen zwischen 0 und 78,2 in den Heiden bzw. 0 und 115,7 Fruchtkörpern an den Waldrändern (s. Tab. 67 im Anhang 1). Die wenigsten Apothecien, durchschnittlich nur 6,7 Stück, zeigen sich an Polstern aus den Wäldern. Der Unterschied zwischen Wäldern und Heiden ist signifikant. Auch an den trockensten

Stellen, den Felsstandorten, bilden sich relativ wenige Fruchtkörper aus. Die größten Durchmesser von im Mittel 0,5 mm erreichen Apothecien an Heide-Standorten. Mit nur 0,2 mm ziemlich geringe Werte ergeben sich dagegen bei den Standorttypen Felsen, Berglagen und Wäldern. Statistisch absichern läßt sich der Unterschied zwischen Felsen und Heiden. Pyknidientragende Podetien nehmen in Polstern der schattigen Wälder mit 73,1 % einen signifikant höheren Anteil ein, als in Polstern von Felsstandorten (47,8 %). Die Werte der 3 anderen Standorttypen liegen etwa im Bereich des Wertes der Felsen.

d) Weitere Podetienmerkmale (Abb. 31; Tab. 70 bis Tab. 72 im Anhang 1)

Polster, deren Podetien zahlreiche Fibrillen aufweisen, sind für die Standorttypen Felsen und Heiden charakteristisch. Sie haben dort einen Anteil von durchschnittlich 7,8 bzw. 10,0 %. Mit Mittelwerten von 0 bis 3,6 % ist der Anteil derartiger Lagerstiele an den anderen Standorten deutlich geringer. Statistisch signifikant ist der Unterschied zwischen Felsen und Waldrändern. Die Polster der hellsten Standorte (Felsen und Heiden) haben erwartungsgemäß den höchsten Anteil stark pigmentierter Podetien. Der Wert der Felsen (34,8 %) ist signifikant höher als die Werte der 3 zumindest gelegentlich beschatteten Standorte, an deren Polstern dunkelbraune Podetien lediglich einen Anteil von durchschnittlich 1,1 bis 5,7 % haben. Bei beiden Merkmalen Fibrillenzahl und Pigmentierung variieren allerdings die einzelnen Werte der Heide- und Felsstandorte stark, erkennbar an der relativ hohen Standardabweichung. Die geringste Ausdehnung der Algenschicht, d.h. das fleckigste Aussehen zeigen die Podetien der Heiden, während an den anderen Standorten die Algenschicht in den Lagerstielen viel häufiger eine Ausdehnung von mehr als 75 % erreicht. Die Unterschiede zwischen den Werten der Heiden (MW 5,0 %) auf der einen und den Werten der Felsen, Berglagen und Wälder (MW 23,3 bis 41,7 %) auf der anderen Seite sind signifikant.

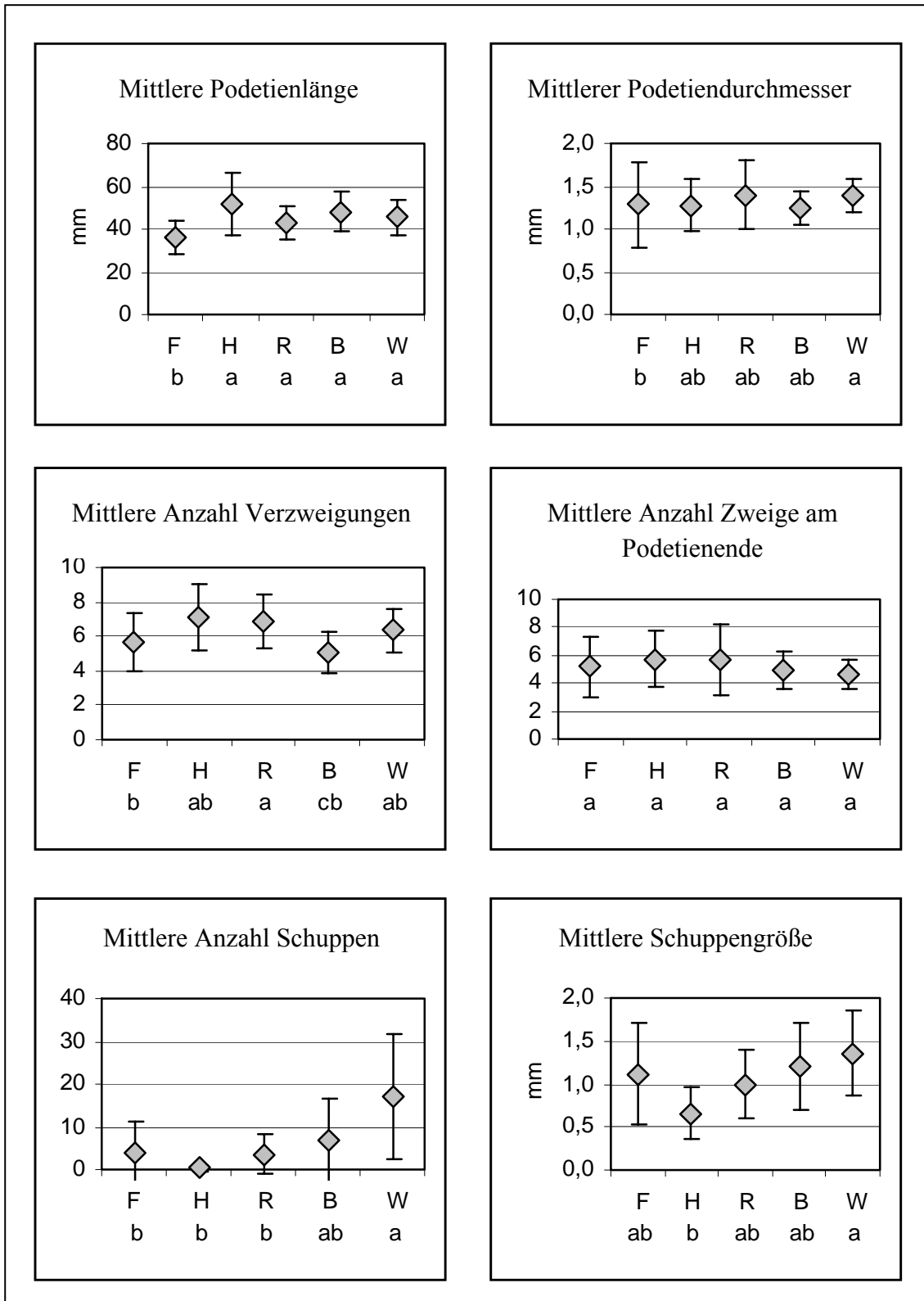


Abb. 30: Mittelwerte und Standardabweichungen der Podetienmerkmale Podetienlänge, Podetiendurchmesser, Verzweigungen und Beschuppung. (Abkürzungen s. S. 113).

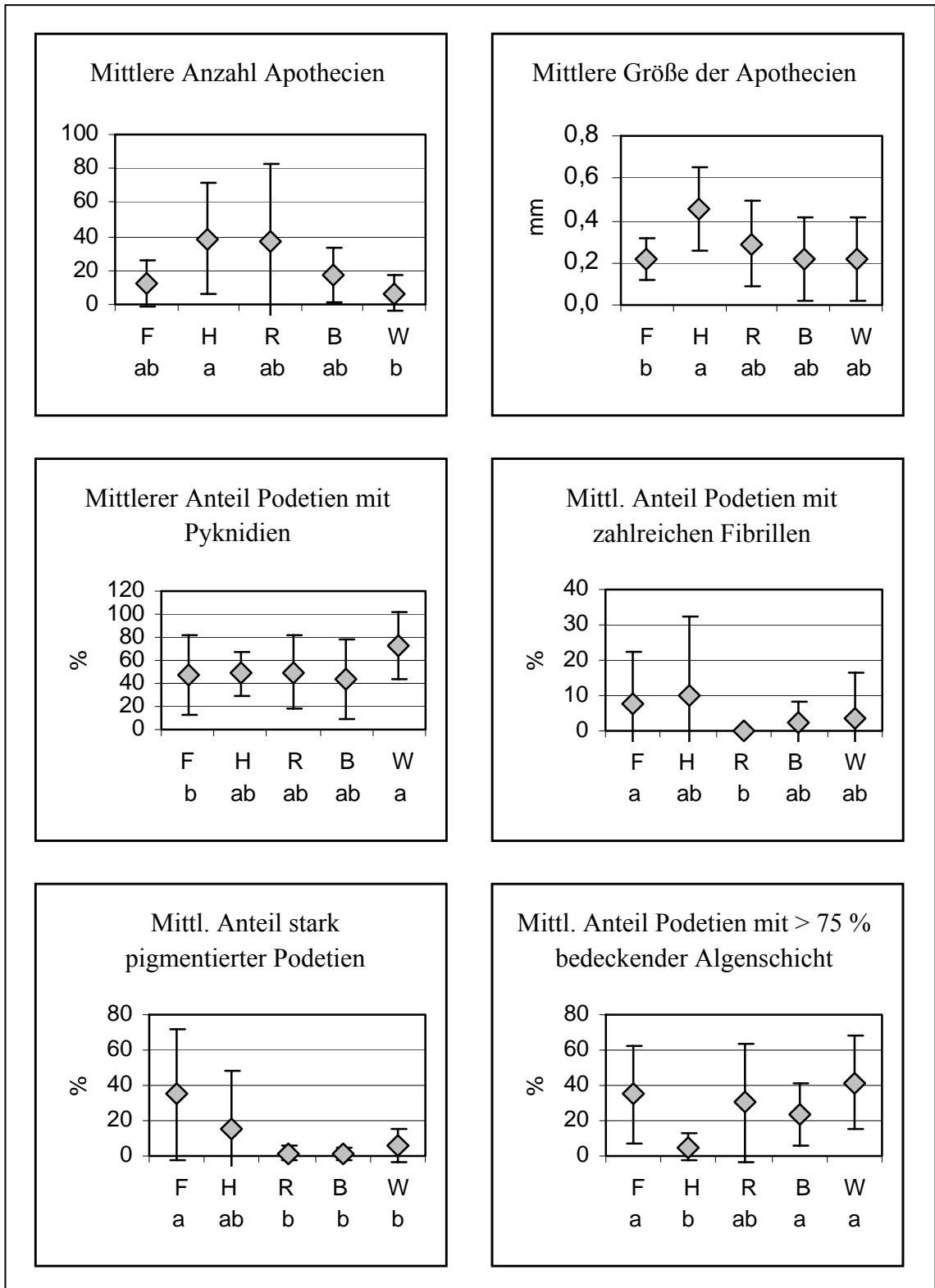


Abb. 31: Mittelwerte und Standardabweichungen der Podetienmerkmale Apothecien, Pyknidien, Fibrillen und Algenschicht. (Abkürzungen s. S. 113).

e) Auswirkung mechanischer Störungen

Die Unterteilung erfolgt in 3 Kategorien von sehr geringer bis sehr starker mechanischer Einwirkung (vgl. Kap. G1.1.1). Tab. 33 ist zu entnehmen, daß keiner der Standorttypen nur einer Kategorie angehört. Die meisten Fels- und Heidestandorte weisen jedoch einen mäßigen bis starken Tritteinfluß (bzw. deutliche Substratinstabilität) auf, während die Waldstandorte eher weniger trittbelastet sind.

Tab. 33: Anteile der 3 Kategorien mechanischer Störung an den Standorttypen [%]

<i>mechanische Störung</i>	<i>sehr gering</i>	<i>mäßig stark</i>	<i>sehr stark</i>
Felsen (F) n=23	4	48	48
Heiden (H) n=6	0	83	17
Waldränder (R) n=13	23	62	15
Berglagen (B) n=9	22	33	44
Wälder (W) n=14	57	29	14

Die Auswertung der Daten mit Hilfe des U-Tests ergab nur in Ausnahmefällen signifikante Unterschiede (s. Tab. 34): Der Wert der Podetienlänge beträgt an den wenig trittbeeinflussten Standorten 48,4 mm und ist damit signifikant größer als an den trittbelasteten Stellen, wo im Mittel bei starker Störung nur 38,7 mm erreicht werden. Der Podetiendurchmesser ist mit durchschnittlich 1,1 mm an den am stärksten beeinträchtigten Stellen signifikant geringer als an den weniger belasteten (1,3 bzw. 1,5 mm). Die Größe der Schuppen unterscheidet sich signifikant zwischen den sehr wenig und den sehr stark gestörten Standorten (1,4 mm gegenüber 1,0 mm), ebenso der Anteil pyknidientragender Podetien (71,4 % gegenüber 38,7 %). Bei allen anderen Podetienmerkmalen wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt.

Tab. 34: Mittelwerte der Podetienmerkmale in den 3 Kategorien mechanischer Störung

<i>mechanische Störung</i>	<i>sehr gering</i>	<i>mäßig stark</i>	<i>sehr stark</i>
max. Podetienlänge [mm]	48,4 ^{a**/**}	43,1 ^b	38,7 ^b
max. Podetiendurchmesser [mm]	1,3 ^{a***}	1,5 ^{a***}	1,1 ^b
Anzahl Verzweigungen	6,0 ^a	6,4 ^a	5,6 ^a
Anzahl Zweige am Podetienende	4,7 ^a	5,7 ^a	4,8 ^a
max. Anzahl Schuppen	9,5 ^a	5,8 ^a	6,4 ^a
max. Größe Schuppen [mm]	1,4 ^{a*}	1,1 ^{ab}	1,0 ^b
Anzahl Apothecien	14,7 ^a	23,3 ^a	15,8 ^a
max. Größe Apothecien [mm]	0,2 ^a	0,3 ^a	0,3 ^a
Anteil pyknidientragender Podetien [%]	71,4 ^{a**}	54,4 ^{ab}	38,7 ^b
Anteil Podetien mit zahlreichen Fibrillen [%]	1,4 ^a	4,8 ^a	7,0 ^a
Anteil stark pigmentierter Podetien [%]	9,3 ^a	12,0 ^a	25,0 ^a
Anteil Podetien mit > 75 % deckender Algenschicht [%]	34,3 ^a	33,3 ^a	25,2 ^a

Signifikanzniveau: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$;
Stichprobenumfang n siehe Tab. 61 bis Tab. 72 im Anhang 1

f) Podetienform

Tab. 35 listet auf, in wieviel Prozent der Polster geschlitzte bzw. offen-rinnige Podetien auftreten. Bei beiden Merkmalsausprägungen lassen sich keine Tendenzen von sonnig-trockenen zu schattig-frischen Standorten erkennen. Auffallend häufig treten allerdings in den Polstern der Heiden offen-rinnige Podetien auf. Geschlitzte Podetien sind öfter an wenig trittbelasteten als an häufig gestörten Standorten anzutreffen.

Tab. 35: Häufigkeit geschlitzter bzw. offen-rinniger Podetien in Abhängigkeit von Standorttyp und mechanischer Störung

Standorttyp	geschlitzte Podetien	offen-rinnige Podetien
Felsen (n=23)	61 %	17 %
Heiden (n=6)	50 %	83 %
Waldränder (n=13)	31 %	46 %
Berglagen (n=9)	78 %	33 %
Wälder (n=14)	64 %	21 %
mechan. Störung	geschlitzte Podetien	offen-rinnige Podetien
sehr gering (n=14)	79 %	36 %
mäßig stark (n=31)	61 %	39 %
sehr stark (n=20)	35 %	20 %

3.3 Abhängigkeiten und Korrelationen der morphologischen Merkmale untereinander

a) Vergleich fertiler und steriler sowie pyknidientragender und pyknidienloser Podetien (Tab. 36; Tab. 73 und Tab. 74 im Anhang 1)

Signifikante Unterschiede zwischen fruchtenden und nicht fruchtenden Podetien zeigen sich bei der Podetienlänge, der Anzahl Verzweigungen, der Anzahl Zweige am Podetienende sowie der Anzahl und Größe der Schuppen. Apothecientragende Lagerstiele sind im Durchschnitt länger, stärker verzweigt und weisen am Podetienende deutlich mehr Äste auf als sterile Podetien. Dagegen ist die Anzahl und Größe der Schuppen bei den nicht fruchtenden Lagerstielen im Mittel höher.

Tab. 36: Mittelwerte der Podetienmerkmale bei fertilen und sterilen bzw. bei pyknidientragenden und pyknidienlosen Podetien

	fruchtend	nicht fruchtend	mit Pyknidien	ohne Pyknidien
max. Podetienlänge [mm]	44,9 ^{a***}	41,2 ^b	43,4 ^a	42,5 ^a
max. Podetien Durchmesser [mm]	1,3 ^a	1,3 ^a	1,4 ^{a***}	1,3 ^b
Anzahl Verzweigungen	6,5 ^{a***}	5,5 ^b	6,1 ^a	5,9 ^a
Anzahl Zweige am Podetienende	6,7 ^{a***}	3,7 ^b	5,2 ^a	5,2 ^a
max. Anzahl Schuppen	4,8 ^b	9,0 ^{a***}	7,9 ^a	5,8 ^a
max. Größe Schuppen [mm]	1,1 ^b	1,4 ^{a*}	1,5 ^{a***}	1,1 ^b
Anzahl Apothecien	-	-	15,1 ^b	25,5 ^{a**}
max. Größe Apothecien [mm]	-	-	0,3 ^a	0,3 ^a

Signifikanzniveau: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$;
Stichprobenumfang n siehe Tab. 73 und Tab. 74 im Anhang 1

Pyknidientragende Podetien haben durchschnittlich einen signifikant größeren Durchmesser und signifikant größere Schuppen als pyknidienlose Lagerstiele. Letztere weisen dagegen im Mittel eine signifikant höhere Anzahl Apothecien auf.

b) Vergleich unterschiedlich stark mit Fibrillen besetzter und pigmentierter Podetien (Tab. 37; Tab. 75 und Tab. 77 im Anhang 1)

Stark mit Fibrillen besetzte Podetien zeichnen sich durch einen im Mittel größeren Durchmesser und eine stärkere Verzweigung aus. Die Unterschiede sind jeweils signifikant. Lagerstiele ohne Fibrillen haben signifikant höhere Durchschnittswerte der Zweige am Podetienende, der Anzahl Apothecien und der Größe der Apothecien als Podetien mit wenigen Fibrillen. Auch zwischen den Podetien mit zahlreichen Fibrillen und denen mit wenigen Fibrillen zeigt sich ein signifikanter Unterschied beim Mittelwert der Apothecienzahl. Dieser ist bei den stark mit Fibrillen besetzten Lagerstielen höher. Der Mittelwert der Schuppenzahl ist bei ihnen dagegen signifikant geringer als bei den Podetien der beiden anderen Kategorien.

Einige signifikante Unterschiede zeigen sich auch beim Vergleich unterschiedlich pigmentierter Lagerstiele: Weniger gebräunte Podetien sind im Mittel länger und dicker als stärker gebräunte und haben durchschnittlich größere Schuppen. Die unpigmentierten weisen darüber hinaus mehr Schuppen auf als die wenig bis stark pigmentierten, auch dieser Unterschied ist signifikant. Die mittlere Anzahl Apothecien ist bei den schwach pigmentierten signifikant höher als bei den stark gebräunten Exemplaren.

Tab. 37: Mittelwerte der Podetienmerkmale unterschiedlich stark mit Fibrillen besetzter bzw. pigmentierter Podetien

	<i>Fibrillen ± fehlend</i>	<i>wenige Fibrillen</i>	<i>zahlreiche Fibrillen</i>	<i>nicht gebräunt</i>	<i>wenig gebräunt</i>	<i>stark gebräunt</i>
max. Podetienlänge [mm]	42,9 ^a	43,2 ^a	43,3 ^a	43,8 ^{a***}	43,9 ^{a***}	37,7 ^b
max. Podetiendurchmesser [mm]	1,3 ^b	1,3 ^b	1,5 ^{a***}	1,4 ^{a***}	1,3 ^{a***}	1,2 ^b
Anzahl Verzweigungen	5,8 ^c	6,4 ^{b**}	7,8 ^{a*/***}	6,0 ^a	6,0 ^a	5,9 ^a
Anzahl Zweige am Podetienende	5,4 ^{a***}	4,4 ^b	5,1 ^{ab}	4,7 ^b	5,4 ^{a*}	5,6 ^{ab}
max. Anzahl Schuppen	6,1 ^{a*}	11,5 ^{a**}	2,8 ^b	14,0 ^{a***}	3,7 ^b	3,5 ^b
max. Größe Schuppen [mm]	1,3 ^a	1,3 ^a	1,1 ^a	1,4 ^{a**}	1,3 ^{a*}	0,9 ^b
Anzahl Apothecien	22,7 ^{a***}	6,3 ^b	12,8 ^{a*}	16,3 ^{ab}	24,2 ^{a**}	8,5 ^b
max. Größe Apothecien [mm]	0,3 ^{a***}	0,1 ^b	0,2 ^{ab}	0,3 ^a	0,3 ^a	0,2 ^a

Signifikanzniveau: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$;
Stichprobenumfang n siehe Tab. 75 und Tab. 77 im Anhang 1

c) Vergleich von Podetien mit unterschiedlich stark ausgedehnter Algenschicht (Tab. 38 und Tab. 78 im Anhang 1)

Es sind nur in zwei Fällen signifikante Unterschiede erkennbar. Podetien, die sich durch eine mehr als 75 % der Oberfläche einnehmende Algenschicht auszeichnen, haben im Mittel die größte Länge und einen relativ großen Durchmesser. Signifikant sind hierbei nur die Unterschiede zu den Podetien der nächst niedrigeren Kategorie, also denen mit 50 bis 75 % Ausdehnung.

Tab. 38: Mittelwerte der Podetienmerkmale von Podetien mit unterschiedlich ausgedehnter Algenschicht

Ausdehnung der Algenschicht	bis 25 %	bis 50 %	bis 75 %	> 75 %
max. Podetienlänge [mm]	34,5 ^{ab}	41,5 ^{ab}	42,4 ^b	44,5 ^{a*}
max. Podetiendurchmesser [mm]	2,0 ^{ab}	1,3 ^{ab}	1,3 ^b	1,4 ^{a**}
Anzahl Verzweigungen	3,5 ^a	5,7 ^a	6,0 ^a	6,2 ^a
Anzahl Zweige am Podetienende	6,5 ^a	5,5 ^a	5,0 ^a	5,5 ^a
max. Anzahl Schuppen	0,0 ^a	3,9 ^a	7,3 ^a	7,1 ^a
max. Größe Schuppen [mm]	-	1,1 ^a	1,3 ^a	1,4 ^a
Anzahl Apothecien	0,0 ^a	17,2 ^a	19,5 ^a	20,3 ^a
max. Größe Apothecien [mm]	-	0,3 ^a	0,3 ^a	0,3 ^a

Signifikanzniveau: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$;

Stichprobenumfang n siehe Tab. 78 im Anhang 1

d) Podetienform

Die Podetienform zeigt eine Abhängigkeit von der Fruchtkörperbildung. In Polstern mit Apothecien treten weitaus häufiger geschlitzte und offen-rinnige Podetien auf als in den sterilen Polstern. Naheliegender wäre auch ein Zusammenhang zwischen Podetienform und Alter der Flechte. Das Merkmal Podetienlänge sagt etwas über das Thallusalter aus, allerdings mit der Einschränkung, daß Standortfaktoren auf die Podetienlänge ebenfalls Einfluß nehmen und das Wachstum fördern bzw. hemmen können. Eine Auswertung mit unterschiedlichen Längensklassen ergibt, daß in Polstern mit relativ langen Podetien die beiden Merkmalsausprägungen geschlitzte und offen-rinnige Lagerstiele öfter zu beobachten sind als in kleinwüchsigeren Polstern (s. Tab. 39).

Tab. 39: Häufigkeit geschlitzter bzw. offen-rinniger Podetien in Abhängigkeit von der Fruchtkörperbildung und der Podetienlänge

Fruchtkörperbildung	geschlitzte Podetien	offen-rinnige Podetien
nicht fruchtend (n=17)	35 %	6 %
fruchtend (n=48)	65 %	38 %
Podetienlänge	geschlitzte Podetien	offen-rinnige Podetien
bis 30 mm (n=7)	43 %	14 %
bis 40 mm (n=22)	50 %	18 %
bis 50 mm (n=22)	68 %	41 %
> 50 mm (n=14)	57 %	50 %

e) Korrelationen der morphologischen Merkmale

Die Spearman Korrelationsanalyse zeigt lediglich in einem Fall eine deutliche Korrelation zweier morphologischer Merkmale (s. Tab. 40): das Merkmal Apothecienzahl korreliert positiv ($r = 0,65$) mit der Anzahl Zweige am Podetienende. Bei allen weiteren Merkmalskombinationen sind keine bzw. nur schwache Korrelationen erkennbar, so z.B. zwischen Anzahl und Größe der Schuppen ($r = 0,51$).

Tab. 40: Ergebnisse der Korrelationsanalyse nach Spearman.

	PD	ZV	ZP	AS	GS	AA	GA
PL	0,22*** n=622	0,41*** n=622	0,08* n=619	0,06 n=622	0,05 n=287	0,18*** n=538	-0,02 n=295
PD		0,29*** n=623	0,12** n=620	0,21*** n=623	0,44*** n=288	0,18*** n=539	0,34*** n=295
ZV			0,36*** n=620	0,00 n=623	-0,13** n=288	0,34*** n=539	0,18*** n=295
ZP				-0,23*** n=620	-0,13** n=287	0,65*** n=536	0,40*** n=295
AS					0,51*** n=288	-0,31*** n=539	-0,17** n=295
GS						-0,16** n=247	-0,05 n=103
AA							0,39*** n=222

einseitige Signifikanz: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

angegeben sind die Rangkorrelationskoeffizienten (r_s) für die Korrelationen der morphologischen Merkmale untereinander (Abkürzungen s. Kap. G1.1.1, S. 106)

3.4 Rolle äußerer und innerer Faktoren bei der Merkmalsausbildung

Trotz der bei derartigen Untersuchungen bestehenden Schwierigkeit aus einer Vielzahl sich gegenseitig beeinflussender, auf die Thalli einwirkender Faktoren, die prägenden herauszufinden, soll der Versuch einer Interpretation der in Kap. G3.2 und G3.3 dargestellten Ergebnisse unternommen werden. Gleichzeitig wird die Rolle bzw. die Stärke des Einflusses von Standortfaktoren bzw. „inneren“ Faktoren auf die Gestalt herausgearbeitet. Die Schwierigkeit der Interpretation beruht beispielsweise darauf, daß der U-Test bei der Frage nach der Abhängigkeit der Merkmale untereinander einige signifikante Unterschiede aufzeigen, also auf einen Einfluß innerer Faktoren hinweisen kann; dies muß aber trotzdem nicht bedeuten, daß die entsprechenden Merkmale einander beeinflussen. Beide können in ähnlicher Deutlichkeit auf bestimmte Standortbedingungen reagieren, so daß beim Vergleich zweier solcher morphologischer Merkmale ein nur scheinbarer Zusammenhang entsteht. Eine ausführliche Diskussion der Rolle der Standortfaktoren unter Einbeziehung von weiteren, als den hier aufgeführten Angaben aus der Literatur sowie von molekularbiologischen Daten findet sich in an späterer Stelle in Kap. II.

a) Podetienlänge und Podetiendurchmesser

Die Podetien wachsen an Standorten mit häufigen Trockenperioden weniger gut als unter den etwas günstigeren Feuchtigkeitsverhältnissen in Heiden, Berglagen, Wäldern oder an Waldrändern. Da sich die Polster dieser Standorte zudem durch eine geringere bis fehlende Pigmentierung und eine oft großflächig deckende Algenschicht auszeichnen, ergibt sich auch zwischen wenig und stark pigmentierten sowie zwischen Podetien mit unterschiedlich ausgedehnter Algenschicht ein signifikanter Unterschied bei den Mittelwerten der Podetienlänge. Wenig Tritteinfluß (wie z.B. in Wäldern) ist ebenfalls positiv für die ungestörte Entwicklung hochwüchsiger Podetien. Fruchtende

Podetien sind im Mittel länger als sterile, da die Fruchtkörperbildung das Endstadium der Entwicklung darstellt (JAHNS et al. 1978), die Podetien also im fruchtenden Zustand quasi ausgewachsen sind.

Fazit: Günstige Standortbedingungen, vor allem eine gute Feuchtigkeitsversorgung aber auch ausreichend Licht (s. Wert der Heiden), führen zu hochwüchsigen Podetien, sofern nicht mechanische Störungen die Entwicklung beeinträchtigen. Aber auch das Alter (also der vorangegangene Entwicklungszeitraum) spielt eine Rolle.

Podetien sind im Wald und an Waldrändern dicker. Insgesamt sind die Unterschiede beim Podetiendurchmesser jedoch gering. Polster aus Wäldern sind, wie oben bereits erwähnt, durch geringe Trittbeflussung, wenig Pigmentierung und eine ausgedehnte Algenschicht gekennzeichnet, zudem tragen sie häufiger Pyknidien. Deshalb ergeben sich auch signifikante Unterschiede bei den Mittelwerten des Podetiendurchmessers zwischen Podetien unterschiedlich stark trittbeeinflusster Standorte, zwischen pyknidientragenden und pyknidienlosen, zwischen wenig und stark pigmentierten und zwischen solchen mit verschieden ausgedehnter Algenschicht. Zu erwarten wäre auch ein Unterschied zwischen fruchtenden und sterilen Lagerstielen, da fertile in Wäldern am seltensten auftreten. Diese Vermutung läßt sich aber anhand des Datenmaterials nicht bestätigen.

Auf den ersten Blick mag es erstaunen, daß stark mit Fibrillen besetzte Podetien im Mittel einen signifikant größeren Durchmesser aufweisen als Exemplare mit weniger Fibrillen, obwohl erstere häufiger in Heiden und an Felsstandorten auftreten, also in den Standorttypen, deren Mittelwerte der Podetiendurchmesser verhältnismäßig gering sind. Erklären könnte dies die Tatsache, daß viele der durch zahlreiche Fibrillen gekennzeichneten Podetien eine ungewöhnliche Wuchsform mit teilweise ziemlich dicken Abschnitten aufweisen (s. Taf. 2.11 und Taf. 2.12 im Anhang 2) und in dieser Hinsicht nicht unbedingt der Mehrzahl der Podetien an entsprechenden Standorten entsprechen.

Fazit: Günstige Standortbedingungen (v.a. Feuchtigkeitsverhältnisse) fördern das Entstehen relativ dicker Podetien. Dicke Podetienabschnitte können aber auch an zu Boden gedrückten, z.B. trittbeeinflussten Lagerstielen auftreten.

b) Anzahl der Verzweigungen und der Zweige am Podetienende, Fibrillenbildung

Die Zahl der Verzweigungen ist bei Exemplaren der Heiden besonders hoch. Dort treten aber auch besonders lange (weil besonders alte?) sowie viele fruchtende Lagerstiele auf. Für den signifikanten Unterschied bei den Mittelwerten der Anzahl Verzweigungen zwischen Podetien mäßig trittbelasteter Standorte auf der einen sowie wenig bzw. stark trittbelasteter Stellen auf der anderen Seite spielt wahrscheinlich auch eine Rolle, daß die untersuchten Heiden meist mäßig trittbeeinflusste Standorte sind.

Fruchtende Exemplare weisen durchschnittlich mehr Verzweigungen auf als sterile, sicherlich auch deshalb, weil sie ein fortgeschrittenes Entwicklungsstadium (s.o.) darstellen und somit für eine bereits verhältnismäßig lange andauernde Entwicklungszeit stehen.

Fazit: Günstige Standortbedingungen, die ein langes, ungestörtes Wachstum ermöglichen, fördern die Entwicklung von Podetien, die sich zur Spitze hin mehrfach verzweigen. Aber auch ein Einfluß der Fruchtkörperbildung kann nicht ausgeschlossen werden, da sich diese, wie nachfolgend beschrieben, auf die Wuchsform auswirkt. Starker Tritt fragmentiert die Thalli, gelegentliche Tritteinwirkung kann jedoch zu stärker verzweigten Exemplaren führen, da sich an umgekippten Lagerstielen neue Seitensprosse ausbilden.

Die Anzahl Zweige am Podetienende korreliert positiv mit der Anzahl Apothecien. Fruchtende Exemplare sind im Mittel signifikant stärker verzweigt als sterile. Dagegen bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Standorttypen bei der Zahl der Zweige am Podetienende. Der Wert der Heiden ist etwas höher, wohl weil dort mehr fruchtende Podetien anzutreffen sind. Daher ist auch der Wert mäßig gestörter Standorte, wie den Heiden, etwas höher als die Werte der wenig bzw. stark gestörten Stellen.

Podetien ohne bzw. mit vielen Fibrillen sind im Mittel stärker verzweigt als solche mit wenigen Fibrillen. Ersteres wohl deshalb, weil sie ungestörter wachsen, also sich besser entwickeln (und fruchten) können. Fibrillen und Seitenzweige unterscheiden sich laut Definition (s. Kap. G1.1.1) nur aufgrund ihrer Länge und Dicke. Beide stellen Verzweigungen des Hauptastes dar, weshalb sich ein höherer Mittelwert auch bei stark mit Fibrillen besetzten Lagerstielen ergibt. Fibrillen treten vermehrt an trittbeeinflussten Stellen auf. Teilweise zeigen sich daher signifikante Unterschiede zwischen den durch Tritt geprägten Standorttypen auf der einen und den ungestörteren auf der anderen Seite.

Fazit: Apothecienbildung führt zu einer stärkeren Verzweigung am Podetienende. Der Standort hat nur insofern Einfluß, als daß die dort herrschenden Bedingungen eine Fruchtkörperbildung fördern oder bremsen (s.u.). Auch mechanische Störungen können eine vermehrte Zweig- und Fibrillenbildung auslösen. Fibrillen entstehen v.a. an trittbelasteten Standorten.

c) Anzahl und Größe der Schuppen

Im Schatten (Standorttyp Wald) werden mehr Schuppen gebildet, um die Oberfläche zu vergrößern (vgl. BRITZELMAYR 1904). An Waldstandorten werden die Flechten wenig gestört, bilden häufiger Pyknidien, tragen weniger Fibrillen, zeigen kaum Pigmentierung aber eine ausgedehnte Algenschicht und fruchten weniger oft. Daher treten (teilweise signifikante) Unterschiede bei den Mittelwerten zwischen Podetien unterschiedlich gestörter Standorte, zwischen pyknidientragenden und pyknidienlosen, zwischen unterschiedlich mit Fibrillen besetzten bzw. pigmentierten und zwischen fruchtenden bzw. nicht fruchtenden Lagerstielen auf.

Fazit: Die Anzahl Schuppen ist in erster Linie von den Lichtverhältnissen abhängig. Alle weiteren scheinbaren Zusammenhänge zwischen diesem und anderen Podetienmerkmalen, z.B. zwischen Beschuppung und Apothecienbildung, beruhen wohl eher darauf, daß jeweils beide Merkmale deutlich aber unabhängig voneinander auf die Bedingungen am Standort reagieren.

Die größten Schuppen wachsen an Waldstandorten. Daher zeigen sich auch hier, analog zu den Ausführungen im vorigen Abschnitt, teilweise signifikante Unterschiede zwischen Podetien unterschiedlich stark gestörter Standorte, zwischen solchen mit und ohne Pyknidien, zwischen unterschiedlich pigmentierten bzw. durch eine unterschiedliche Ausdehnung der Algenschicht gekennzeichneten sowie zwischen fruchtenden und nicht fruchtenden Lagerstielen. Die Anzahl der Schuppen korreliert nur schwach mit der Schuppengröße.

Fazit: Die Schuppengröße ist weniger deutlich vom Standort abhängig als die Schuppenzahl. Es können auch unter anderen, als den in Wäldern herrschenden Bedingungen größere Schuppen auftreten. „Viele Schuppen“ muß nicht immer „größere Schuppen“ bedeuten und umgekehrt. Exemplare mit wenigen Schuppen können ebenfalls große Schuppen haben.

d) Apothecien und Pyknidien

Die für die Apothecienbildung günstigsten Standortverhältnisse finden sich in Heiden und an Waldrändern, daher auch der etwas höhere Mittelwert bei der Apothecienzahl für die mäßig trittbeeinflussten Standorte, die größtenteils Heiden oder Waldrändern zuzuordnen sind. Ebenso verhält es sich mit dem Mittelwert der schwach pigmentierten Podetien. Dieser ist höher, weil sich derartige Exemplare häufig in Heiden und an Waldrändern finden. Starker Tritt verhindert eine ungestörte Podetien-Entwicklung, mäßige Tritteinwirkung scheint aber die günstigen mikroklimatischen Bedingungen an beiden Standorttypen bezüglich der Apothecienbildung nicht aufheben zu können. Exemplare mit wenigen Fibrillen weisen besonders viele Apothecien auf. Die höchsten Mittelwerte der Apothecienzahl erhält man für die Heiden und Waldränder, den höchsten Mittelwert für den Anteil an Pyknidien weist dagegen der Standorttyp Wald (also die schwach gestörten Stellen) auf.

*Fazit: Apothecien bilden sich besonders an sonnigen, jedoch nicht zu extrem sonnig-trockenen Standorten (wie sie beispielsweise die Felsen darstellen). Dies wird durch die Feststellung bestätigt, daß *Cladonia furcata* ssp. *furcata* im *Cladonietum foliaceae*, einer Gesellschaft der Basalt- und Diabasfelsen, nur sehr selten fruchtet (s. Kap. E5). Pyknidien entstehen dagegen vermehrt unter schattigen Bedingungen mit besseren Feuchtigkeitsverhältnissen.*

Apothecien werden in Heiden und an Exemplaren ohne Fibrillen am größten.

Fazit: Günstige Standortbedingungen ohne mechanische Störeinflüsse können die Ausbildung relativ großer Fruchtkörper fördern.

e) Pigmentierung und Algenschicht

Die Algenschicht dehnt sich unter weniger strahlungsintensiven Bedingungen weiter über das Podetium aus als bei stärkerer Sonneneinstrahlung. Daher ist die Algenschicht in den Podetien der Wälder, Waldrändern und Berglagen großflächiger ausgebildet als in den Podetien der Heiden. Allerdings ist der Anteil Podetien mit ausgedehnter Algenschicht auch an den sonnigen Felsstandorten im Mittel wesentlich höher als in den Heiden. Durch die starke Pigmentierung zum Schutz vor schädlicher Strahlung könnte auch weniger photosynthetisch nutzbare Strahlung zu den Algen gelangen. Hinzu kommt, daß Phasen photosynthetischer Aktivität nur bei ausreichender Feuchtigkeit und somit in der Regel bei geringerer Lichtintensität möglich sind. Es herrschen dann aus Sicht der Algen ähnliche Lichtverhältnisse wie an schattigen Standorten (vgl. Kap. II.1).

Fazit: Die Pigmentierung hängt ausschließlich von den Lichtverhältnissen ab, die Ausdehnung der Algenschicht vermutlich auch.

f) Podetienform

Fazit: Anhand der in Kap. G3.2 und G3.3 dargestellten Ergebnisse läßt sich festhalten, daß die Podetienform hauptsächlich eine Frage des Alters ist, daher die Abhängigkeit von der Fruchtkörperbildung (fruchtende Thalli stellen die Endstadien der Flechtenentwicklung dar). Dies erklärt auch, warum hochwüchsige Polster häufiger geschlitzte bzw. offen-rinnige Podetien aufweisen.

g) Zusammenfassung der Rolle innerer und äußerer Faktoren

Tab. 41 faßt die Bedeutung der Standortverhältnisse bzw. des Entwicklungszustandes für die Ausprägung der einzelnen Podetienmerkmale zusammen. Zwei Kreuze bedeuten einen starken, ein Kreuz einen schwächeren Einfluß. Ein Fragezeichen steht in Fällen, in denen die Untersuchung keine eindeutigen Aussagen ermöglichen, ein Einfluß aber denkbar ist. Da die Thalli nach der Pyknidienbildung ihr Wachstum einstellen (VOBIS 1980), ist beispielsweise bei diesem Merkmal, wie auch bei der Apothecienbildung, ein „innerer“ Einfluß wahrscheinlich. Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß offensichtlich der Großteil der morphologischen Merkmale eine deutliche Abhängigkeit von den Standortbedingungen zeigt. Weniger vom Standort, dagegen hauptsächlich vom Entwicklungszustand abhängig ist das Merkmal Anzahl Zweige am Podetienende.

Tab. 41: Zusammenfassung der Bedeutung von Standortfaktoren und Entwicklungszustand auf die einzelnen Podetienmerkmale bei *Cladonia furcata* ssp. *furcata* (Erläuterungen im Text)

Podetienmerkmale	Standortfaktoren	Entwicklungszustand (z.B. Alter)
max. Podetienlänge	++	+
max. Podetiendurchmesser	++	
Anzahl Verzweigungen	++	++
Anzahl Zweige am Podetienende	+	++
max. Anzahl Schuppen	++	
max. Größe Schuppen	++	
Anzahl Apothecien	++	+
max. Größe Apothecien	+	
Anteil pyknidientragender Podetien	++	?
Anteil Podetien mit zahlreichen Fibrillen	++	
Pigmentierung	++	+ (s. Kap. II.1)
Deckung der Algenschicht	++	

3.5 Modifikationen

Besonders die Subspezies *furcata* tritt in Nordhessen in einer bemerkenswerten morphologischen Vielfalt auf. Aber auch bei der Subspezies *subrangiformis* lassen sich verschiedene Modifikationen erkennen. Um die Fülle verschiedenster morphologischer Erscheinungsformen zu bündeln, werden sie in der folgenden Besprechung nach dem dominierenden Merkmal zusammengefaßt. Die ganze Bandbreite an Variabilität darzustellen, würde den Rahmen dieses Kapitels sprengen. Text und Bildtafeln (Taf. 2 bis 4 im Anhang 2) sollen dennoch einen Eindruck von der Vielfalt unterschiedlichster Gestalttypen im Untersuchungsgebiet vermitteln. Weiterhin wird ein Vergleich mit den in Kap. G2 besprochenen Varietäten und Formen durchgeführt und sofern dabei Übereinstimmungen erkennbar sind, auf diese jeweils hingewiesen.

3.5.1 *Cladonia furcata* ssp. *furcata*

Das Merkmal „Fruchtkörper vorhanden“ vereint im Untersuchungsgebiet Thalli, die sich in anderen Merkmalen deutlich voneinander unterscheiden. Es kommen Exemplare mit stark längsrissigen und daher rinnigen Podetien vor (s. Taf. 2.1 und Taf. 2.2 im Anhang 2), die der var. *racemosa* f. *fissa* entsprechen (Beschreibung z.B. bei ANDERS 1928, SANDSTEDE 1931 und ERICHSEN 1957). Fertile Stadien mit schlanken, bis zu 70 mm hohen, entfernt beblätterten Lagerstielen zeigen dagegen Ähnlichkeit mit der f. *foliolosa* (var. *pinnata*) von SANDSTEDE (1931). Auch schlanke, aufrechte Podetien mit schirmförmigen Fruchtständen (s. Taf. 2.3 im Anhang 2), wie sie für die var. *racemosa* f. *corymbosa* (bzw. *modificatio corymbosa*) als charakteristisch angegeben werden (z.B. BRITZELMAYR 1904, SANDSTEDE 1922/1931, HILLMANN & GRUMMANN 1957) und Polster mit gleich hohen, auf einer Ebene fruchtenden Podetien, wie sie die var. *pinnata* f. *truncata* auszeichnen, wurden beobachtet. Darüber hinaus treten weitere, nicht eindeutig zuzuordnende fertile Thalli auf (s. Taf. 2.4 im Anhang 2). Ein eindeutiger Typus „fruchtender Thallus“ ist nicht erkennbar, lediglich die etwas stärkere Verzweigung ist allen fertilen Polstern gemein. Eine Auflistung aller

Erdflechtengesellschaften, in denen fruchtende Podetien auftraten, findet sich in Kap. E5.

Beschuppte, jedoch oft sterile Thalli kommen im Untersuchungsgebiet weit verbreitet vor. Der Grad der Beschuppung reicht von wenigen kleinen Schuppen bis hin zu Podetien, die fast vollständig mit Schuppen bedeckt sind (s. Taf. 2.5 bis Taf. 2.8 im Anhang 2). Ein Vergleich mit Literaturangaben gestaltet sich schwierig, eine eindeutige Zuordnung ist kaum möglich. Schlanke, gutwüchsige, stark beschuppte Exemplare (s. Taf. 2.7 im Anhang 2) zeigen Übereinstimmungen mit der var. *pinnata* f. *foliolosa*. Etwas niedrigwüchsigerer gleichen der var. *racemosa* f. *squamulifera* (SANDSTEDTE 1931) und weniger aufrecht wachsende, gebräunte Thalli mit kleinen Schuppen ähneln der var. *palamaea* f. *rigidula* (s. ANDERS 1928, SANDSTEDTE 1931). Reich beschuppte Thalli, mit durchschnittlich mehr als 20 Schuppen pro Podetium, sind besonders in der *Cladonia rangiferina*-Variante des *Cladonietum mitis typicum* an Waldstandorten anzutreffen, z.B. in den Eichenwäldern des Ederseegebietes oder am Roßkopf.

Modifikationen mit zahlreichen dornig-pfriemlichen Nebenästen (Fibrillen) sind in Nordhessen nur gelegentlich zu beobachten (s. Taf. 2.11 und Taf. 2.12 im Anhang 2). Sie kommen z.B. im Bereich des Segelflugplatzes am Dörnberg, am Michelskopf (Edersee) und auf dem Maderstein vor, also sehr sonnigen Felsstandorten, an denen zumindest zeitweise mechanische Störungen in Form von Tritt (durch Weidevieh oder Mensch) bzw. durch herabrutschendes Gestein auf die Flechten einwirken und eine verstärkte Fibrillenbildung bewirken können. Dies führt zur Ausbildung teilweise bizarr anmutender Gestalten oder zahlreicher Auswüchse (s. Taf. 2.9 und 2.10 im Anhang 2). Nach SCHADE (1964) wäre solch eine Erscheinungsform als „*terras spinosum*“ zu bezeichnen. Ein Vergleich der nordhessischen Proben mit Abbildungen in der Literatur ergibt deutliche Übereinstimmungen in Bezug auf Wuchsform, Pigmentierung und Verzweigung mit der var. *palamaea* bei ANDERS (1928) bzw. der f. *palamaea* bei SANDSTEDTE (1931). Die Flechtenbestände der ausgewählten nordhessischen Fundorte, an denen diese Modifikation auftritt, sind dem *Cladonietum foliaceae* und der *Cladonia furcata-Cladonion arbusculae*-Fragmentgesellschaft zuzuordnen.

Glatte schlanke Podetien mit zugespitzten Astenden, der var. *racemosa* f. *furcatosubulata* (s. z.B. SANDSTEDTE 1931, ERICHSEN 1957, HILLMANN & GRUMMANN 1957) entsprechend, treten im Untersuchungsgebiet vielerorts auf. Beispiele für Wuchsorte sind die Zeche Glimmerode, der Orenberg bei Willingen, der Michelskopf/Edersee, der Battenfelder Driescher und der Burghasunger Burgberg. Erdflechtengesellschaften des Untersuchungsgebietes, in denen diese Modifikation gefunden wurde, sind neben der *Cladonia furcata-Cladonion arbusculae*-Fragmentgesellschaft auch die *Cladonia floerkeana*-Variante des *Cladonietum rei* und die *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft, also zwei Gesellschaften, die als intermediäre Sukzessionsstadien gelten (s. Kap. E2.1.4). Geht man davon aus, daß Thalli auf derartigen Standorten noch keine sehr lange Wachstumszeit hatten, so würde dies die Aussage von VERSEGHY (1987/88) bestätigen, wonach die f. *furcatosubulata* lediglich ein Jugendstadium der Flechte darstellt (s. Kap. G2.1.4).

Verwechslungsmöglichkeiten mit *Cladonia gracilis* und *Cl. crispata*:

Eine Verwechslungsmöglichkeit von *Cladonia furcata* ssp. *furcata* und *Cl. gracilis* besteht besonders bei kümmerlich entwickelten Exemplaren mit deutlichen Grundschuppen und spärlich ausgebildeten Podetien (s. Taf. 3.2 im Anhang 2). Allenfalls der etwas schlankere Wuchs der unverzweigten oder wenig verzweigten Podetien deutet dann auf *Cl. gracilis* hin, sofern Lagerstiele deutlich genug erkennbar sind. Auch die im Untersuchungsgebiet gelegentlich auftretenden höherwüchsigen aber becherlosen Formen von *Cl. gracilis* lassen sich oft nur aufgrund der geschlossenen Achseln und des geringeren Verzweigungsgrades exakt bestimmen (s. Taf. 3.1 und Taf. 3.3 im Anhang). Beide Arten stimmen bezüglich der Inhaltsstoffe überein. Eine typisch ausgebildete *Cl. gracilis*, wie sie im Untersuchungsgebiet ebenfalls auftritt, ist u.a. durch schmale Becher gekennzeichnet (s. Taf. 3.4 im Anhang 2).

Cladonia crispata kann mit *Cl. furcata* ssp. *furcata* verwechselt werden, wenn ihre Polster untypisch ausgebildet, d.h. ihre Podetien nach oben hin kaum (becherförmig) erweitert und am Rand wenig gezähnt sind (s. Taf. 3.5 bis Taf. 3.7 im Anhang 2). Sie sehen dann zierlichen Formen von *Cl. furcata* ssp. *furcata* ähnlich, die nur kurze Zweige an der Podetienspitze aufweisen (s. Taf. 3.8 im Anhang 2). Beide Arten können jedoch aufgrund verschiedener Inhaltsstoffe eindeutig unterschieden werden: *Cl. furcata* enthält Fumarprotocetrarsäure, *Cl. crispata* dagegen Squamatsäure (s. Kap. F2). Dies läßt sich bereits mit dem K-Test erkennen, da die *furcata*-Exemplare aufgrund ihres Fumarprotocetrarsäure-Gehaltes K⁺ braun, die *crispata*-Exemplare dagegen K⁻ reagieren.

3.5.2 *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis*

Fruchtende Exemplare kommen bei der Subspezies *subrangiformis* im Untersuchungsgebiet viel seltener vor als bei der Subspezies *furcata*. Parallelen in der Gestalt lassen sich dennoch erkennen, da auch bei *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis* die fruchtenden Podetien rinnig aufreißen können (s. Taf. 4.6 im Anhang 2). Beschuppte Formen spielen bei dieser Unterart eine wesentlich geringere Rolle als bei der *Cl. furcata* ssp. *furcata*; Schuppen treten nur sporadisch und in geringer Anzahl auf (s. Taf. 4.1 im Anhang 2, oberes Podetium). Da *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* häufig auf beweideten Standorten siedelt, sind durch Tritteinwirkung in ihrer Wuchsform beeinflusste Podetien nicht selten. Unregelmäßig verzweigte, dem Boden anliegende Lagerstiele und zahlreiche Nachschüsse können die Folge sein (s. Taf. 4.3 und Taf. 4.4 im Anhang 2). Oft sind die Podetien von *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* glatt und relativ schlank (s. Taf. 4.1 und Taf. 4.2 im Anhang 2), bisweilen treten jedoch Modifikationen mit aufgedunsenen, zum Teil auch längsrissigen Podetien auf (s. Taf. 4.5 und Taf. 4.6 im Anhang 2). Bei dem in Taf. 4.5 abgebildeten Exemplar sind die für die Unterart charakteristischen punktförmigen, weißen Markaufbrüche besonders gut erkennbar. Übereinstimmungen zeigen sich zwischen diesen aufgedunsenen Exemplaren und der bei SANDSTEDTE (1931) beschriebenen sowie von weiteren Autoren (z.B. VERSEGHY 1975) erwähnten Forma *vagans*.

Die enormen Unterschiede in der Pigmentierung (manche Exemplare sind oberseits fast schwarz) werden bei einem Vergleich der in Taf. 4 (im Anhang 2) zusammengestellten Thalli ersichtlich.

4 Anatomische Merkmale

Das vorhergehende Kapitel beschreibt die Zusammenhänge zwischen den äußerlich sichtbaren Merkmalen und dem Standort. Ergänzend dazu stellt sich die Frage, ob auch anatomische Unterschiede zwischen Thalli bestehen, die während ihres Wachstums unterschiedlichen Standortbedingungen ausgesetzt waren. Hierfür wurden Podetien-Querschnitte einiger exemplarisch ausgewählter morphologischer Erscheinungsformen von *Cladonia furcata* ssp. *furcata* sowie einer gut entwickelten *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis*-Probe angefertigt. Darüber hinaus werden auch die anatomischen Verhältnisse dreier untypisch ausgebildeter, von *Cl. furcata* nur schwer zu unterscheidender Podetien von *Cl. gracilis* beschrieben, welche auch für die ITS rDNA-Sequenzierung verwendet wurden (s. Kap. H). Herkunft sowie einige morphologische Merkmale der *Cl. furcata*- und *Cl. gracilis*-Proben sind Tab. 42 zu entnehmen.

Tab. 42: Daten zu den lichtmikroskopisch untersuchten Proben von *Cladonia furcata* und *Cl. gracilis*

Probe	Herkunft	Standorttyp	Verteilung der Algenschicht (= Gonidienzone) über die Podetien	Pigmentierung	Schuppen	Fibrillen	Sonstige Merkmale
furcata-1	DT	W	fleckig, aber meist nur kleinflächig ohne Algen	-	++	-	-
furcata-2	ME	W	fleckig bis dicht, jedoch stellenweise auch deutlich algenfreies Mark sichtbar	-	o	-	fruchtend; fast schon Degenerationsstadium
furcata-3	RK	W	fleckig bis großflächig deckend, aber auch deutlich algenfreies Mark sichtbar	-	++	o	-
furcata-4	ZG	R	dicht fleckig bis gepunktet; zur Spitze hin punktförmige Areale mit Algen, zur Basis hin größere Flecken ohne Algen.	+	-	-	sehr glatt, schlank und regelmäßig aussehend
furcata-5	MI	F	fleckig-locker bis dicht	+	-	o	-
furcata-6	KM	B	fleckig/gepunktet bis (zur Basis hin) fast geschlossene Algenschicht	-	-	o	-
furcata-7	DB	F	dicht gepunktet, zur Basis hin eher fleckig bis großflächig deckend	+	o	o	Trittbelastung; Oberfläche stellenweise warzig
furcata-8	MK	B	locker fleckig bis dicht; zur Spitze hin gepunktet	-	o	o	-
furcata-9	MK	B	zur Spitze hin dicht gepunktet, zur Basis hin flächig deckend, jedoch mit größeren Flecken ohne Algenschicht	-	++	+	-
gracilis-1	SZ	F	gefleckt (größere rundliche Flecken)	++	-	-	Kümmerwuchs (Trittbelastung?), Oberfläche warzig
gracilis-2	NT	R	gepunktet, locker bis, gegen die Basis hin, dichter	+	o	o	zierlich, glatt aussehend
gracilis-3	MM	B	fleckig, zur Spitze hin gepunktet, aber oft lückig	+	+	o	zierlich, aufrecht und wenig verzweigt

Merkmalsausprägung: - nicht/keine, o wenig, + stark/viele, ++ sehr stark/sehr viele

Abkürzungen der Standorttypen s. Kap. G1.1.1, S. 109. Zur Herkunft siehe Fundortverzeichnis im Anhang 1.

4.1 Podetien

Die Podetien wurden jeweils in der oberen, gut entwickelten Hälfte geschnitten. Im Querschnitt der Podetien sind ein zentraler Hohlraum und 3 ihn umgebende Schichten abgrenzbar. Der zentrale Hohlraum bildet sich sehr früh. Er tritt bereits in nur etwa 0,5 mm dicken Seitenästen auf. Nach HENSSEN & JAHNS (1974) wird allgemein bei Flechten eine Rinde (= Cortex), eine Algenschicht und eine Markschiicht (= Medulla) unterschieden. Passender für die Cladonien erscheint allerdings die Einteilung von SANDSTEDE (1931), die im weiteren verwendet wird. Von außen nach innen, kommen folgende Schichten vor:

- Rindenschicht (stratum corticale)
- äußeres Mark (stratum myelohyphicum), mit Gonidienzone und gonidienfreier Zone
- inneres Mark (stratum chondroideum)

Ehe auf die Besonderheiten der einzelnen Querschnitte eingegangen wird, sollen zunächst einige allgemeine, unter dem Lichtmikroskop sichtbare Merkmale der Schichten angesprochen werden.

Die **Rindenschicht** ist kompakt, durchscheinend und gelatinös. Die Wände der Rindenzellen sind gallertig verquollen (vgl. HENSSEN & JAHNS 1974). Die Hyphenoberfläche erscheint glatt bis stellenweise rauh. Bei dunkel gefärbten Proben ist eine deutliche Pigmentierung (Braunton) erkennbar. Stellenweise löst sich die Rinde auf, so daß das Mark nach außen hin nur durch eine körnige Struktur abgeschlossen wird. Die Hyphen sind rund 1 µm dick.

Die **äußere Markschiicht** ist mehr oder weniger durchgängig entwickelt, kann jedoch bezüglich der Schichtdicke innerhalb desselben Querschnitts deutlich variieren. Es lassen sich zwei Zonen unterscheiden: Zur Rinde hin liegt die **Gonidienzone**, ein Geflecht aus Pilzhyphen und Algenzellen. Die kokkalen Algen (= Gonidien) liegen darin meist dicht beieinander. Sie variieren wenig in der Größe und haben einen Durchmesser von maximal 10 bis 11 µm (bei der Probe „subrangiformis“ bis 14 µm), meist jedoch um 7 µm. Darunter findet sich die **gonidienfreie Zone** als dunkel erscheinendes, da luftgefülltes, relativ lockeres Hyphengeflecht, welches ein Luftreservoir für den Gasaustausch bildet. Die Hyphen sind mit 4 µm deutlich dicker als die Hyphen der Rinde bzw. des inneren Marks und weisen eine unter dem Lichtmikroskop undeutlich erkennbare rauhe Oberflächenstruktur auf. Eventuell handelt es sich dabei um Flechtenstoffe, welche die Zellwände mit einer dicken Kristallschicht überziehen können (HENSSEN & JAHNS 1974). Die **innere Markschiicht** stellt einen kompakten Zylinder aus verleimten Längshyphen dar, der im Querschnitt eine sehr unterschiedliche Dicke aufweist. Die Hyphen selbst sind mit 1µm Durchmesser relativ dünn.

Die Querschnitte sowie die einzelnen Schichten wurden unter dem Lichtmikroskop ausgemessen und aus den Werten anschließend der maximale prozentuale Anteil der Schichten am Radius des Querschnitts ausgerechnet (s. Tab. 43). Auf diese Weise können die verschiedenen Querschnitte miteinander verglichen werden. Da beim

inneren Mark, über den gesamten Querschnitt betrachtet, dicke und dünne Stellen meist etwa gleichen Anteil haben, konnte hier zur Orientierung auch der mittlere Anteil ausgerechnet werden. Beim äußeren Mark war dies aufgrund der zu großen Unregelmäßigkeiten nicht möglich.

Tab. 43: Maximaler prozentualer Anteil der einzelnen Schichten am Radius des Podetiums (Standorttypen s. Kap. G1.1.1, S. 109)

	<i>furcata</i> -1 <i>furcata</i> -3 <i>furcata</i> -6 <i>furcata</i> -8.1 <i>furcata</i> -8.2 <i>gracilis</i> -3						<i>furcata</i> -4 <i>furcata</i> -5 <i>furcata</i> -7 <i>gracilis</i> -1 <i>gracilis</i> -2.1 <i>gracilis</i> -2.2 subrangifor- mis						
	Standorttyp W + B						Standorttyp R + F						
Radius Podetium [μm]	400	625	325	575	900	300	375	525	375	325	275	375	500
Rinde maximal [%]	6	4	8	4	2	8	5	4	5	10	7	6	4
Gonidienzone maximal [%]	8	4	10	6	5	12	11	7	11	24	13	10	15
gonidienlose Zone maximal [%]	2	10	7	6	5	31	5	19	5	11	7	26	13
inneres Mark maximal [%]	27	25	26	39	20	20	31	24	38	17	22	15	23
inneres Mark MW [%]	21	21	22	25	15	14	25	13	29	14	18	10	-

Es zeigen sich folgende Tendenzen (s. Tab. 43):

Bei Podetien mit dünner Rindenschicht ist auch die Gonidienzone eher dünn und umgekehrt. Die Exemplare mit dünner Rinde und dünner Algenschicht entstammen verhältnismäßig beschatteten Standorten (Standorttyp Wälder und Berglagen). Um das geringere Lichtangebot nutzen zu können, liegen die Algen tendenziell wohl weniger über- als nebeneinander. Der mittlere maximale Anteil der Gonidienzone dieser Proben beträgt 7,9 % (*Cl. furcata*-Proben: 6,9 %). Einen mittleren maximalen Anteil der Algenschicht von 13,3 % (*Cl. furcata*-Proben: 11,0 %) haben dagegen die Thalli der besonnten Standorte (Standorttypen Felsen, Waldränder). Bei ihnen ist die Rinde dicker und die Algenschicht mächtiger ausgebildet.

Podetien mit dickerer gonidienloser Zone haben ein eher dünnes inneres Mark und umgekehrt. Bei Betrachtung der Herkunft der einzelnen Proben zeigt sich hierbei kein klarer Zusammenhang zwischen den Standortbedingungen und der Schichtdicke.

4.2 Beschreibung der einzelnen Podetienquerschnitte

a) Podetien von Standorten des Typs Wälder oder Berglagen

Probe furcata-1 aus einem Eichenwald zeigt ein Podetium mit ziemlich regelmäßigem Querschnitt (Abb. 32a). Das innere Mark ist relativ dick, die äußere Markschrift dagegen verhältnismäßig dünn. Sie wird fast vollständig von der Gonidienzone eingenommen. Wie in Kap. G3.2 gezeigt, ist eine derart ausgedehnte Algenschicht typisch für Podetien von Waldstandorten. Die Rindenschicht wird von zahlreichen Spalten durchbrochen. Es treten am Podetium zudem Stellen auf, an denen Rindenschicht und Gonidienzone auf größerer Fläche komplett fehlen.

Ähnlich ist die Anatomie bei **Probe furcata-8** von einer Basaltblockhalde am Meißner. Die Algen liegen locker, aber ziemlich gleichmäßig um den gesamten Querschnitt verteilt unter der Rinde. Darunter folgt eine schmale, gonidienlose Zone. Genau wie bei Probe furcata-1 durchbrechen im Querschnitt immer wieder Spalten die Rinde, so daß die Hyphen der gonidienlosen Zone in direktem Kontakt zur Außenwelt stehen. In den weiter zur Podetienbasis hin entnommenen, sehr großen Querschnitten (Probe furcata-8.2, s. Tab. 43), lassen sich Gonidienzone und gonidienlose Zone nur noch schwer voneinander trennen, da die Algen dort locker verteilt im gesamten äußeren Mark liegen. Der Querschnitt der dickeren unteren Podetienhälfte ist gleichmäßiger als der Querschnitt aus der Podetienspitze. **Probe furcata-6** wuchs an einem ähnlichen Standort und zeigt auch einen im wesentlichen dem der Probe furcata-8 vergleichbar aufgebauten Querschnitt. Ebenso die **Probe furcata-3** aus einem Eichentrockenwald auf Grauwacke, jedoch liegen dort die Algen weniger durchgängig, sondern etwas unregelmäßiger verteilt unter der Rinde und bilden nur an einigen Stellen eine über größere Abschnitte reichende Schicht.

Die **Probe gracilis-3** (Abb. 32f) stellt ein zierliches Exemplar von einer Basaltblockhalde dar. Im Querschnitt zeigt sich, daß die pustelförmigen Aufwölbungen am Podetium im Inneren ein sehr dickes, aber extrem lockeres äußeres Mark (gonidienlose Zone) mit großen Zwischenräumen aufweisen. Die Rinde ist relativ betrachtet dicker als bei den *Cl. furcata*-Proben des selben Standorttyps und, zumindest oberseits, deutlich braun pigmentiert. Die Gonidienzone ist gut entwickelt, allerdings konzentrieren sich die Algen vermehrt auf die pigmentierte, dem Licht zugewandte Podetienoberseite. Den zentralen Hohlraum umgibt ein verhältnismäßig dünner, aber regelmäßiger Zylinder der inneren Markschrift.

b) Podetien von Standorten des Typs Waldränder oder Felsen

Die Podetien der **Probe furcata-4** eines Waldrand-Standortes (Abb. 32b) haben eine Rinde, die an einigen Stellen körnig aufgelöst ist. Bis ans innere Mark heranreichende Risse treten ebenfalls auf. Die äußere Markschrift ist schmal und besteht in den Bereichen, in denen die Algenzellen vorkommen nur aus einer Gonidienzone. Gonidienlose Bereiche kommen lediglich stellenweise, quasi zwischen der Gonidienzone gelegen vor und liegen dann dementsprechend unmittelbar unter der

Rinde. Das Podetium ist an den Bereichen mit Flechtenalgen stellenweise etwas nach außen gewölbt. Der Zylinder aus innerem Mark ist kräftig entwickelt.

Probe furcata-5 (Abb. 32c) stammt von einem sonnigen Tonschiefer-Steilhang. Das im Umriss unregelmäßige Podetium weist eine für derart sonnige Felsstandorte typische braun pigmentierte Rindenschicht auf (vgl. Kap. G3.2). Diese ist jedoch stellenweise sehr dünn oder fehlt gänzlich. Die Algen finden sich überwiegend in Bereichen, an denen sich die Podetienoberfläche leicht nach außen wölbt. Dazwischen liegen nur einzelne Algenzellen ins äußere Mark eingestreut. Die Algenschicht ist nicht so durchgängig, wie es nach den Ergebnissen der morphologischen Untersuchungen (s. Kap. G3.2) bei Podetien des Standorttyps Felsen zu erwarten gewesen wäre. Eine typische Probe dieser Standorte ist daher wohl die **Probe furcata-7**, bei der die Algen im gesamten äußeren Mark liegen. Äußeres und inneres Mark sind bei Probe furcata-7 bezüglich der Schichtdicke ziemlich gleichmäßig entwickelt.

Der Querschnitt von *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis* (Abb. 32d) entspricht im wesentlichen denen der *Cl. furcata* ssp. *furcata*-Proben. In der Gonidienzone liegen die relativ großen Algenzellen verhältnismäßig locker verteilt. Die Gonidienzone ist ausgedehnt, ähnlich der *Cl. furcata*-Proben von Felsstandorten, jedoch nicht durchgängig entwickelt. Sie wird immer wieder von Hyphen der gut entwickelten gonidienlosen Zone unterbrochen. Die Rinde ist an solchen Stellen dünn oder körnig aufgelöst.

Probe gracilis-1 repräsentiert eine Kümmerform, im Erscheinungsbild geprägt durch Trittbelastung an ihrem Wuchsort, einer von Pfaden durchzogenen stark besonnten Basaltblockhalde. Die Podetien sind kurz und von geringem Durchmesser. Im Querschnitt (Abb. 32e) ist wie bei Probe furcata-5 eine dicke, braun pigmentierte Rindenschicht erkennbar. Im Vergleich zu den *Cl. furcata*-Proben ist die Rinde ziemlich mächtig ausgebildet (vgl. auch Probe gracilis-3). Die innere Marksicht ist dagegen relativ dünn und im gesamten Querschnitt bezüglich der Schichtdicke wenig variabel. Bei dem deutlich dickeren äußeren Mark fällt auf, daß die Zone mit Algen nicht ringförmig den ganzen Querschnitt durchzieht, sondern in einer Hälfte des Querschnitts und auch dort nur fleckweise ausgebildet ist. Hierin unterscheidet sich diese Probe also von typischen *Cl. furcata*-Podetien der Felsstandorte.

Dem Querschnitt in Abb. 32f ähnlich ist der von **Probe gracilis-2** aus dem Niestetal. Er weist ebenfalls ein relativ dünnes inneres Mark auf und die Schnitte aus der Podetienmitte zeigen auch pustelförmige bzw. beulenartige Auswölbungen, die mit locker verflochtenen Hyphen der gonidienlosen Zone ausgefüllt sind. Zwischen den Auswölbungen ist die gonidienlose Zone lediglich dünn oder fehlt vollständig, die Gonidienzone nimmt dann fast das gesamte äußere Mark ein. In Übereinstimmung mit *Cl. furcata*-Proben vom selben Standorttyp, fehlt die Gonidienzone nur an wenigen Stellen, die Hyphen der gonidienlosen Zone liegen an solchen Stellen locker geknäuel direkt unter der Rinde, die dort dünner bzw. körnig aussieht. Querschnitte, die weiter basal am Podetium entnommen wurden (Probe gracilis-2.2) zeigen, daß die Algen dort weniger dicht gedrängt zwischen den locker verflochtenen Hyphen des äußeren Marks

liegen und die Gonidienzone relativ gesehen weniger Raum einnimmt. Die Rinde weist Lücken auf, die bis zum inneren Mark reichen.

c) Längsschnitt Podetium

Von den Proben furcata-5 und furcata-3 wurden Podetien-Längsschnitte angefertigt (Abb. 33a). In diesen zeigen sich folgende Verhältnisse: Die **Rindenschicht** sieht kompakt, fast zellulär aus. Die Rinde fehlt stellenweise bzw. erscheint körnig aufgelöst. In einigen Schnitten ist die **Gonidienzone** sehr unregelmäßig dick. Während sie an manchen Stellen des Schnittes fast vollständig fehlt, bildet sie an anderen deutliche, knollige Verdickungen aus. In der **gonidienfreien Zone** sind kleine Hohlräume zwischen den Hyphen erkennbar. Die **innere Markschrift** ist im gesamten Längsschnitt annähernd gleich dick.

4.3 Schuppen am Podetium (= Phylloide) und Grundschuppen

Ergänzend zu den Podetienquerschnitten wird nachfolgend der Aufbau der Phylloide ebenfalls kurz erläutert. Die untersuchten Schuppen sind den Proben furcata-3 und furcata-9 entnommen. Die Oberseite der Phylloide ist ebenfalls nicht durchgängig, sondern fleckig grün, da Bereiche mit Algen durch Bereiche ohne Algen abgegrenzt sind. Die Oberfläche sieht glatt, zum Rand hin etwas glänzend aus. Die Unterseite ist weiß und filzig. Weiße Strahlen ziehen von der Schuppenbasis zum Rand, sind jedoch nur stellenweise sichtbar (s. Abb. 33d).

Im Querschnitt ist zu erkennen, daß die Schichten in den Schuppen, denen in den Podetien gleichen (Abb. 33e+f). Die **Rindenschicht** ist durchscheinend trüb und ungefärbt, wie es für die Standorttypen Wald bzw. Berglagen typisch ist. Ihre Oberfläche erscheint im Querschnittsbild ziemlich rauh. Die **Gonidienzone** weist dicht gepackte Algenzellen auf. Die **gonidienlose Zone** umschließt stellenweise Areolen des inneren Marks und bildet am Rand sowie an der Spitze der Schuppen das Abschlußgewebe nach unten, welches unter dem Binokular als weißer Filz zu erkennen ist. Die **innere Markschrift** ist nicht durchgängig entwickelt. Sie ist dort, wo sie vorkommt an den dünnen, verklebten Hyphen erkennbar. Äußeres und inneres Mark liegen also in den Schuppen nicht in Schichten übereinander. Das innere Mark bildet nur in der Mitte der Schuppen durchgängige Bereiche. An der Spitze und am Rand der Schuppen ist eine innere Markschrift fast nicht vorhanden. Je weiter die Schnitte zur Schuppenmitte hin angefertigt wurden, desto ausgedehnter sind die Bereiche mit innerem Mark. Jedoch liegen diesem oft noch filzige Reste der gonidienlosen Zone auf, so daß nur an vereinzelt Stellen das innere Mark das untere Abschlußgewebe bildet. Die Areolen mit innerer Markschrift entsprechen Querschnitten der im Binokular erkennbaren Strahlen, die von diesen Hyphen gebildet werden und ähnlich den Blattadern höherer Pflanzen die Blättchenfläche durchziehen.

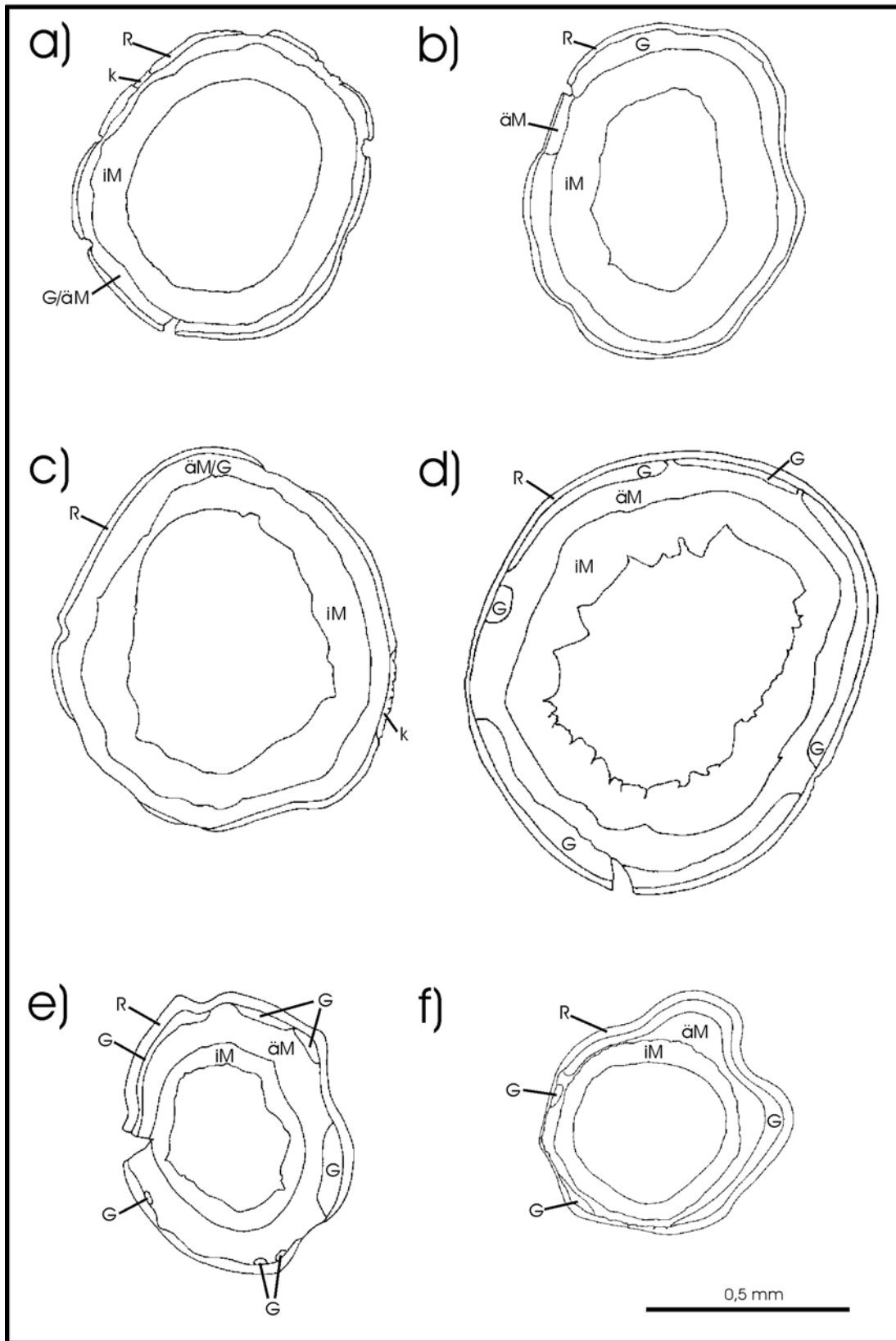


Abb. 32: Podetienquerschnitte. a) *Probe furcata*-1; b) *Probe furcata*-4; c) *Probe furcata*-5;
 d) *Probe subrangiformis*; e) *Probe gracilis*-1; f) *Probe gracilis*-3.

R = Rinde; G = Gonidienzone äußeres Mark; äM = gonidienlose Zone äußeres Mark;
 iM = inneres Mark; k = nicht weiter definierte körnige Struktur.

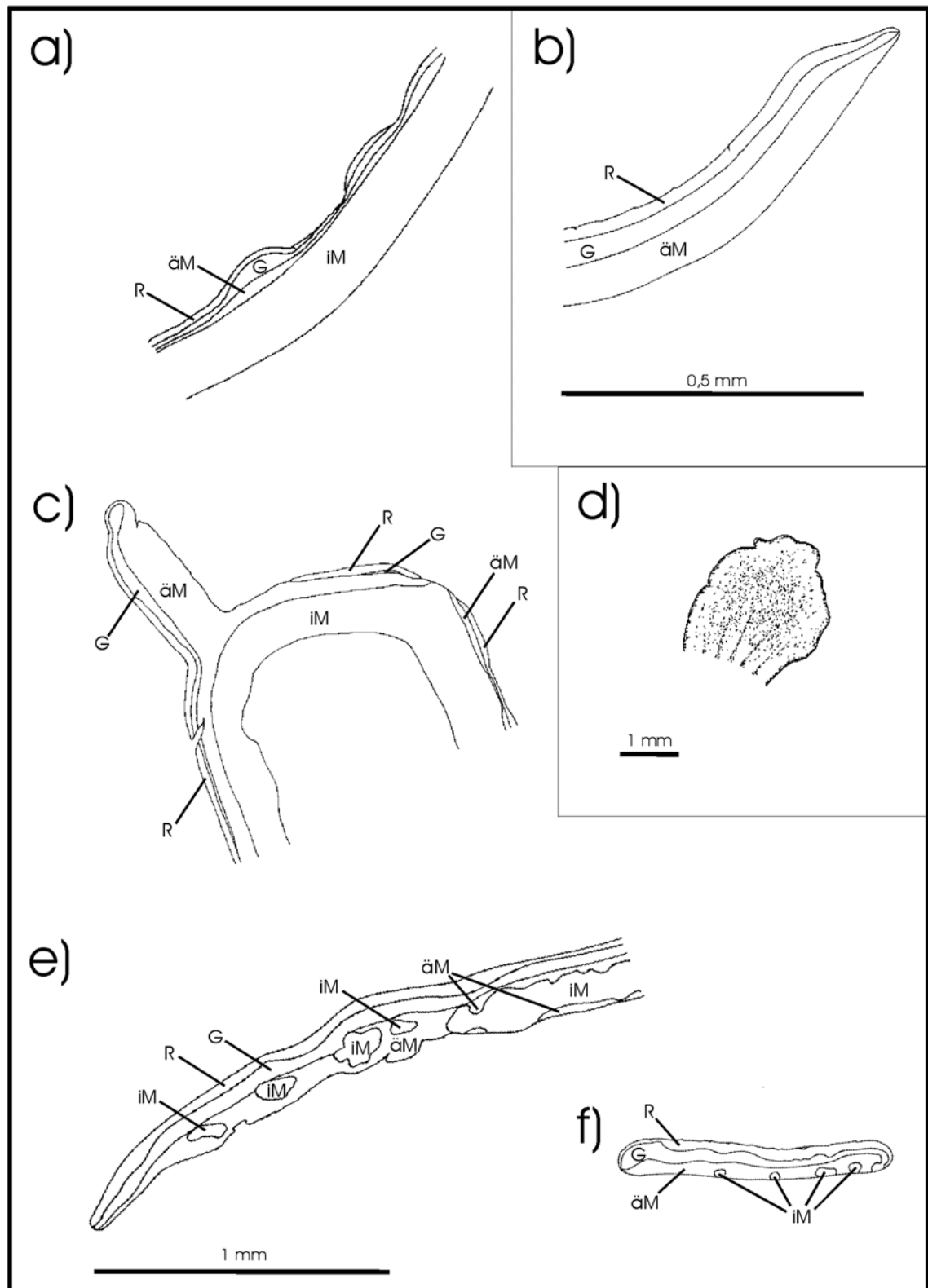


Abb. 33: Weitere lichtmikroskopische Schnitte durch Podetien, Phylloide und Grundschnuppen. a) Längsschnitt, Probe furcata-3; b) Querschnitt Grundschnuppe Probe gracilis-1; c) Schnuppenansatzstelle quer, Probe furcata-3; d) Gesamtansicht Schnuppenunterseite, Probe furcata-9; e) Phylloid (Schuppe), Querschnitt Schnuppenmitte, Probe furcata-3; f) Phylloid (Schuppe), Querschnitt Schnuppen Spitze, Probe furcata-3. Legende s. Abb. 32.

Phylloide entstehen durch eine Gonidienvermehrung verbunden mit einer Hyphenneubildung (ULLRICH 1954). Rinde und äußere Markschiicht heben sich in der weiteren Entwicklung zunehmend vom inneren Mark ab, die warzigen Erhebungen entwickeln sich zu kleinen Schüppchen. Abb. 33c zeigt einen Schnitt durch die Ansatzstelle einer jungen Schuppe. Eine Verbindung von innerem Mark und Schuppen ist in dieser Schnittebene nicht zu erkennen.

d) Grundschruppen

Bei den Proben *gracilis*-1 und *gracilis*-3 waren die Grundschruppen noch erkennbar, so daß auch von den Grundschruppen Querschnitte angefertigt werden konnten (Abb. 33b).

Die **Rindenoherfläche** der Grundschruppe von Probe *gracilis*-1 ist unregelmäßig und stellenweise eingekerbt. Das **äußere Mark** bildet das Abschlußgewebe an der Schuppenunterseite. Dort ragen zahlreiche Hyphen aus der Markschiicht heraus. Eine **innere Markschiicht** ist nicht vorhanden. Algenzellen scheinen reichlicher vorhanden zu sein als in den zugehörigen Podetien!

5 Verpflanzungsversuche

Wie in Kap. G3 gezeigt werden konnte, spielen Standortfaktoren bei der Entstehung der zahlreichen Modifikationen von *Cladonia furcata* eine wesentliche Rolle. Einzelne Modifikationen können bei Veränderung der Standortbedingungen in andere übergehen. So schreibt SANDSTEDTE (1931) über *Cl. crispata* var. *gracilescens*, sie sei die Schattenform der var. *cetrariaeformis* und daher graugrün gefärbt. Sobald jedoch Sonnenstrahlen auf die var. *gracilescens* treffen, beginne die Bräunung. Gleiches ist auch bei *Cl. furcata* beobachtet worden: „Die v. *palamaea* hält mit *racemosa* enge Fühlung, sie ist die sonnenständige Pflanze, daher die braune Färbung, ihre f. *subulata* (...) ist die heller gefärbte Schattenpflanze.“ (SANDSTEDTE 1931:199).

Der nachfolgend beschriebenen Verpflanzungsversuch zeigt, wie gut *Cladonia furcata* ssp. *furcata* auf sich ändernde Bedingungen an ihrem Wuchsort reagieren kann und welche Merkmale sich dabei in welcher Weise und innerhalb welchen Zeitraumes verändern. Interessant ist auch, ob das gesamte Polster oder lediglich die neu wachsenden Abschnitte von den Veränderungen betroffen sind.

5.1 Das Makroklima im Versuchszeitraum (Tab. 44)

Der Untersuchungszeitraum umfaßt die Monate Juni 2002 bis Oktober 2003. In den Sommermonaten zu Beginn der Untersuchungen wurden Temperaturen von maximal 30,0 bis 33,4 °C erreicht. Die Monatsmittel lagen in diesen Monaten bis zu 2,2 °C über den Durchschnittswerten der Jahre 1961 bis 1990. Der Juni 2002 war insgesamt sehr warm. Der Juli 2002 zeigte sich sonnenscheinarm und regenreich. Die Sonne schien nur 132,6 Stunden verglichen mit einer durchschnittlichen Sonnenscheindauer von 196 Stunden während der Referenzperiode. Leider liegen von der Station Kassel für Juni 2002 und Juli 2002 keine Werte der Niederschlagssummen vor. An der nur wenig weiter südwestlich liegenden Station Fritzlar wurde aber im Juli 2002 die beachtliche

Niederschlagssumme von 165,3 mm gemessen. Der August 2002 war in ganz Deutschland sehr warm und sehr nass bei unterdurchschnittlichem Sonnenschein. Ein Großteil der Niederschläge fiel innerhalb zweier Extremsituationen in der ersten Monatshälfte (MÜLLER-WESTERMEIER & RIECKE 2003). Im September 2002 stieg die Tagestemperatur tagsüber noch bis auf 27,9 °C an. Es fiel weniger Niederschlag als im Referenzzeitraum. Oktober und November 2002 waren hingegen relativ niederschlagsreich. Ende Oktober zog ein Sturmtief mit orkanartigen Böen über Deutschland hinweg (MÜLLER-WESTERMEIER & RIECKE 2003). Während der November mild war (MÜLLER-WESTERMEIER & RIECKE 2003), kamen im Dezember 2002 Tage mit deutlichem Frost von bis zu -11,3 °C vor. Leider fehlen die entsprechenden Angaben für die Monate Januar und Februar 2003. Der Februar 2003 war im Mittel deutlich kälter als in der Referenzperiode. Bis in den April hinein trat deutlicher Frost auf. Großen Temperaturunterschieden waren die Flechten im April und Mai 2003 ausgesetzt. Im Mai kletterte das Thermometer schon auf sommerliche 28,4 °C. Im Mittel war dieser Monat wärmer als in der Referenzperiode. Das Frühjahr 2003 kann insgesamt als relativ trocken, März und April 2003 können als ungewöhnlich sonnig bezeichnet werden.

Tab. 44: Klimadaten des Untersuchungszeitraumes, Klimastation Kassel (Daten aus: DEUTSCHER WETTERDIENST 2003a)

	Minimum der Temperatur 2m über dem Erdboden [°C]	Maximum der Temperatur 2m über dem Erdboden [°C]	Mittel der Temperatur 2m über dem Erdboden [°C]	Mittel der Temperatur 2m über dem Erdboden [°C] 1961-1990	Summe der Sonnenscheindauer [Std]	Summe der Sonnenscheindauer [Std] 1961-1990	Summe der Niederschlagshöhe [mm]	Summe der Niederschlagshöhe [mm] 1961-1990	Maximum der täglichen Niederschlagshöhe [mm]	Mittel der Windstärke [Bft]	Maximum der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (Spitzenböe) [m/sec]
Sept. 2003	2,5	29,2	13,8	13,5	198,3	135,0	46,4	54,0	18,6	2,0	18,6
Aug. 2003	8,5	36,7	21,2	16,9	271,7	188,0	13,4	63,0	3,9	1,9	13,6
Juli 2003	10,4	33,8	19,1	17,2	202,1	196,0	51,4	64,0	9,3	1,9	17,8
Juni 2003	8,8	30,6	19,2	15,6	291,6	190,0	97,8	79,0	25,7	1,9	18,8
Mai 2003	1,9	28,4	14,1	12,6	182,9	194,0	36,9	67,0	6,1	1,5	14,3
April 2003	-6,4	22,9	8,9	7,9	217,3	150,0	22,9	50,0	5,4	2,3	16,5
März 2003	-3,7	19,2	6,2	3,9	161,9	110,0	30,4	51,0	9,0	2,1	13,2
Feb. 2003	-	12,3	-1,5	0,8	-	72,0	-	43,0	7,6	2,1	13,5
Jan. 2003	-	9,5	0,2	-0,2	-	39,0	-	55,0	19,3	2,5	17,9
Dez. 2002	-11,3	12,4	0,7	1,1	37,1	31,0	86,4	67,0	23,1	2,0	13,2
Nov. 2002	-	13,7	6,4	4,1	25,4	45,0	79,1	59,0	14,3	2,1	17,2
Okt. 2002	-	18,4	8,3	9,3	-	99,0	84,7	46,0	14,0	2,3	24,8
Sept. 2002	0,9	27,9	13,2	13,5	136,1	135,0	33,8	54,0	15,7	-	14,3
Aug. 2002	11,5	30,0	19,1	16,9	170,7	188,0	35,7	63,0	19,0	1,9	14,5
Juli 2002	10,2	31,0	17,3	17,2	132,6	196,0	-	64,0	54,2	2,1	25,5
Juni 2002	6,2	33,4	17,1	15,6	181,0	190,0	-	79,0	21,4	2,0	15,6

Die Sommermonate Juni, Juli und August 2003 waren erheblich zu warm. Juni und August waren im Gebietsmittel von Deutschland jeweils die wärmsten seit 1901. Anhaltende Hochdruckwetterlagen führten zu deutlich überdurchschnittlicher Sonnenscheindauer und zu einem erheblichen Niederschlagsdefizit. Mit Ausnahme einiger

Stationen in Nord- und Nordwestdeutschland war dies der heißeste Sommer seit Beginn der Messreihen 1901 (DEUTSCHER WETTERDIENST 2003b). Die höchste Temperatur trat im August auf, sie betrug fast 37 °C! Auch die Sonnenscheindauer lag während dieser Monate deutlich über dem Durchschnitt. Dagegen fielen im Juli und vor allem auch im August deutlich weniger Niederschläge als in den vergleichbaren Monaten der Jahre 1961 bis 1990. Der Sommer 2003 war also nicht nur ungewöhnlich warm, sondern auch sehr trocken. Der September 2003 war ebenfalls überdurchschnittlich sonnig, es fiel mehr Regen als im August, jedoch weniger als im Mittel der Jahre 1961 bis 1990. Weitere Angaben zu Temperatur, Sonnenscheindauer, Niederschlagshöhen und zur Windstärke während des Untersuchungszeitraumes sind Tab. 44 zu entnehmen.

Das Wetter am 16. Juli 2003:

Es war ein zunächst sonniger, sehr heißer Hochsommertag, dem mehrere trockene und ebenfalls heiße Tage vorausgegangen waren. Ab 14:00 Uhr zogen erste Wolken einer herannahenden Gewitterfront herauf. Bewölkte und sonnige Phasen wechselten sich ab. Erst am frühen Abend hatte sich eine geschlossene Wolkendecke gebildet, aus der um 20:00 Uhr die ersten Regentropfen fielen.

5.2 Das Mikroklima an den Erdflechtenstandorten

Die folgenden Ausführungen stellen die extremen mikroklimatischen Verhältnisse während der Sommerperiode an den Standorten zweier verschiedener Erdflechtengesellschaften dar, in denen *Cladonia furcata* ssp. *furcata* auftritt. Die Vegetation an den Standorten R1 und R2 ist der *Cl. furcata-Cladonion arbusculae*-FG, die Vegetation am Standort R3 dem *Cladonietum mitis cladonietosum merochlorophaeae* zuzuordnen.

a) Licht (Abb. 34)

In den ersten Tagesstunden unterscheiden sich beide Flächen bezüglich der Lichtintensitäten kaum voneinander. Bis 13.00 Uhr werden beide Versuchsflächen durch die umgebenden Gehölze abgeschirmt. Lediglich einzelne Sonnenflecken führen zu kleinen Peaks. Ab 13.00 Uhr ist der Standort R3 der vollen Besonnung ausgesetzt, die Lichtintensität steigt steil an. Es herrschen nun Lichtverhältnisse wie im Freiland. Auch Fläche R2 wird jetzt stärker besonnt, allerdings im Gegensatz zu R3 nicht flächendeckend. Das Blätterdach mindert nach wie vor die Einstrahlung. Die Lichtintensität steigt dort zwar ebenfalls an, erreicht jedoch, verglichen mit R3, einen wesentlich geringeren Maximalwert. Leider tritt gegen 14.00 Uhr eine Wetteränderung ein, der Himmel bewölkte sich zunehmend, so daß die Lichtintensitäten an beiden Standorten schon kurze Zeit nach Erreichen der hohen Werte wieder deutlich absinken. Nachmittags wäre Fläche R3 eigentlich besonnt, jedoch gelangen nur gelegentlich durch Lücken in der Wolkendecke einige Sonnenstrahlen auf die Fläche. Dies führt jeweils zu einem kurzzeitigen Anstieg der Lichtintensität. Fläche R2 liegt auch während des Nachmittags weiterhin im Schatten der Eichen, dementsprechend niedriger sind die Lichtintensitäten auch in der zweiten Tageshälfte.

Die maximalen Lichtintensitäten können an Cladonien-Wuchsorten deutlich höher ausfallen, als am 16. Juli am Roßkopf. Die Lichtmessungen von JAHNS & FRITZLER (1982) auf einer Blockhalde im Taunus ergaben an einem Sommertag, bei voller Besonnung, Werte von über 90 000 Lux. Leider wurde an keinem Wuchsort von *Cladonia furcata* gemessen, welche auf der betreffenden Blockhalde in randlichen Bereichen ebenfalls vorkommt. SCHÖLLER (1991) vergleicht Schattenzone, Übergangszone und Vollichtzone in flechtenreichen Traubeneichenwäldern. Während der Sommerperiode liegen die maximalen Lichtintensitäten in der Schattenzone bei unter 20 000 Lux, in der Übergangszone bei fast 80 000 Lux und in der Vollichtzone bei etwa 120 000 Lux. *Cladonia furcata* ssp. *furcata* tritt in allen 3 Zonen auf.

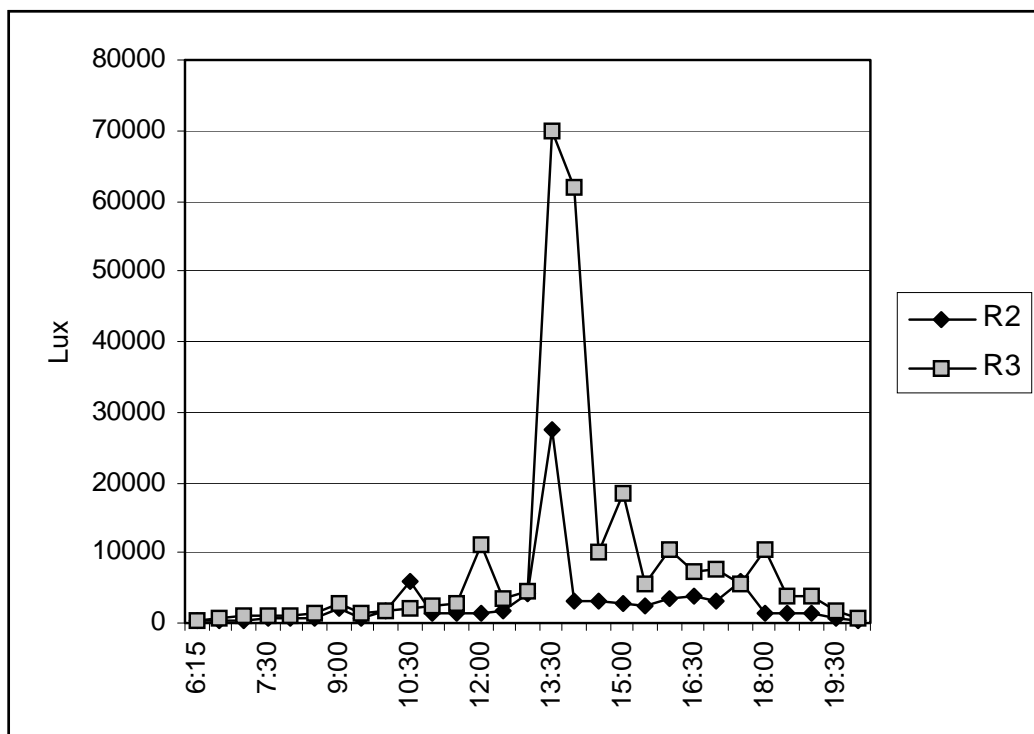


Abb. 34: Tagesverlauf der Lichtintensität an den Standorten R2 und R3 am 16.07.2003.

b) Lufttemperatur und Thallustemperatur (Abb. 35 bis Abb. 37)

Da die Temperaturen von Luft und Thallus in erster Linie von der Einstrahlung und Ausstrahlung beeinflusst werden (s. JAHNS & OTT 1983), zeigt sich eine Korrelation zwischen den Temperaturkurven und den entsprechenden Kurven der Lichtintensitäten. Im Laufe des Vormittags steigen die Temperaturen an beiden Standorten etwa in gleichem Maße an. Als gegen 13.00 Uhr die Mittagssonne die Standorte erreicht, steigt die Lufttemperatur auf der direkt besonnten Fläche R3 deutlich, auf der etwas beschatteten Fläche R2 leicht an. Mit Einsetzen der Bewölkung geht sie jedoch an beiden Meßstellen wieder zurück. In gleicher Weise reagieren auch die Thallustemperaturen. Der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt, erwärmen sich die Thalli am Standort R3 rasch auf bis zu 47 °C bei einer Lufttemperatur von 35,5 °C. Möglicherweise hätten sie sich noch weiter aufgeheizt, wäre nicht der Wetterwechsel eingetreten. Deutlich kühler bleiben die Thalli in R2; sie erreichen nur maximal 34,6 °C bei einer Lufttemperatur von 32 °C.

c) Luft- und Thallusfeuchte (Abb. 38 und Abb. 39)

Die Luftfeuchtwerte sind an beiden Standorten stärkeren Schwankungen unterlegen (Schwankungen beobachteten auch JAHNS & OTT (1983) bei ihren Mikroklimamessungen). Tendenziell sinkt aber auf beiden Flächen zum Mittag hin die relative Luftfeuchtigkeit ab und erreicht auf R2 einen Minimumwert von knapp unter 40 %, auf R3 von etwa 30 %. Das Einsetzen der Bewölkung ist auch in diesen Kurven an einem leichten Anstieg der Werte erkennbar. Bis zum frühen Abend bleiben die Werte jedoch auf relativ niedrigem Niveau und steigen erst gegen 19.30 Uhr wieder deutlicher an.

Der Wassergehalt der Flechten steht in enger Beziehung zur relativen Luftfeuchtigkeit (JAHNS 1984). Bis zur Mittagszeit nimmt der Wassergehalt der Flechten einhergehend mit den Luftfeuchtwerten an beiden Standorten stetig ab. Gegen 12.00 Uhr fallen die Werte des Wassergehalts unter 15 % und somit unter die Schwelle ab, für die die verwendete Messapparatur zuverlässige Daten liefert (s. SCHUSTER et al. 1982). Die Messwerte schwanken in der Mittagshitze vielleicht auch deshalb relativ stark. Für den Standort R3 ergibt sich in einem Falle sogar ein negativer Wert (in Abb. 39 nicht dargestellt). Ab 18.00 Uhr und mit leicht zunehmender Luftfeuchtigkeit fangen auch die Thalli beider Standorte wieder an Feuchtigkeit aufzunehmen. Jedoch ist gegen 20.00 Uhr noch nicht einmal die 15 %-Grenze überschritten. Der Wassergehalt der Flechten ist insgesamt am Standort R3 geringfügig niedriger als am Standort R2. Nach SCHUSTER et al. (1982) ist ab einem Wassergehalt von unter 15 % der Stoffwechsel der Flechten nur noch extrem gering und sie befinden sich in einer Trockenstarre. D.h. an beiden Standorten ist an einem solchen Sommertag, wie dem 16.07.2003, den ganzen Tag über die Stoffwechselaktivität von *Cladonia furcata* ssp. *furcata* äußerst gering. Die Polster weisen selbst am frühen Morgen kaum mehr als 20 % Wassergehalt auf. Der für die Photosynthese optimale Wassergehalt liegt bei dieser Art bei 100 % der Trockenmasse (TUBA et al. 1996)!

d) Wind und Evaporation (Abb. 40 bis Abb. 42)

Während es am Morgen und am frühen Vormittag fast windstill war, frischte der Wind gegen Mittag deutlich auf, wurde dann wiederum etwas schwächer, um gegen 17.00 Uhr ein zweites Maximum zu erreichen. Insgesamt war es jedoch ein nur schwach windiger Tag. Die Kurven beider Standorte zeigen einen ähnlichen Verlauf, Fläche R3 ist allerdings etwas mehr dem Wind ausgesetzt als Fläche R2. Nach JAHNS & OTT (1983) kann der Wind die Verdunstung und damit die Temperatur beeinflussen. Da aber an diesem Sommertag die Thalli bereits morgens ausgetrocknet waren, dürfte dies für den Juli-Meßtag ohne Bedeutung sein. Auch die Evaporation ist auf der Fläche R3 höher als an dem im Wald gelegenen Standort. Um die Mittagszeit sind die Unterschiede zwischen beiden Flächen besonders deutlich. Über den gesamten Tag betrachtet ist die Evaporationssumme auf der Fläche R3 deutlich höher als auf der Fläche R2.

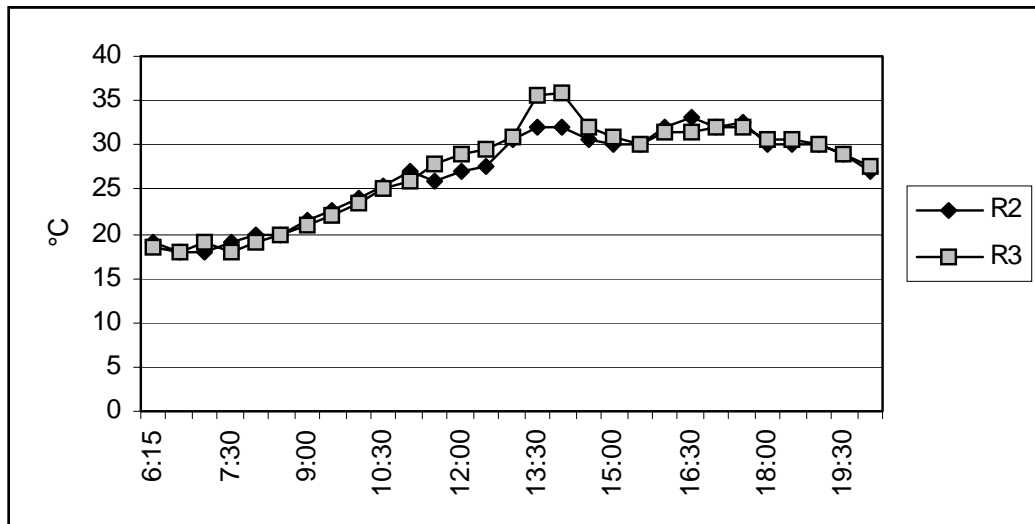


Abb. 35: Tagesverlauf der Lufttemperatur an den Standorten R2 und R3 am 16.07.2003.

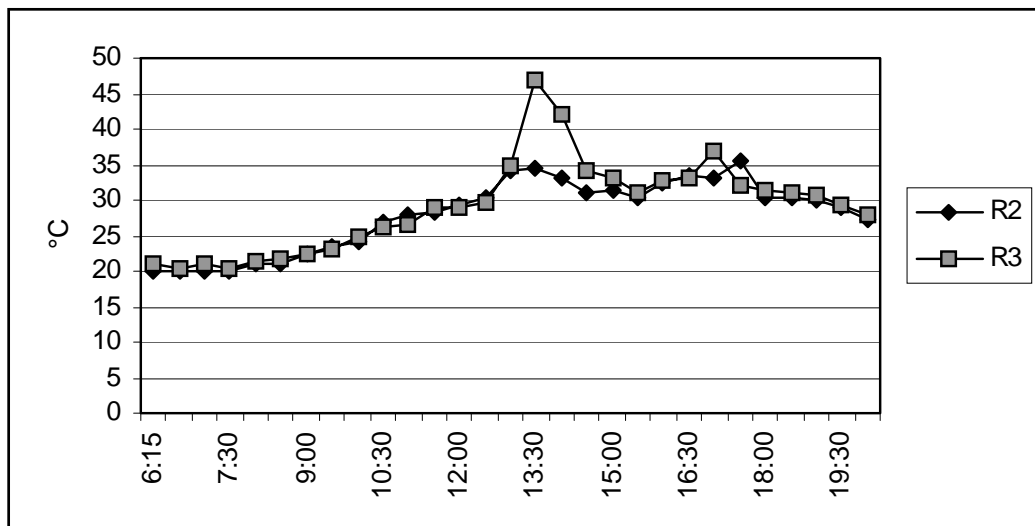


Abb. 36: Tagesverlauf der Thallustemperatur an den Standorten R2 und R3 am 16.07.2003.

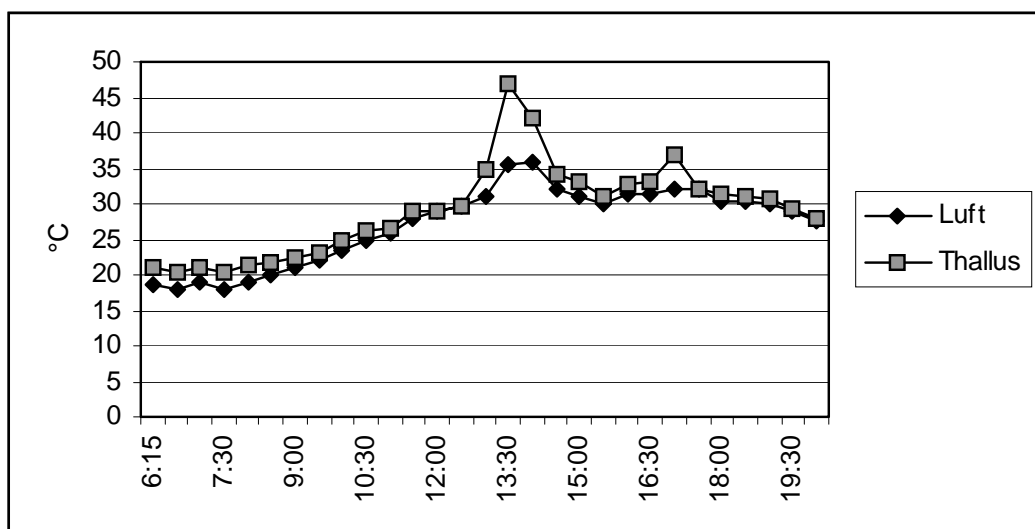


Abb. 37: Vergleich von Luft- und Thallustemperatur am Standort R3 am 16.07.2003.

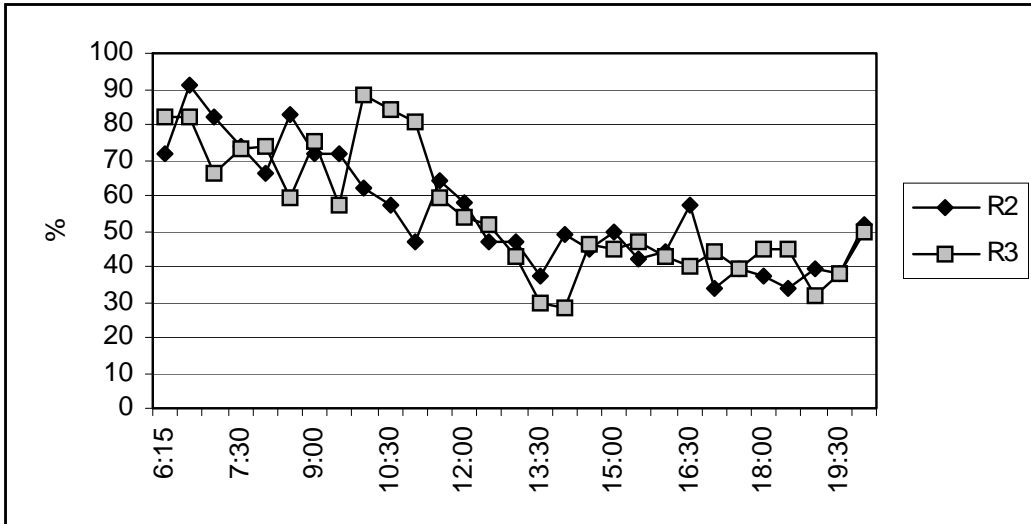


Abb. 38: Tagesverlauf der relativen Luftfeuchte an den Standorten R2 und R3 am 16.07.2003.

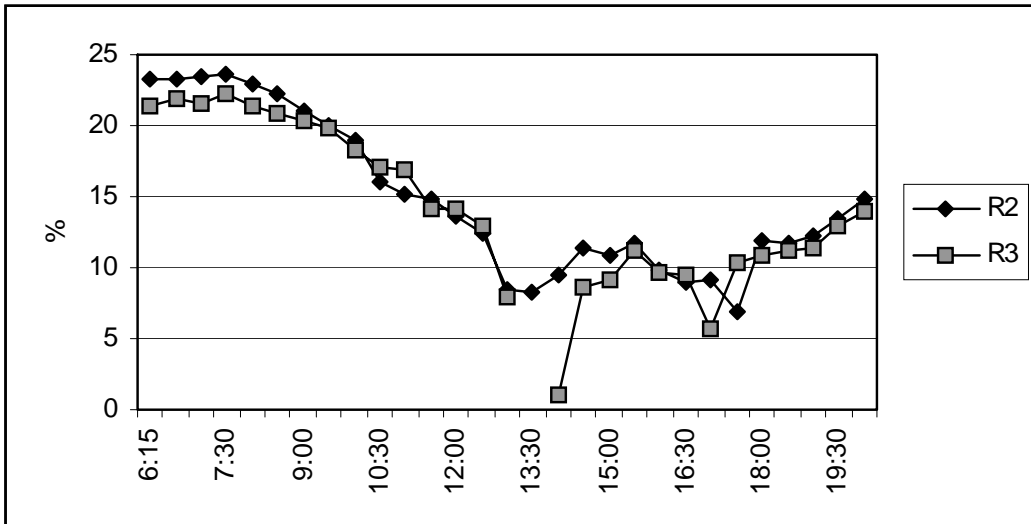


Abb. 39: Tagesverlauf der Thallusfeuchtigkeit an den Standorten R2 und R3 am 16.07.2003.

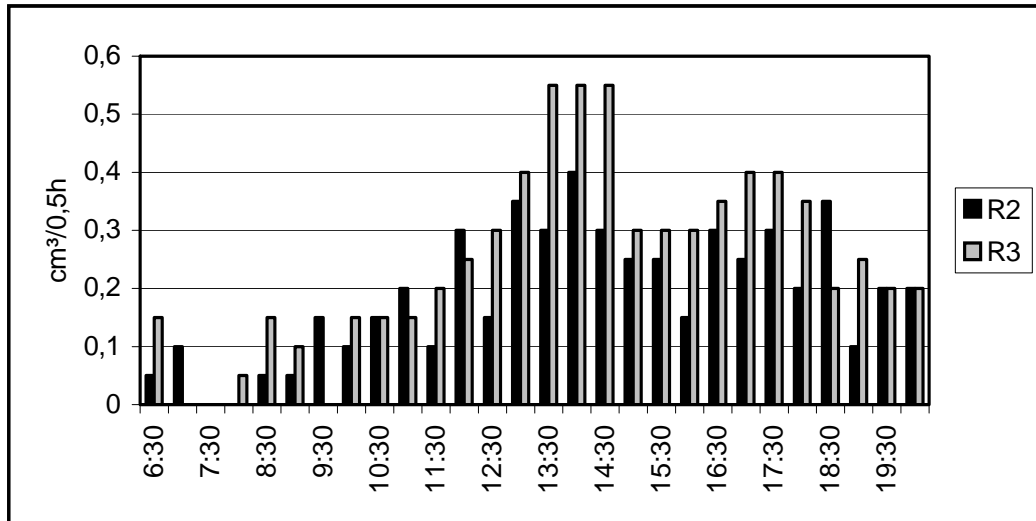


Abb. 40: Tagesverlauf der Evaporation an den Standorten R2 und R3 am 16.07.2003.

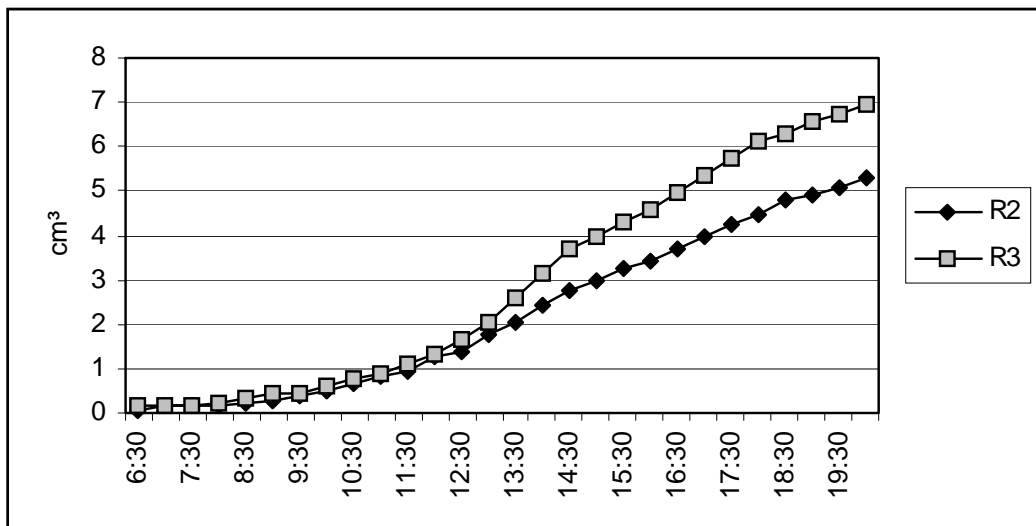


Abb. 41: Evaporationssummen an den Standorten R2 und R3 am 16.07.2003.

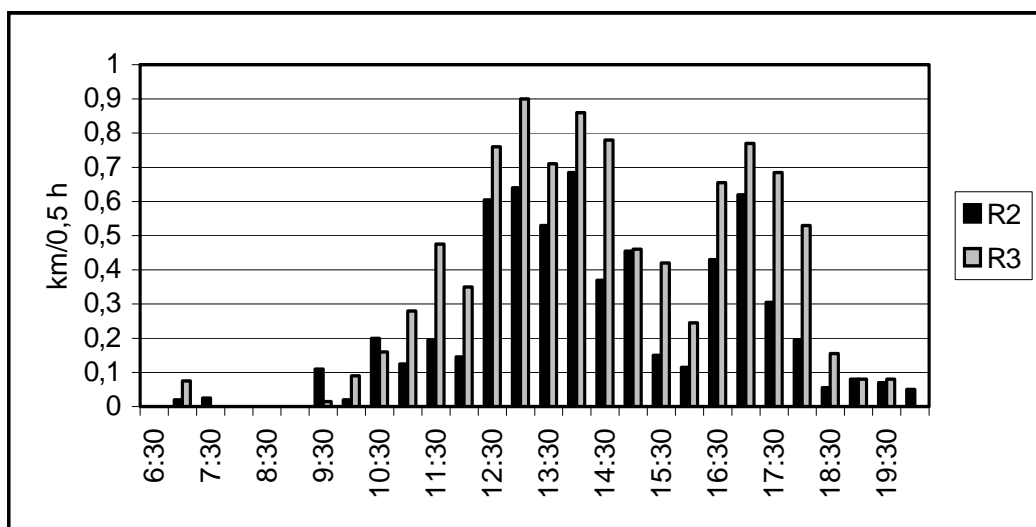


Abb. 42: Tagesverlauf der Windmessungen an den Standorten R2 und R3 am 16.07.2003.

e) Einstufung und abschließender Vergleich der beiden Erdflechtenstandorte

Wie ein Vergleich der Kurvenverläufe der Lichtintensitäten und des Arteninventars mit den Angaben von SCHÖLLER (1991) zeigt, ist die Fläche R2, mit der darauf siedelnden *Cladonia furcata-Cladonion arbusculae*-FG, der sog. Schattenzone zuzuordnen. Diese wird dominiert von *Dicranum scoparium*. Die gemessenen Lichtintensitäten deuten allerdings einen gewissen Übergangscharakter an, da der Standort nicht den ganzen Tag gleichmäßig beschattet ist. Die Schattenzone bei SCHÖLLER entspricht dem Standorttyp „Wald“ der vorliegenden Untersuchung. Fläche R3 zählt zur sogenannten Übergangszone jedoch mit deutlicher Tendenz zur Vollichtzone, erkennbar an den für die hellsten Standorte typischen Flechtenarten *Dibaeis baeomyces* und *Trapeliopsis granulosa* (s. SCHÖLLER 1991). Diese Übergangszone ist dem Standorttyp „Waldrand“ gleichzusetzen und wird hier vom *Cladonietum mitis cladonietosum merochlorophaeae* besiedelt.

Nach SCHÖLLER (1991) kann *Cladonia furcata* ssp. *furcata* von der Schatten- bis in die Vollichtzone auftreten. In Nordhessen kommt sie auch auf sonnig-trockenen Felsstandorten vor (*Cladonietum foliaceae*, s. Kap. E2.1.2.4). Die Fläche R2 steht somit für die schattigsten Standorte, an denen *Cl. furcata* ssp. *furcata* gedeihen kann, während R3 einen intermediären Wuchsort repräsentiert, der zwar relativ sonnig und trocken ist, aber noch nicht die extremsten Bedingungen aufweist, die *Cl. furcata* ssp. *furcata* zu ertragen in der Lage ist.

Wie der mikroklimatische Vergleich der Versuchsf lächen zeigt, sind beide Standorte verhältnismäßig trocken. Die Fläche R3 am Waldrand ist jedoch insgesamt sonniger und wärmer als die Fläche R2, so daß die Thalli dort etwas schneller austrocknen, stärkerer Einstrahlung ausgesetzt sind und sich bei Sonneneinstrahlung deutlich mehr erwärmen.

5.3 Morphologische Veränderungen der Thalli und Zuwachsraten

5.3.1 Die Morphologie der Polster am Versuchsende

Alle ausgepflanzten Polster machen zum Zeitpunkt des Versuchsendes einen vitalen Eindruck. Bei den Polstern Nr. III und Nr. IX der Waldrand-Standorte R3 bzw. N1 ist deutlicher als bei den anderen Polstern der selben Flächen zu erkennen, daß sich die Podetien im Verlaufe des Aupflanzungszeitraumes in Richtung Mittagssonne ausgerichtet haben (s. Taf. 5.2 im Anhang 2). Dies ist bei den Polstern der Wald-Standorte R1 und R2 nicht der Fall.

Die Polster der Fläche R3 zeigen nach Versuchsende eine deutlich stärkere Pigmentierung als die der Flächen im Wald (s. Taf. 5.2 im Anhang 2). Die Polster des Niestetals (N1) nehmen eine Zwischenstellung ein – sie sind dunkler als die der Flächen R1 und R2, aber nicht so stark gebräunt wie die der Fläche R3. Jedoch ist auch der Grad der Pigmentierung, wie er sich am Standort R3 entwickelt hat, noch nicht das Maximum an Bräunung, welches ganz allgemein im Untersuchungsgebiet beobachtet wurde. Die neu entstandene verstärkte Pigmentierung betrifft nicht nur die Podetienspitzen, sondern

alle Teile der Podetien, die der Sonnenstrahlung ausgesetzt waren, auch die wenigen Schuppen an den Lagerstielen.

Eine nennenswerte Neubildung von Schuppen an den wachsenden Podetienspitzen konnte an keinem der Standorte beobachtet werden. Keines der markierten Podetien hat im Versuchszeitraum Apothecien ausgebildet. Lediglich 4 Zweigspitzen wiesen neu entstandene Pyknidien auf.

5.3.2 Zuwachsraten und Neubildung von Verzweigungen

a) Vergleich der Zuwachsraten an den verschiedenen Standorten (Tab. 45)

Einige der markierten Zweige haben den Zeitraum der Auspflanzung leider nicht unbeschadet überstanden und mußten, meist aufgrund von Bruchschäden, bei der Auswertung unberücksichtigt bleiben. Zwei Polster (Nr. VII und VIII) waren derart stark beschädigt, daß keine einzige intakte, markierte Zweigspitze mehr übrig war. Bei einem Polster (Nr. IX) haben sich die Podetien so stark in eine Richtung verbogen, daß eine eindeutige Zuordnung der nummerierten Zweige nicht mehr möglich war. Insgesamt hatten jedoch die meisten Podetien die Zeit in den Gattern ohne sichtbare Schäden überdauert und sich gut entwickelt.

Die Auswertung der Zuwachsraten erbrachte folgendes Ergebnis: Die Podetien der von Ende Juni 2002 bis Mitte Juli 2003 ausgepflanzten Polster sind an den Standorten R1 und R2 (im Wald) etwas weniger gut gewachsen als am Standort R3 (am Waldrand). Nicht so dagegen die Podetien der Proben, die von Mitte August 2002 bis Mitte Oktober 2003 in den Gattern belassen wurden. Bei diesen Thalli aus der Zeche Glimmerode zeigen sich keine Unterschiede zwischen den Standorten.

Tab. 45: Mittlere Zuwachsraten der Podetien

Fläche	Zeitraum	Herkunft	Polster-Nr.	Anzahl Ausgemessener Zweige	Mittlerer Zuwachs der Podetien [mm]
R1	J	ME	Ia	25	1,3
	J	RK	IV	13	1,3
	A	ZG	VI	31	2,9
R2	J	ME	II	26	0,9
	A	ZG	VII	Polster defekt	-
	A	ZG	VIII	Polster defekt	-
R3	J	ME	III	28	2,0
	J	RK	V	20	1,5
	A	ZG	X	22	3,0
	A	ZG	XI	9	1,6
NI	J + A	ME	Ib	24	5,0
	A	ZG	IX	Podetien verschoben	-

Auspflanzungszeiträume:

J = Ende Juni 2002 bis Mitte Juli 2003; A = Mitte August 2002 bis Mitte Oktober 2003

Zur Herkunft der Proben s. Kap. G1.2.2 und Tab. 57 im Anhang

Die zwei größeren Polster aus der Zeche Glimmerode (Nr. VI und X) sind wesentlich mehr gewachsen als die im Juni ausgepflanzten Polster von der Mühlecke und vom Roßkopf. Ursache hierfür können zum einen (genetisch bedingte) Unterschiede der

Polster selbst sein, zum anderen jedoch auch die Tatsache, daß die Polster aus Glimmerode nach dem extrem trockenen Sommer 2003 noch einige Herbst-Wochen länger im Gelände waren, an denen gelegentlicher Regen, tagsüber relativ milde Temperaturen und ausreichend Sonne günstige Wachstumsbedingungen geschaffen haben. Von den im Herbst günstigen Wachstumsbedingungen für Flechten berichten auch JAHNS & FRITZLER (1982) sowie MÁZSA (1994). An Sommertagen weisen die Thalli dagegen, wie unter Kap. G5.2 beschrieben, aufgrund der Trockenheit kaum nennenswerte Stoffwechselaktivität auf. Bei einem Vergleich der ursprünglich zusammenhängenden Polster Nr. Ia und Ib ist ersichtlich, daß Polster Nr. Ib, welches den gesamten Auspflanzungszeitraum (bis Mitte Oktober 2003) im Gelände verbracht hat, wesentlich mehr gewachsen ist, als Polster Ia, das nur bis Juli 2003 im Gatter ausgepflanzt war. Beide wuchsen auf Flächen am Waldrand. Da das zweite Polster des Standorts N1 (Polster Nr. IX) aus den oben erwähnten Gründen nicht ausgewertet werden konnte, bleibt unklar, ob die Polster am Standort N1 generell mehr gewachsen sind. Evtl. sind für den größeren Zuwachs des Polsters Nr. Ib gegenüber Ia ausschließlich die günstigen Witterungsbedingungen im Herbst 2003 verantwortlich.

b) Bildung neuer Verzweigungen

Ein Teil der markierten Podetienspitzen hat sich im Laufe des Untersuchungszeitraumes verzweigt. Ein Vergleich beider Standorte zeigt, daß auf der sonnigeren Fläche R3 der Anteil an Zweigen, welche neue Verzweigungen gebildet haben, mit 42 % deutlich höher ist, als an den schattigen Standorten R1 und R2. Dort treten nur an 23 % der markierten Äste neue Verzweigungen auf (Tab. 46).

Tab. 46: Anteil sich neu verzweigender Podetienspitzen an den Standorten R1/R2 und R3 in Abhängigkeit von der Ausgangslänge der Zweige

Länge der Zweige zu Versuchsbeginn	Gesamtzahl Zweige R1+2	Gesamtzahl Zweige R3	Anteil neu verzweigter Podetienspitzen am Versuchsende	
			Flächen R1 und R2	Fläche R3
bis 0,5 mm	18	24	39 %	25 %
bis 1,0 mm	26	25	19 %	44 %
bis 1,5 mm	32	19	16 %	47 %
bis 2,0 mm	14	9	29 %	56 %
über 2,0 mm	5	2	20 %	100 %
Gesamt	95	79	23 %	42 %

Ähnliche Werte zeigen sich auch bei getrennter Betrachtung der Polster, aufgeteilt in die beiden Auspflanzungszeiträume (Tab. 47). Die Ergebnisse stehen im Einklang mit den Erkenntnissen aus Kap. G3.2, wonach sich die Polster in den Standorttypen Heiden und Waldränder stärker verzweigen als beispielsweise in den relativ schattigen Wäldern.

Bei den Podetien der Fläche R3 zeigt sich, daß die Häufigkeit neuer Verzweigungen mit der Länge der Zweige zu Versuchsbeginn zunimmt (Tab. 46). An den schattigen Standorten R1 und R2 ist dies nicht zu beobachten.

Tab. 47: Anteil sich neu verzweigender Podetienspitzen an den Standorten R1/R2 und R3 in Abhängigkeit vom Auspflanzungszeitraum

Länge der Zweige zu Versuchsbeginn	Gesamtzahl Zweige R1+2	Gesamtzahl Zweige R3	Anteil neu verzweigter Podetienspitzen am Versuchsende	
			Flächen R1 und R2	Fläche R3
Zeitraum J:				
bis 0,5 mm	12	16	50 %	25 %
bis 1,0 mm	15	16	33 %	44 %
bis 1,5 mm	20	8	25 %	38 %
bis 2,0 mm	12	6	17 %	50 %
über 2,0 mm	5	2	20 %	100 %
Gesamt	64	48	28 %	40 %
Zeitraum A:				
bis 0,5 mm	6	8	17 %	25 %
bis 1,0 mm	11	9	0 %	44 %
bis 1,5 mm	12	11	8 %	55 %
bis 2,0 mm	2	3	100 %	66 %
über 2,0 mm	-	-	-	-
Gesamt	31	31	13 %	45 %

Auspflanzungszeiträume:

J = Ende Juni 2002 bis Mitte Juli 2003; A = Mitte August 2002 bis Mitte Oktober 2003

Die sich neu verzweigenden Podetienspitzen sind unter beiden Standortbedingungen wesentlich stärker gewachsen als die auch am Versuchsende noch unverzweigten, und zwar um 2,7 mm im Vergleich zu 1,7 mm am Standort R3 bzw. 1,4 mm auf den Flächen R1 und R2. Der Unterschied bei den Zuwachsraten zwischen sich verzweigenden und unverzweigt bleibenden Podetienspitzen ist hochsignifikant (U-Test nach Mann-Whitney; s. Tab. 48).

Tab. 48: Mittlerer Zuwachs sich verzweigender sowie unverzweigt bleibender Podetienspitzen

Fläche	Mittlerer Zuwachs der sich verzweigenden Podetien [mm]	Mittlerer Zuwachs der unverzweigt bleibenden Podetien [mm]
R1/R2	2,7 (n=22)	1,4 (n=73)
R3	2,7 (n=33)	1,7 (n=46)
Gesamt	2,7*** (n=55)	1,5 (n=119)

Signifikanzniveau: *** $p \leq 0,001$

c) Vergleich der Zuwachsraten von randlich stehenden Podetien mit solchen aus der Polstermitte

Anhand der Polster, die als Ganzes verpflanzt wurden (also nicht wie Polster I halbiert), läßt sich feststellen, ob randlich stehende Podetien besser wachsen als Podetien der Polstermitte. Als randlich werden dabei Podetien angesehen, die weniger als 1 cm vom Umriß des Polsters entfernt stehen. Als aus der Polstermitte gelten alle, die mehr als 1 cm vom Rand entfernt wachsen. Hintergrund dieser Fragestellung ist die Vermutung, daß ein Polster an seinen Rändern wächst, die randlich stehenden Podetien also jünger und wuchskräftiger sind als die der Polstermitte. Tatsächlich zeigt sich bei Auswertung des Datenmaterials ein Unterschied bei den Zuwachsraten: die am Rande stehenden Lagerstiele sind durchschnittlich 2,3 mm gewachsen, die aus der Polstermitte nur

1,8 mm. Dieser Unterschied ist allerdings, wie eine Überprüfung mit dem U-Test (nach Mann & Whitney) zeigte, nicht signifikant (Tab. 49).

Tab. 49: Vergleich der Zuwachsraten von randlich stehenden Podetien und solchen aus der Polstermitte

Fläche	Mittlerer Zuwachs der randlich stehenden Podetien [mm]	Mittlerer Zuwachs der in der Polstermitte stehenden Podetien [mm]
R1/R2	2,6 (n=23)	1,5 (n=47)
R3	2,1 (n=33)	2,1 (n=46)
Gesamt	2,3 n.s. (n=56)	1,8 (n=93)

n.s. = Unterschied nicht signifikant

d) Abhängigkeit der Zuwachsraten von der Länge der Verzweigungen zu Versuchsbeginn (Tab. 50)

Es besteht keine Abhängigkeit der Zuwachsraten von der Länge der Zweige am Beginn des Versuches. Bei Betrachtung des gesamten Datenmaterials zeigen lediglich die zu Versuchsbeginn zwischen 1 und 2 mm langen Zweige einen etwas größeren Zuwachs als die kürzeren bzw. als die mehr als 2 mm langen.

Tab. 50: Jahreszuwachs in Abhängigkeit von der Zweiglänge bei Versuchsbeginn

Länge der Zweige zu Versuchsbeginn	Gesamt	Zeitraum J	Zeitraum A	Standorte R1/R2	Standort R3
bis 0,5 mm	1,8 (n=42)	1,3 (n=28)	2,9 (n=14)	2,1 (n=18)	1,7 (n=24)
bis 1,0 mm	1,8 (n=51)	1,7 (n=31)	2,1 (n=20)	1,5 (n=26)	2,2 (n=25)
bis 1,5 mm	2,0 (n=51)	1,2 (n=28)	2,9 (n=23)	1,8 (n=32)	2,3 (n=19)
bis 2,0 mm	2,2 (n=23)	1,5 (n=18)	4,4 (n=5)	1,9 (n=14)	2,6 (n=9)
über 2,0 mm	1,5 (n=7)	1,5 (n=7)	-	0,9 (n=5)	3,2 (n=2)

Auspflanzungszeiträume:

J = Ende Juni 2002 bis Mitte Juli 2003;

A = Mitte August 2002 bis Mitte Oktober 2003

5.3.3 Veränderungen der Podetienbündel

An beiden sonnigen Standorten (R3 und N1) haben die liegenden Podetien kräftige senkrechte Auswüchse gebildet. Während am Standort N1 auch die waagerechten Teile der Podetien einen vitalen Eindruck machen, wurden diese auf der Fläche R3 von Moosen überwachsen und sind wohl daher gebleicht, d. h. die Algen offensichtlich abgestorben. Die senkrechten Auswüchse weisen an beiden Waldrand-Standorten zahlreiche Verzweigungen auf, ihre Oberfläche ist stellenweise leicht pigmentiert, überall glatt und schuppenlos. Weit weniger gut haben sich die Podetienbündel an den beschatteten Standorten R1 und R2 entwickelt. Die Lagerstiele sehen vergleichsweise kümmerlich aus und sind kaum gewachsen. An einem der senkrechten Podetienzweige treten kleine Schuppen auf.

6 Zusammenfassung

Zu Beginn des Kapitels wird ein Überblick gegeben über die in der meist deutschsprachigen Literatur des 20. Jahrhunderts aufgeführten Varietäten und Formen von *Cladonia furcata* sowie ein kurzer Vergleich mit der morphologischen Variabilität anderer Cladonien angestellt. Es folgt eine allgemeine Beschreibung der untersuchten *Cl. furcata*-Proben, in der für beide Unterarten Wuchsform, Färbung, Fruchtkörperbildung etc., aber auch Minimum- und Maximumwerte der Thallusmerkmale angegeben sind. Daran anschließend werden die weiteren Ergebnisse der morphologischen Untersuchungen dargestellt und interpretiert. Es zeigt sich, daß einige Thallusmerkmale von den Bedingungen am Standort abhängen. Günstige Lichtverhältnisse bei nicht zu starker Trockenheit sind wichtig für das Podetienwachstum und die Fruchtkörperbildung. Stärkere Sonneneinstrahlung führt zu einer deutlichen Pigmentierung der Thalli. Im Schatten treten dagegen an den Podetien vermehrt Schuppen und Pyknidien auf und die Algenschicht dehnt sich weiter aus. Letzteres ist auch an den sonnig-trockensten Standorten der Fall. Vermutlich hält dort die starke Pigmentierung auch photosynthetisch wirksame Strahlung zurück, so daß die Bedingungen für die Algenzellen, denen im Schatten entsprechen. Stark verzweigte Podetien treten bevorzugt an Standorten auf, an denen die mikroklimatischen Verhältnisse günstig sind und weitgehend ungestörtes Wachstum möglich ist. Die Apothecienbildung führt zu verstärkter Verzweigung am Podetienende. Weitere deutliche Korrelationen zwischen den Podetienmerkmalen bestehen nicht.

Anhand einiger exemplarisch ausgewählter Proben von *Cladonia furcata* und *Cl. gracilis* wird auf die anatomischen Verhältnisse eingegangen. Der maximale prozentuale Anteil der Dicke der Schichten am Podetienradius wird angegeben und verglichen. Es zeigt sich, daß die Gonidienzone tendenziell in Podetien lichtreicher Standorte etwas dicker ist als in Podetien, die an stärker beschatteten Stellen gewachsen waren. Bei Podetien mit dünner Gonidienzone ist auch die Rindenschicht eher dünn, und umgekehrt. Einzelne Podetienquerschnitte werden detailliert beschrieben.

Die Ergebnisse des Verpflanzungsversuches bestätigen den Zusammenhang zwischen Podetienwachstum bzw. Grad der Verzweigung und günstigen Lichtverhältnissen, da die Podetien der lichtreicheren Standorte tendenziell etwas mehr gewachsen sind und sich mehr verzweigt haben als die der Vergleichsflächen im Wald. Dabei sind die randlich stehenden, vermutlich jüngeren Podetien zwar etwas, aber nicht signifikant mehr gewachsen als die Lagerstiele der Polstermitte. Das Mikroklima beider Versuchsflächen wird exemplarisch anhand eines Sommertages dargestellt. Es zeigt sich, daß die Thalli am Waldrand etwas schneller austrocknen, sich mehr aufheizen und stärkere Sonneneinstrahlung ertragen müssen. An beiden Standorten sind sie unter den sommerlichen Witterungsverhältnissen jedoch bereits morgens so stark ausgetrocknet, daß kaum Stoffwechselaktivität stattfinden kann.

H Genetische Variabilität der Bionten von *Cladonia furcata* und *Cladonia gracilis*

Zur Untersuchung der intraspezifischen Variabilität bei *Cladonia furcata* werden neben den bereits beschriebenen phänotypischen Merkmalen im Folgenden auch DNA-Sequenzdaten herangezogen. Diese werden darüber hinaus mit Sequenzen der morphologisch ähnlichen Becherflechte *Cl. gracilis* verglichen.

Um bei den nah verwandten Arten und Unterarten eine informative Menge an Sequenzunterschieden zu erhalten, wurde ein Sequenzbereich mit hoher Variabilität gewählt. Hierfür erschien der im Kern kodierte ITS-Bereich geeignet, der bereits in einer Reihe ähnlicher Studien erfolgreich analysiert wurde (ARUP & GRUBE 1998, LOHTANDER et al. 1998, MATTSSON & WEDIN 1998, PIERCEY-NORMORE & DEPRIEST 2001, STENROOS et al. 2002). Dieser Bereich setzt sich zusammen aus den hochvariablen, nicht-kodierenden Abschnitten ITS1 und ITS2 (ITS: internal transcribed spacer) und der dazwischenliegenden 5.8S rDNA. Dieser ITS-Bereich befindet sich zwischen den Genen der kleinen (18S) und großen (26S) Untereinheit der ribosomalen RNA (s. Abb. 43).

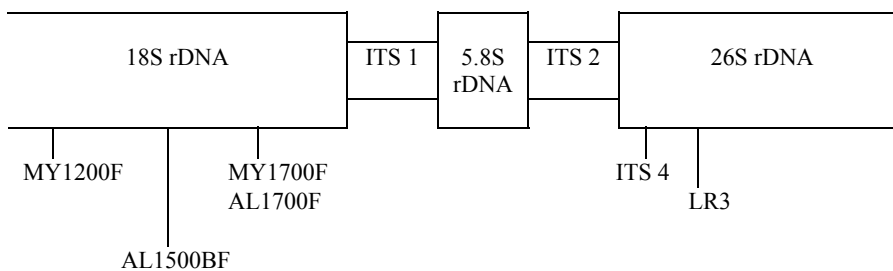


Abb. 43: ITS-Region mit Ansatzstellen der in Kap. H1.2 aufgeführten PCR-Primer (verändert nach BALDWIN et al. 1995).

1 Molekularbiologische Methoden

1.1 Auswahl und Herkunft der Proben, DNA-Extraktion

Für die Sequenzierung der rDNA wurden die Proben nach folgenden Kriterien ausgewählt (s. auch Tab. 51 und Tab. 52):

a) *Cladonia furcata* ssp. *furcata*

Die untersuchten Podetien stammen von Standorten mit saurem, mäßig saurem oder basenreichem Ausgangsgestein sowie von schattigen (in Wäldern) bis stark besonnten Standorten (auf Felsen etc.). Es wurden morphologisch unterschiedliche Lagerstiele ausgewählt, d.h. niederliegende und aufrecht gewachsene, zierliche und kräftige,

unterschiedlich stark verzweigte, unterschiedlich beschuppte, unterschiedlich stark pigmentierte, fruchtende und sterile sowie geschlossen röhrig und offen rinnige.

b) *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis*

Die Thallus-Proben entstammen basenreichen Standorten mit unterschiedlichem Ausgangsgestein und unterscheiden sich zudem hinsichtlich Wuchsform, Beschuppung, Häufigkeit von Markaufbrüchen, Fruchtkörperbildung sowie weiteren Podetienmerkmalen wie Pigmentierung, Podetienform etc.

Tab. 51: Bezeichnung, Herkunft und Charakterisierung der Proben für die rDNA-Sequenzierung

Probebezeichnung	saure Ausgangsgesteine (sm, gw, ts etc.) Basalt	basenreiche Ausgangsgesteine (mu, mo, zg, zd) lichte Wälder bzw. Waldränder Grünlandbestände und Heiden Steinbrüche, Blockhalden, Felsen etc.	Polster, Podetien niederliegend Polster, Podetien aufrecht einzelne Podetien	Podetien zierlich Podetien kräftig	Grad der Verzweigung Schuppen Pigmentierung Apothecien Markaufbrüche Podetien rinnig große Pyknidien
Clfufu02MI	*	*	*	+	++ - ++ - - - -
Clfufu03RK	*	*	* *	+	+ ++ o - - - -
Clfufu04KB	*	*	*	o	++ o o - - - +
Clfufu05DT	*	*	*	+	++ ++ o ++ - ++ -
Clfufu09ZG	*	*	*	+	++ - + + - + -
Clfufu10ZG	*	*	*	o	++ + o o - - -
Clfufu07DB	*	*	*	+	++ - + o - - -
Clfufu13GM	*	*	*	+	++ o ++ - - - -
Clfufu16DH	*	*	* *	o	o o ++ - - - -
Clfusu02SI	*	*	*	+	+ o ++ - + - +
Clfusu03KL	*	*	*	+	o o ++ - + - -
Clfusu04KA	*	*	* *	+	+ - ++ - o - -
Clfusu05IG	*	*	* *	+	o - + - - - -
Clfusu07RO	*	*	* *	+	+ - o o + + - -
Clfusu08HE	*	*	*	+	+ - + - + - -
Clfusu10SF	*	*	* *	+	+ - + - + - -
Clfusu12HO	*	*	*	+	+ - ++ - + - -
Clfusu14WB	*	*	* *	o	- - o - o - -
Clfusu11BK	*	*	* *	+	+ - o - + - -
Clgrac06MM	*	*	*	+	o ++ + - - - -
Clgrac12SZ	*	*	*	+	- + + - - - -
Clgrac14BP	*	*	* *	+	+ ++ + - - - -
Clgrac11NT	*	*	*	+	o o + - - - -

Die Probebezeichnung setzt sich wie folgt zusammen: erste sechs Buchstaben = Art bzw. Unterart (Clfufu = *Cladonia furcata* ssp. *furcata*; Clfusu = *Cladonia furcata* ssp. *subrangiformis*; Clgrac = *Cladonia gracilis*), Ziffer 7+8 = Nummern für die Sequenzierung der zwei Gruppen „ssp. *furcata/gracilis*“ und „ssp. *subrangiformis*“; die letzten beiden Buchstaben geben den Fundort an, weitere Angaben dazu siehe Tab. 57 im Anhang 1; Abkürzungen zur Geologie s. Anhang 1. Merkmalsausprägung: - nicht/keine, o wenig, + stark/viele, ++ sehr stark/sehr viele.

c) *Cladonia gracilis*

Für die Sequenzierung wurden morphologisch der *Cl. furcata* ähnlich sehende, anhand der Podetienmerkmale nur schwer bestimmbare Exemplare ausgewählt. Die Thalli wiesen keine Becher auf!

Tab. 52: Vegetationseinheiten, denen die Proben für die rDNA-Sequenzierung entnommen wurden

Probe	Vegetationseinheit (s. Kapitel E)
Clfufu02MI	Cladonia furcata-Cladonion arbusculae-Fragmentgesellschaft
Clfufu03RK	Cladonia furcata-Einzelpolster
Clfufu04KB	Cladonia cervicornis-Baeomycion-Fragmentgesellschaft
Clfufu05DT	Cladonia furcata-Cladonion arbusculae-Fragmentgesellschaft
Clfufu07DB	Cladonietum foliaceae
Clfufu09ZG	Cladonia furcata-Cladonion arbusculae-Fragmentgesellschaft
Clfufu10ZG	Cladonia furcata-Cladonion arbusculae-Fragmentgesellschaft
Clfufu13GM	Cladonietum foliaceae
Clfufu16DH	Toninio-Psoretum fulgensietosum, Cl. symphycarpa-Variante
Clfusu02SI	Toninio-Psoretum typicum + Peltigera rufescens-Toninion-FG
Clfusu03KL	Toninio-Psoretum fulgensietosum, Cl. symphycarpa-Variante
Clfusu04KA	Peltigera rufescens-Toninion-Fragmentgesellschaft
Clfusu05IG	Cetraria aculeata-Dominanzbestand
Clfusu07RO	Cladonia furcata-Einzelpolster
Clfusu08HE	Peltigera rufescens-Toninion-Fragmentgesellschaft
Clfusu10SF	Cladonia furcata-Einzelpolster
Clfusu11BK	Cladonia rangiformis-Dominanzbestand
Clfusu12HO	Peltigera rufescens-Toninion-Fragmentgesellschaft
Clfusu14WB	Toninio-Psoretum fulgensietosum, Cl. symphycarpa-Variante
Clgrac06MM	Cladonia gracilis-Einzelpolster
Clgrac11NT	Cladonia bacillaris-Gesellschaft
Clgrac12SZ	Cladonia gracilis-Cladonion arbusculae-Fragmentgesellschaft
Clgrac14BP	Cladonia gracilis-Cladonion arbusculae-Fragmentgesellschaft

Alle Podetien wurden erst kurze Zeit vor Beginn der Laborarbeiten dem Standort im Gelände entnommen, um möglichst frische Thalli für die Sequenzierung zu haben. Die verwendeten Proben dienten als Ausgangsmaterial sowohl für die molekularbiologischen Untersuchungen als auch für die Dünnschichtchromatographie (s. Kap. F). In beide Untersuchungen gingen dabei jeweils benachbarte Podetienabschnitte ein. Für die Sequenzierung der rDNA wurden unter dem Binokular gesund erscheinende Podetienspitzen, ohne Parasitenbefall, epiphytischen Algenbewuchs oder Degenerationserscheinungen ausgewählt. Die wenige Millimeter langen Podetienspitzen wurden in 1,5 ml Eppendorf-Tubes in einen mit flüssigem Stickstoff vorgekühlten Aluminiumblock gestellt und fein zermörsert. Die Extraktion der DNA aus dem pulverisierten Thallus erfolgte mit dem DNeasy Plant Mini Kit (Quiagen), dem Invisorb Spin Plant Kit (Invitex) bzw. dem REDExtract-N-AMP Plant PCR Kit (Sigma) jeweils nach Protokoll des Herstellers. Die Flechten-DNA wurde in 50 bis 100 µl TE Puffer gelöst (mit Ausnahme der mit dem Sigma-Kit extrahierten DNA).

1.2 Polymerase-Chain-Reaktion (PCR), Gelelektrophorese und DNA-Aufreinigung

Durch die Auswahl des Primerpaares (Vorwärts- und Rückwärts-Primer) wird der zu vervielfältigende rDNA-Abschnitt festgelegt und mit Hilfe der Taq-Polymerase in einer PCR amplifiziert. Die eingesetzten Primer tragen die Bezeichnungen MY1200F, MY1700F (HELMS et al. 2003) und ITS4 (WHITE et al. 1990) für die Mycobionten sowie AL1500BF, AL1700F (HELMS et al. 2001), LR3 (FRIEDL & ROKITTA 1997) und

ITS4 (WHITE et al. 1990) für die Photobionten. Die PCR wurde durchgeführt mit 1 bis 2 µl DNA-Extrakt in 50 µl Reaktionsvolumen. Der Reaktionsansatz beinhaltet 0,2 mM von jeder der 4 dNTPs (dNTP-Mix, Hybaid-AGS), 2 mM MgCl₂, 4 % DMSO, 0,2 µM von jedem PCR-Primer und 1 Einheit SilverStar Taq-Polymerase (Eurogentech). Einer anfänglichen Denaturierungszeit von 5 min bei 95 °C schließen sich 35 Zyklen an. Ein Zyklus beginnt mit einer Denaturierung bei 94 °C (Dauer 40 sec.), gefolgt von einer Primer-Anlagerung (Annealing) bei 51 °C (Dauer 40 sec.) und einer Elongation bei 72 °C (Dauer 2 min. + 5 sec.). Nach Beendigung der 35 Zyklen wurde der Reaktionsansatz für 10 min. bei 72°C inkubiert.

Die Überprüfung der Amplifikate erfolgte mit Hilfe einer Gelelektrophorese. Zu diesem Zweck wurden 2 µl der Reaktionsansätze mit 3 µl Loading Dye (1,5fach) auf 1%ige Agarose-Gele aufgetragen. Als Laufpuffer diente 0,5-facher TBE-Puffer. Zur Anfärbung der DNA wurde eine 0,1%ige Ethidiumbromid-Lösung verwendet. Unter UV-Licht (312 nm) erscheint der entstandene DNA-Ethidiumbromid-Komplex als hell leuchtende Bande. Das Ergebnis wurde photographisch dokumentiert. Die Längen der amplifizierten Fragmente konnten anhand eines Markers (Lambda, EcoRI/Hind III) bestimmt werden. Sofern die Proben schon nach der ersten PCR und anschließender Elektrophorese eine deutliche Bande zeigten, wurden sie direkt sequenziert. Proben mit ebenfalls nur einer, aber etwas schwächeren Bande wurden reamplifiziert, d.h. einer erneuten PCR unterzogen, um genügend Ausgangsmaterial für die Sequenzierung zu erhalten.

Da überschüssige dNTP's und PCR-Primer die Sequenzierreaktion beeinträchtigen, müssen die PCR-Produkte zunächst gereinigt werden. Diese Aufreinigung erfolgte mit dem High PureTM PCR Product Purifikation Kit (Roche) nach Protokoll, bzw. mit Na-Acetat und Isopropanol nach folgendem Schema: 50 µl PCR-Ansatz werden mit 5 µl 3M Na-Acetat (pH 5,5) und 50 µl Isopropanol versetzt und anschließend über Nacht bei -20°C gekühlt (s. SAMBROOK et al. 1989). Nach 30minütigem Zentrifugieren bei maximaler Umdrehung wird der Überstand verworfen und 150 µl 70 % Ethanol zugegeben. Das Gemisch bleibt weitere 2 min stehen, wird danach 10 min bei maximaler Umdrehung zentrifugiert und der Überstand wiederum verworfen. Zu der verbleibenden DNA wird 50 µl TE-Puffer zugegeben. Mit einem Biophotometer (Eppendorf) wurde anschließend die Konzentration des aufgereinigten Produkts bestimmt, mit Hilfe derer die für die Sequenzier-Ansätze benötigte Template-Menge ermittelt werden konnte.

1.3 DNA-Sequenzierung

Die Sequenzierung erfolgte mit verschiedenen Sequenziergeräten. Für den ALFexpress II automated sequencer (Pharmacia) wurden CY-5-markierte Primer in Kombination mit dem Thermo Sequenase Sequencing Kit mit 7-deaza-dGTP (Amersham) verwendet. Derselbe Sequencing Kit in Kombination mit IR-700 und IR-800 markierten Primern kam beim LI-COR IR² DNA Sequencer zum Einsatz. Das Reaktionsvolumen betrug 15 µl. Das zugehörige PCR-Temperaturprogramm umfaßt, neben einer anfänglichen zweiminütigen Denaturierung bei 95 °C, 30 Zyklen. Diese

beginnen jeweils mit einer Denaturierung bei 94 °C (Dauer 30 sec.), darauf folgen die Anlagerung der Primer bei 50 °C (Dauer 30 sec.) und die Elongation bei 72 °C (Dauer 1 min.). Die finale Elongation erfolgt ebenfalls bei 72 °C und dauert 7 min. Die Sequenzierungsansätze für den ABI PRISM 3100 Genetic Analyzer wurden mit dem Big Dye Terminator V2.0 Cycle Sequencing Kit (ABI) sowie unmarkierten Primern und markierten ddNTPs angesetzt. Das Reaktionsvolumen betrug 5 µl, bei geringer DNA-Konzentration 10 µl. Das PCR-Temperaturprogramm für die Sequenzierung mit dem ABI beinhaltet lediglich 25 Zyklen. Einer 10 sec. dauernden Denaturierung bei 96 °C folgt bei diesen das Annealing bei 45 °C (Dauer 5 sec.) und die Extension bei 60 °C (Dauer 4 min.). Die Sequenzen wurden mit der ALF-Software bzw. der AlignIR V1.2 Software (LI-COR) zusammengestellt.

1.4 Auswertung der Daten

Die ermittelten ITS rDNA-Sequenzen wurden mit dem Computerprogramm BioEdit (<http://www.mbio.ncsu.edu/RnaseP/info/programms/BIOEDIT/bioedit.html>; s. HALL 1999) manuell angeordnet und mit den in Tab. 53 aufgelisteten Sequenzen aus der Datenbank des NCBI (GenBank; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) verglichen. Die phylogenetischen Analysen wurden mit dem Programm PAUP* V4.0b10 (SWOFFORD 2000) durchgeführt. Die dargestellten Stammbäume basieren auf dem Maximum Likelihood-Verfahren (ML), welches eine Berechnung der Wahrscheinlichkeit von Ereignissen auf der Grundlage statistischer Modellvorstellungen und Bevorzugung der danach wahrscheinlichsten Erklärung durchführt. Die Wahl eines geeigneten Evolutionsmodells erfolgte mit dem Programm MODELTEST 3.0 (POSADA & CRANDALL 1998). Bei den Photobionten wurde das TrNef+G-Modell (TAMURA & NEI 1993), bei den Mycobionten das K80-Modell (KIMURA 1980) als das passendste ermittelt. Zur Überprüfung der Zuverlässigkeit der Stammbäume wurden Bootstrap-Tests durchgeführt. In den Stammbaum-Darstellungen werden Bootstrap-Werte aus dem ML-, Maximum Parsimony- (MP) und Neighbor-Joining-Verfahren (NJ) angegeben. Die Distanztabelle wurde mit der Software MEGA 2.1 erstellt (KUMAR et al. 2001; <http://www.megasoftware.net>).

Tab. 53: Vergleichssequenzen aus GenBank

Accession-Nr./Bezeichnung	Autoren	zugehörige Publikationen
AF184752 <i>Cl. gracilis</i> ssp. <i>turbinata</i> [Herkunft ?]	Wedin, M., Doring, H., Ekman, S.	Lichenologist 32(2), 171-187 (2000)
AF345414 <u>Algal symbiont</u> of <i>Cl. gracilis</i> ssp. <i>gracilis</i> IO50 (Russia)	Piercey-Normore, M.D., DePriest, P.T.	Am. J. Bot. 88, 1490-1498 (2001)
AF345429 <u>Algal symbiont</u> of <i>Cl. furcata</i> IO24 (USA)	Piercey-Normore, M.D., DePriest, P.T.	Am. J. Bot. 88, 1490-1498 (2001)
AF455193 <i>Cl. gracilis</i> ssp. <i>turbinata</i> (Finland)	Stenroos, S., Hyvoenen, J., Myllys, L., Thell, A., Ahti, T.	Cladistics 18, 237-278 (2002)
AF455194 <i>Cl. gracilis</i> ssp. <i>gracilis</i> (Sweden)	Stenroos, S., Hyvoenen, J., Myllys, L., Thell, A., Ahti, T.	Cladistics 18, 237-278 (2002)
AF455198 <i>Cl. gracilis</i> ssp. <i>elongata</i> (Chile)	Stenroos, S., Hyvoenen, J., Myllys, L., Thell, A., Ahti, T.	Cladistics 18, 237-278 (2002)
AF455200 <i>Cl. macroceras</i> (Island)	Stenroos, S., Hyvoenen, J., Myllys, L., Thell, A., Ahti, T.	Cladistics 18, 237-278 (2002)
AF455220 <i>Cl. furcata</i> (USA)	Stenroos, S., Hyvoenen, J., Myllys, L., Thell, A., Ahti, T.	Cladistics 18, 237-278 (2002)

2 Ergebnisse der ITS rDNA-Sequenzierung

2.1 ITS rDNA-Sequenzen der Mycobionten

2.1.1 Polymorphismen der sequenzierten ITS-Bereiche

a) *Cladonia furcata* (Abb. 44 und Abb. 45)

Es lassen sich innerhalb von *Cl. furcata* 4 ITS-Varianten abgrenzen:

ITS-Variante 1: *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* Proben 2, 5, 7, 10, 14,
Cl. furcata ssp. *furcata* Proben 4, 5, 10, 13

ITS-Variante 2: *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* Probe 11,
Cl. furcata ssp. *furcata* Probe 16

ITS-Variante 3: *Cl. furcata* ssp. *furcata* Proben 2, 3, 7

ITS-Variante 4: *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* Probe 8

Die intraspezifische Variabilität von *Cladonia furcata* ist gering – die Sequenzen aller 4 ITS-Varianten weichen nur in maximal 10 Basen voneinander ab (s. Tab. 55). Die Abgrenzung der ITS-Variante 1 von den anderen Varianten wird durch Bootstrap-Werte von 81 (ML), 57 (MP) bzw. 78 (NJ) unterstützt (s. Abb. 44). Die Sequenzen der zweiten ITS-Variante stehen der ersten nahe und werden mit ihr gemeinsam von den Varianten 3 und 4 abgetrennt (Bootstrap-Werte 60 (ML), 40 (MP) und 76 (NJ)). Unterstützt durch relativ hohe Bootstrap-Werte von 94 (ML), 92 (MP) und 90 (NJ) bilden die beiden Sequenzen Clfufu03RKmy und Clfufu02MImy die ITS-Variante 3. (Zu dieser zählt auch die Sequenz Clfufu07DBmy, welche aufgrund der unzureichenden Länge nicht in die phylogenetischen Analysen einbezogen wurde. Dies gilt auch für die Sequenz Clfufu13GMmy der Variante 1). Variante 4 umfaßt nur eine Sequenz von *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis*, die verhältnismäßig deutlich, d.h. in 8 bis 10 Positionen von den anderen Sequenzen abweicht. Die *Cl. furcata*-Sequenz aus GenBank (AF455220) läßt sich keiner der 4 ITS-Varianten eindeutig zuordnen. Von den Sequenzen der Variante 1 unterscheidet sie sich im dargestellten Sequenzabschnitt beispielsweise in 11 bis 13 Positionen (Abb. 45).

b) *Cladonia gracilis* (Abb. 46)

Die 4 Sequenzen der Mycobionten von *Cl. gracilis* zeigen eine deutliche Variabilität in den ITS-Bereichen. Sie weichen in bis zu 17 Positionen voneinander ab. Die Sequenz Clgrac11NTmy unterscheidet sich lediglich in 3 Positionen von der GenBank-Sequenz von *Cladonia macroceras* (AF455200). Probe Clgrac12SZmy weist die größte Ähnlichkeit mit *Cl. gracilis* ssp. *turbinata* (AF 455193) auf (5 verschiedene Positionen). Die Sequenzen Clgrac06MMmy und Clgrac14BPmy stehen der GenBank-Sequenz von *Cl. gracilis* ssp. *gracilis* (AF455194) nahe (3 bzw. 4 variierende Positionen). Die Anzahl unterschiedlicher Positionen bezieht sich jeweils auf den in Abb. 46 dargestellten Sequenzbereich, der jedoch nicht immer den gesamten ITS-Abschnitt umfaßt.

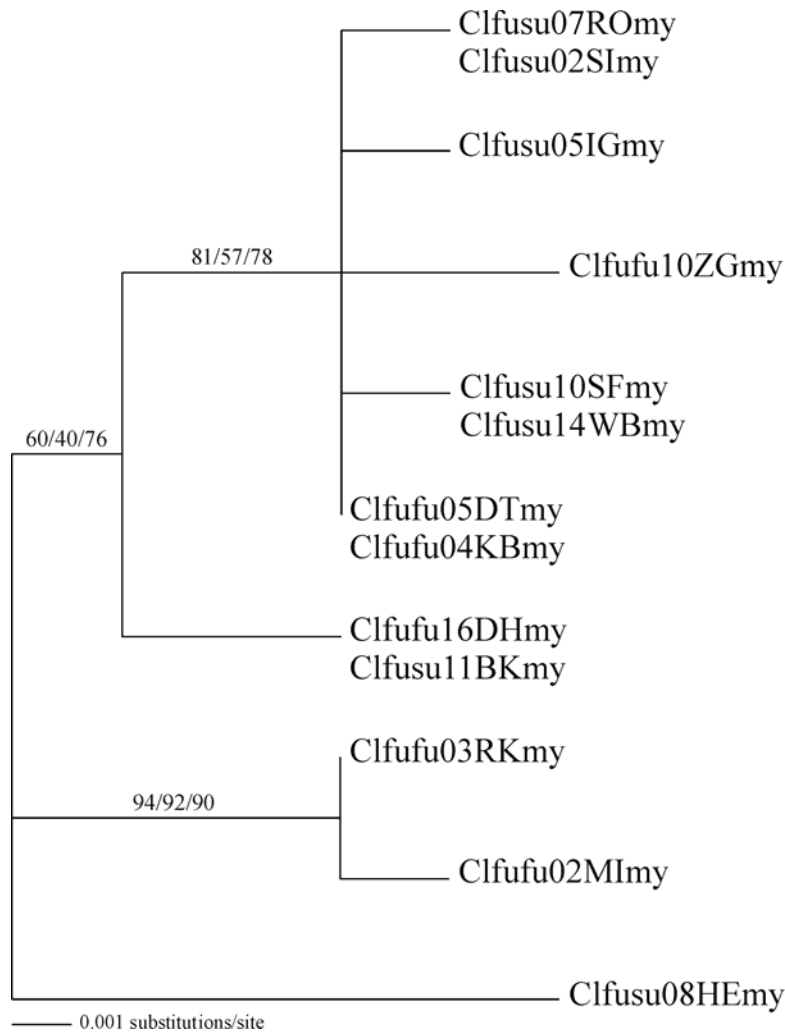


Abb. 44: rDNA-Stammbaum der Mycobionten von *Cladonia furcata* berechnet nach der Maximum Likelihood-Methode (Midpoint rooting) mit zusätzlichen Bootstrap-Werten aus dem Maximum Parsimony- und Neighbor-Joining-Verfahren (angegeben in dieser Reihenfolge).

Tab. 54: Distanztabelle der Mycobionten von *Cladonia furcata*
(fett gedruckt: Distanzen innerhalb einer ITS-Variante)

	Clfusu07ROmy	Clfusu02SImy	Clfusu05IGmy	Clfufu10ZGmy	Clfusu10SFmy	Clfusu14WBmy	Clfufu05DTmy	Clfufu04KBmy	Clfufu16DHmy	Clfusu11BKmy	Clfufu03RKmy	Clfufu02MImy
Clfusu02SImy	0											
Clfusu05IGmy	2	2										
Clfufu10ZGmy	3	3	3									
Clfusu10SFmy	2	2	2	3								
Clfusu14WBmy	2	2	2	3	0							
Clfufu05DTmy	1	1	1	2	1	1						
Clfufu04KBmy	1	1	1	2	1	1	0					
Clfufu16DHmy	5	5	5	6	5	5	4	4				
Clfusu11BKmy	5	5	5	6	5	5	4	4	0			
Clfufu03RKmy	7	7	7	6	7	7	6	6	6	6		
Clfufu02MImy	8	8	8	7	8	8	7	7	7	7	1	
Clfusu08HEmy	9	9	9	10	9	9	8	8	8	8	8	8

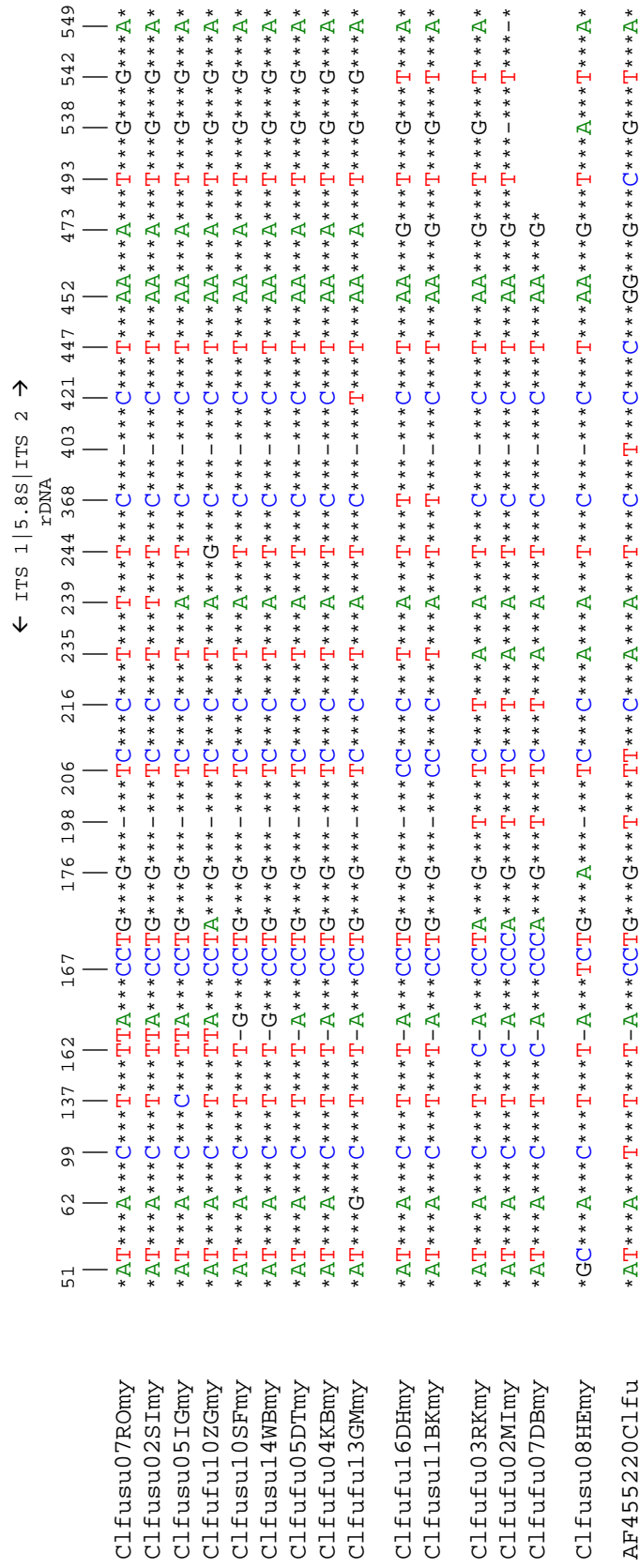


Abb. 45: Zusammenfassung der Polymorphismen bei den Mycobionten von *Cladonia furcata*.
 AF... = Sequenz aus GenBank (s. Tab. 53). */** = eine bzw. drei oder mehr identische Basen. Darstellung auf Grundlage der Input data matrix aus PAUP (ergänzt). Die Nummerierung der Positionen richtet sich nach der Referenz-Sequenz AF455220 aus GenBank.

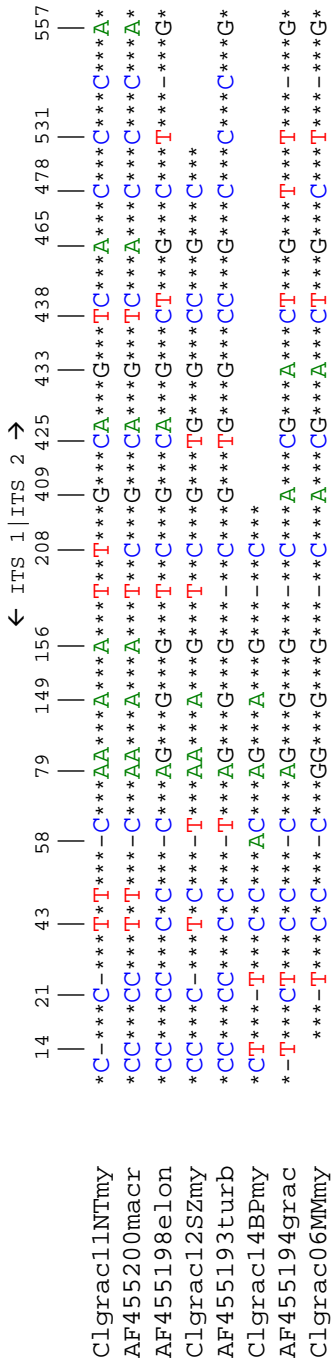


Abb. 46: Zusammenfassung der Polymorphismen bei den Mycobionten von *Cladonia gracilis*.
 AF... = Sequenzen aus GenBank (s. Tab. 53); turb = ssp. turbinata; elon = ssp. elongata; grac = ssp. gracilis; macr =
Cl. macroceras. */** 1 bzw. 2 identische Basen; *** 3 oder mehr identische Basen. Die Nummerierung der Positionen
 richtet sich nach der Referenz-Sequenz AF455194 aus GenBank.

2.1.2 Korrelation der ITS-Varianten mit systematischer Einstufung, Chemismus, Morphologie und Standortbedingungen

Die *Cladonia gracilis*-Proben unterscheiden sich in ihren ITS rDNA-Sequenzen deutlich von den *Cl. furcata*-Proben, obwohl sie eine starke morphologische Ähnlichkeit aufweisen. In den betrachteten ITS-Regionen (528 Positionen) treten zwischen 29 und 35 Positionen auf, in denen *gracilis*-Proben und *furcata*-Proben variieren (s. Tab. 55). Die stellvertretend für die 4 ITS-Varianten aufgeführten Sequenzen von *Cl. furcata* unterscheiden sich in diesem Bereich lediglich in 5 bis 9 Positionen. Die in Tab. 55 angegebenen Distanz-Werte beziehen sich auf den Bereich zwischen Position 27 (ITS1) und 553 (ITS2) entsprechend der Nummerierung der Referenz-Sequenz AF455220 (*Cl. furcata*) aus GenBank.

Tab. 55: Distanztabelle zum Vergleich von *Cladonia furcata* und *Cl. gracilis*

	Clfusu07ROmy	Clfufu16DHmy	Clfufu03RKmy	Clfusu08HEmy	Clgrac11NTmy
Clfufu16DHmy	5				
Clfufu03RKmy	7	6			
Clfusu08HEmy	9	8	8		
Clgrac11NTmy	29	30	29	29	
Clgrac06MMmy	35	34	35	33	13

Die zwei Unterarten von *Cladonia furcata* lassen sich aufgrund ihrer ITS rDNA-Sequenzen nicht trennen. Sie treten in den ITS-Varianten 1 und 2 sogar gemeinsam auf. Eine Korrelation zwischen ITS-Varianten und dem Chemismus (d.h. dem Merkmal „Atranorin vorhanden bzw. fehlend“) bzw. dem morphologischen Merkmal „Markaufbrüche“ (bei der Sippe *subrangiformis*) ist daher nicht gegeben. Die Zusammensetzung der Variante 1 deutet darauf hin, daß ein Zusammenhang zwischen Morphologie und ITS-Varianten auch innerhalb der ssp. *furcata* nicht besteht. Eine deutlich unterschiedliche äußere Gestalt weisen innerhalb dieser Gruppierung beispielsweise die Proben Clfufu05DTmy und Clfufu13GMmy auf. Bei der zuerst genannten handelt es sich um aufrecht wachsende, stark verzweigte und beschuppte, kaum pigmentierte Podetien aus einem Waldgebiet auf Grauwacke, bei der zweiten um zwar ebenfalls stark verzweigte, jedoch niederliegende, kaum beschuppte, stark pigmentierte Exemplare eines Basalt-Felsstandortes. Die ITS rDNA-Sequenzen morphologisch unähnlicher *Cl. furcata*-Exemplare können demnach bis auf 3 (oder weniger) Positionen identisch sein.

Anhand der Variante 1 wird deutlich, daß nicht immer ein Zusammenhang zwischen Standorten und molekularen Daten besteht, da in ihr Proben sowohl von Wuchsorten mit basenreichem als auch mit basenarmem Ausgangsgestein vereinigt sind. Die Variante 2 setzt sich aus je einer Probe von einem Dolomit- bzw. Basaltstandort, die Variante 3 nur aus Proben von Standorten mit basenreichem Gestein zusammen.

Entsprechend unterschiedlich wie die Standorte sind auch die Gesellschaften, denen die Thalli entnommen wurden (s. dazu Tab. 52).

2.2 ITS rDNA-Sequenzen der Photobionten

2.2.1 Polymorphismen der sequenzierten ITS-Bereiche

Bei den Photobionten können 4 ITS-Varianten unterschieden werden (Abb. 47 und Abb. 49). Sie umfassen folgende Sequenzen:

ITS-Variante 1: *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* Proben Nr. 3, 4, 11, 12,
Cl. furcata ssp. *furcata* Proben 9, 16

ITS-Variante 2: *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* Proben Nr. 5, 8, 10, 14

ITS-Variante 3: *Cl. furcata* ssp. *furcata* Probe Nr. 7

ITS-Variante 4: *Cl. gracilis* Probe Nr. 11

Aus Abb. 47 wird ersichtlich, daß die ITS-Varianten 1 und 2 durch hohe Bootstrap-Werte von 92 (ML), 94 (MP) und 100 (NJ) bzw. 72 (ML), 81 (MP) und 100 (NJ) unterstützt werden. Die Sequenzen der Varianten 1 und 2 werden gemeinsam den ITS-Varianten 3 und 4 gegenübergestellt (Bootstrap-Werte 96 (ML), 91 (MP), 100 (NJ)). Die Abtrennung der ITS-Varianten 3 und 4 wird durch Bootstrap-Werte von 96 (ML), 91 (MP) und 100 (NJ) unterstützt.

Abb. 48 zeigt die Polymorphismen der sequenzierten ITS-Bereiche. In Tab. 56 sind die Distanzen der Sequenzen untereinander dargestellt. Die ersten 5 Sequenzen der ITS-Variante 1 stimmen untereinander überein (4 davon sind in Tab. 56 dargestellt). Die 6. Sequenz (Clfufu09ZGal) weicht in 2 Positionen von den anderen Sequenzen ab. Innerhalb der ITS-Variante 2 sind die ersten 3 Sequenzen identisch, die vierte unterscheidet sich an 3 Positionen von den anderen Sequenzen der selben Variante. Die beiden Sequenzen der Varianten 3 und 4 zeigen im Vergleich an 9 Positionen Unterschiede. Insgesamt betrachtet können die Sequenzen der verschiedenen ITS-Varianten in bis zu 17 der 567 bei der Berechnung berücksichtigten Positionen voneinander abweichen. D.h. sie variieren in bis zu 3 % der betrachteten Positionen. Die auffälligsten Unterschiede finden sich zwischen Position 55 und 58 (ITS 1) sowie ab Position 380 ff (ITS 2).

2.2.2 Vergleich mit Photobionten-Sequenzen aus GenBank

Die ITS-Variante 1 ähnelt *Trebouxia erici* (AF345441), deren Sequenz jedoch eine vermittelnde Stellung zwischen den Varianten einnimmt. Die Sequenz des Photobionten aus *Cladonia rangiformis* (AF345435) stimmt im betrachteten Sequenzbereich bis auf eine Position mit 3 der 4 Sequenzen der Variante 2 überein. Ebenfalls zu dieser Gruppe gehört die Sequenz des Photobionten aus *Cl. furcata* (AF345429), die sich allerdings in mindestens 11 Positionen von den anderen Sequenzen der Variante 2 unterscheidet. Die Sequenz des Photobionten aus *Cl. gracilis* (AF345414) läßt sich ebenso wie die von *Trebouxia irregularis* (AF345411) in die Variante 3 einordnen.

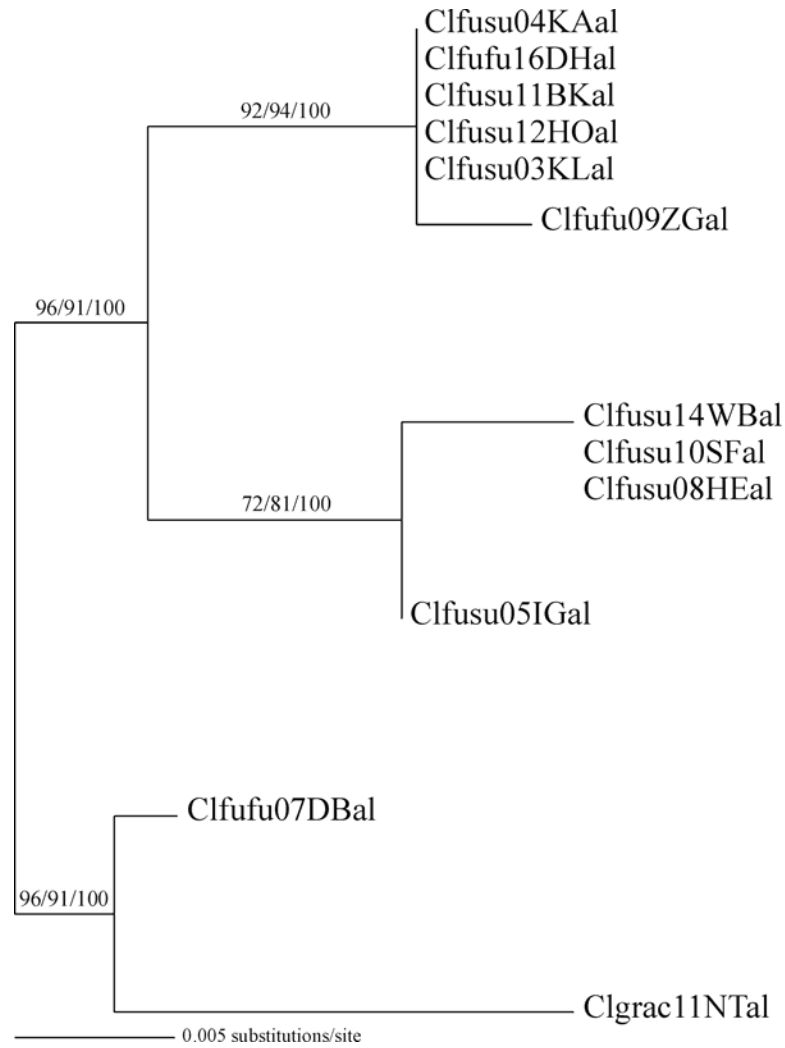


Abb. 47: rDNA-Stammbaum der Photobionten aus *Cladonia furcata* und *Cl. gracilis* berechnet nach der Maximum Likelihood-Methode (Midpoint rooting) mit zusätzlichen Bootstrap-Werten aus dem Maximum Parsimony- und Neighbor-Joining-Verfahren (angegeben in dieser Reihenfolge).

Tab. 56: Distanztabelle der Photobionten
(fett gedruckt: Distanzen innerhalb einer ITS-Variante)

	Clfusu04KAal	Clfufu16DHal	Clfusu11BKal	Clfusu12HOal	Clfusu03KLal	Clfufu09ZGal	Clfusu14WBal	Clfusu10SFal	Clfusu08HEal	Clfusu05IGal	Clfufu07DBal
Clfufu16DHal	0										
Clfusu11BKal	0	0									
Clfusu12HOal	0	0	0								
Clfusu03KLal	0	0	0	0							
Clfufu09ZGal	2	2	2	2	2						
Clfusu14WBal	9	9	9	9	9	10					
Clfusu10SFal	9	9	9	9	9	10	0				
Clfusu08HEal	9	9	9	9	9	10	0	0			
Clfusu05IGal	9	9	9	9	9	11	3	3	3		
Clfufu07DBal	9	9	9	9	9	10	12	12	12	9	
Clgrac11NTal	16	16	16	16	16	17	16	16	16	14	9

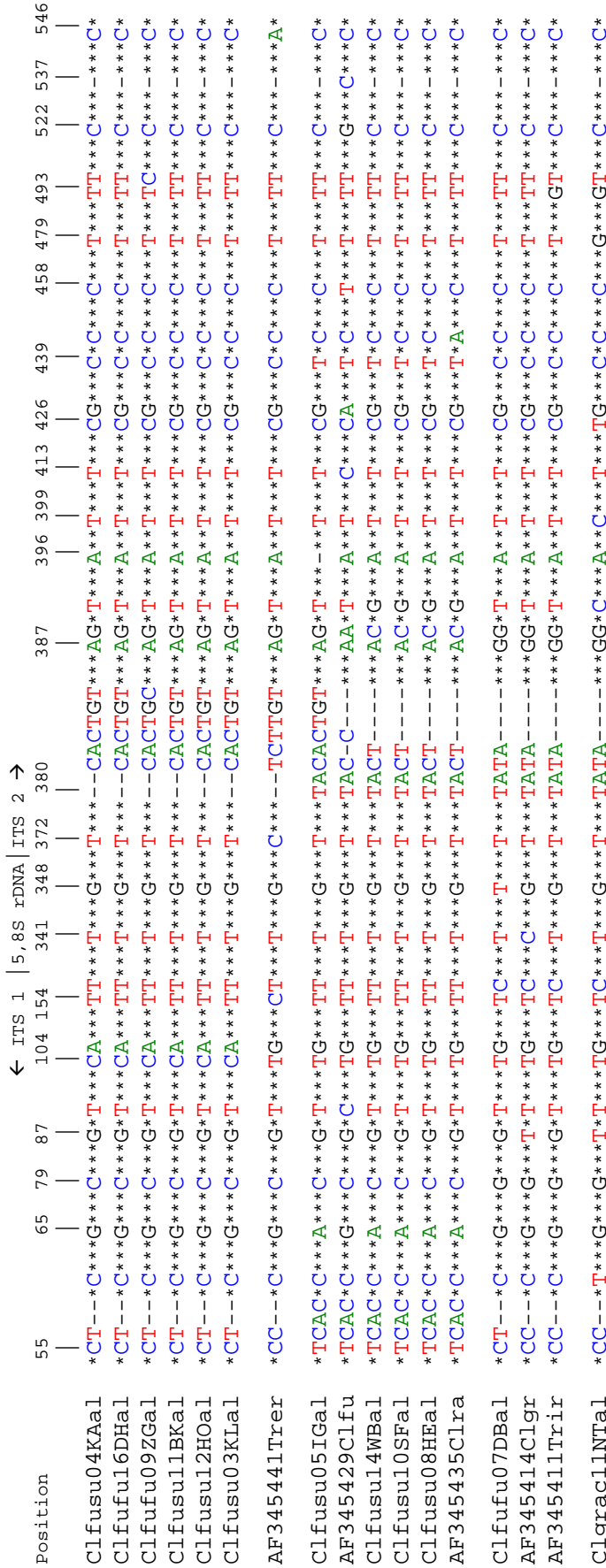


Abb. 48: Zusammenfassung der Polymorphismen bei den Photobionten.
 */** 1 oder 2 identische Basen. *** 3 oder mehr identische Basen. Darstellung auf Grundlage der Input data matrix aus PAUP (ergänzt). AF... = Sequenzen aus GenBank (s. Tab. 53): Trer = *Trebouxia erici*; Trir = *Trebouxia irregularis*; Clra = *Cl. rangiformis*; Clfu = *Cl. furcata*; Clgr = *Cl. gracilis*.
 Die Nummerierung der Positionen richtet sich nach der Referenz-Sequenz AF345429 aus GenBank.

2.2.3 Korrelation der ITS-Varianten mit systematischer Einstufung, Chemismus, Morphologie und Standortbedingungen

ITS-Variante 1 umfaßt Photobionten beider Unterarten von *Cladonia furcata*, d.h. aus Thalli, die sich in ihrem Chemismus voneinander unterscheiden. Variante 2 beinhaltet nur Photobionten-Sequenzen aus *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis*. Variante 3 besteht lediglich aus einer Photobiontensequenz von *Cl. furcata* ssp. *furcata*. Das bedeutet, jede Unterart von *Cl. furcata* geht mit kokkalen Grünalgen mindestens zweier verschiedener ITS-Varianten eine Lebensgemeinschaft ein. Von den 8 Photobionten-Sequenzen aus *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* gehören je 4 der ITS-Variante 1 bzw. der ITS-Variante 2 an. Die 3 Sequenzen aus der Subspezies *furcata* verteilen sich wie folgt: 2 sind der Variante 1, eine der Variante 3 zuzuordnen. *Cl. gracilis* unterscheidet sich in ihrem Photobionten (ITS-Variante 4) von *Cl. furcata*.

Es lassen sich keine Korrelationen zwischen ITS-Varianten und morphologischen Merkmalen der Cladonien, etwa dem Grad der Verzweigung oder der Beschuppung, erkennen. Leider stehen jedoch keine ausreichend guten Sequenzen beschuppter Exemplare zur Verfügung. Ein Zusammenhang zwischen Standortfaktoren und molekularen Daten deutet sich bei Betrachtung der Varianten 1 und 2 an. Deren Algen-Sequenzen stammen (mit Ausnahme der Sequenz Clfufu09ZGal) alle aus Flechten, die auf basenreichem Ausgangsgestein wuchsen. Interessanterweise fügt sich in die Variante 2 auch der *Cl. rangiformis*-Photobiont (AF345435) ein, über dessen Herkunft leider keine Details bekannt sind. *Cl. rangiformis* gilt jedoch als eine Flechtenart, die gewöhnlich auf basenreichen Böden wächst (WIRTH 1995).

Mit Ausnahme der Probe aus der Zeche Glimmerode beinhalten die ITS-Varianten 1 und 2 nur Photobionten aus Cladonien, die innerhalb von Pflanzen- bzw. Flechtengesellschaften wuchsen, die für derartige basenreiche Standorte typisch sind.

2.3 Kombinationen der Bionten (Abb. 49)

Es wurde versucht, die Sequenzen beider Bionten zu ermitteln, jedoch liegen nur bei einem Teil der Proben beide Sequenzen vor. Ein Vergleich der ITS-Varianten von Pilz und Alge führt zu einigen interessanten Erkenntnissen, die allerdings aufgrund der geringen Anzahl an Sequenzen lediglich Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang zwischen Mycobionten und Photobionten-Varianten geben können:

1. Die Mycobionten der Variante 1 weisen Photobionten der ITS-Variante 2 auf (Clfusu 5, 10, 14).
2. Die Mycobionten der Proben ClfufuDH16 und ClfusuBK11 bilden die ITS-Variante 2 und unterscheiden sich auch bezüglich der Photobionten von den Proben der Mycobionten-Variante 1. Ihre Photobionten-Sequenzen zählen zur ITS-Variante 1.
3. Bei der Probe Clfufu7 gehören beide Bionten jeweils einer anderen als den unter Punkt 1 und 2 genannten ITS-Varianten an.
4. Bei *Cl. gracilis* bilden ebenfalls beide Bionten eigene Varianten.

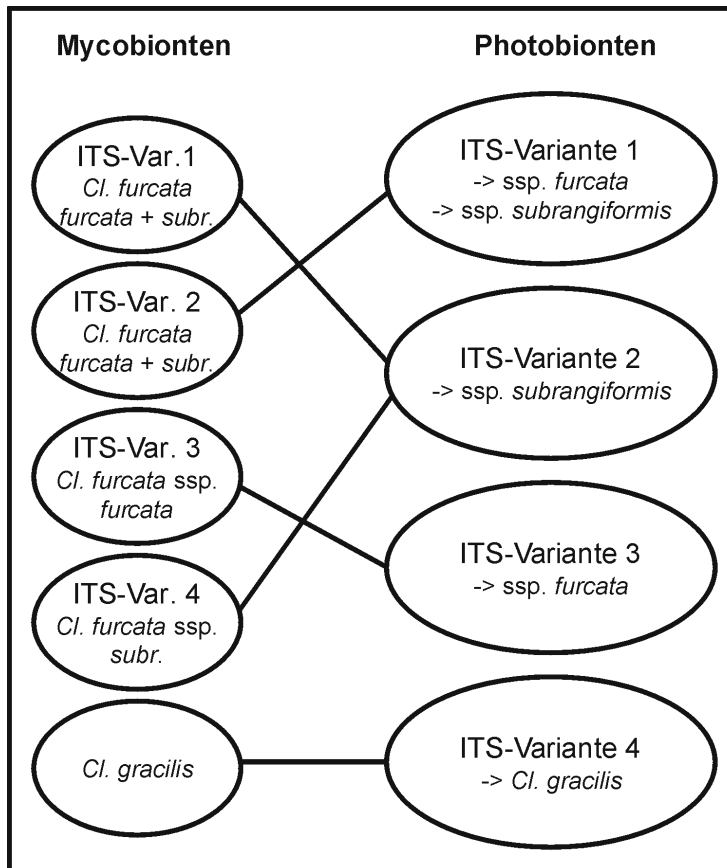


Abb. 49: Kombinationen der Bionten innerhalb der Arten *Cladonia furcata* und *Cl. gracilis*.

3 Diskussion

a) *Asterochloris* spec. – Photobiont von *Cladonia furcata* und *Cl. gracilis*

Als einzige Art ihrer Gattung wurde *Asterochloris phycobiontica* aus der Flechte *Anzina carneonivea* (Anzi) Scheid. (Syn. *Varicellaria carneonivea* (Anzi) Erichs.) erstmals von TSCHERMAK-WOESS (1980) isoliert und beschrieben. TSCHERMAK-WOESS (1989) unterteilte die Gattung *Trebouxia* in die zwei Subgenera *Trebouxia* und *Eleutherococcus* und erkannte aufgrund phänotypischer Merkmale die Übereinstimmung von *Asterochloris phycobiontica* mit den *Eleutherococcus*-Arten. Ein von PIERCEY-NORMORE & DEPRIEST (2001) vorgenommener Vergleich von Sequenzdaten ergab ebenfalls die nahe Verwandtschaft von *Asterochloris phycobiontica* mit den *Eleutherococcus*-Arten von TSCHERMAK-WOESS (1989).

Die von AHMADJIAN & JAKOBS (1981) durchgeführten Resynthese-Experimente belegen die Abgrenzung von *Asterochloris* und *Trebouxia* s. str. auf eindrucksvolle Weise. Der Mycobiont *Cladonia cristatella* Tuck. bildet mit allen Algenstämmen der *Asterochloris*-Gruppe Thallusschuppen, während er die anderen getesteten *Trebouxia*-Stämme parasitiert und abtötet. RAMBOLD et al. (1998) nehmen an, daß alle *Asterochloris*-ähnlichen *Trebouxia*-Arten die einzigen kompatiblen Algen für die Mehrheit der

Cladoniaceae sind. Diese Annahme wird von PIERCEY-NORMORE & DEPRIEST (2001) unterstützt. Ein Vergleich mit den von PIERCEY-NORMORE & DEPRIEST (2001) sequenzierten *Asterochloris*-Stämmen führte zu dem Ergebnis, daß die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung erstellten Photobionten-Sequenzen aus *Cladonia furcata* und *Cl. gracilis* ebenfalls *Asterochloris* zuzuordnen sind.

HELMS (2003) greift die Ergebnisse von AHMADJIAN & JAKOBS (1981), PIERCEY-NORMORE & DEPRIEST (2001) und FRIEDL (1989) sowie weiterer Studien auf und publiziert erstmals einen tabellarischen Vergleich der bis zum heutigen Zeitpunkt bekannten molekularen und anatomischen Merkmale, aufgrund derer *Trebouxia* s.str. und *Asterochloris* voneinander getrennt werden können. Zur *Asterochloris*-Gruppe zählen demnach u.a. die Arten *Trebouxia irregularis*, *T. pyriformis*, *T. glomerata* und *T. erici* (s. PIERCEY-NORMORE & DEPRIEST 2001). Der Photobiont *T. impressa* ist dagegen beispielsweise ein Vertreter der *Trebouxia* s.str.

Bislang sind nur von wenigen Flechten die Algenpartner bekannt. In der Literatur finden sich zu den Photobionten von *Cladonia furcata* und *Cl. gracilis* lediglich die nachfolgend aufgeführten Informationen. WANG-YANG (1970 in NAKANO & IGUCHI 1994) nennt *Trebouxia impressa*, MEISCH (1981) *T. pyriformis* als Photobionten von *Cl. furcata*. Die Angabe von WANG-YANG bezüglich *T. impressa* ist nach dem oben beschriebenen heutigen Kenntnisstand der Photobiontenwahl bei Cladonien allerdings zweifelhaft. Als Photobionten in *Cl. gracilis* werden *T. erici* (NAGANO & IGUCHI 1994) und *T. glomerata* (WARÉN 1918/19 in NAGANO & IGUCHI 1994) genannt. BECK (2002) führt den von ihm aus *Cl. furcata* isolierten Photobionten als *Asterochloris irregularis* (Chodat) T. Friedl (ined.) auf. Er synonymisiert zudem die Arten *Asterochloris* (= *Trebouxia*) *pyriformis* und *Asterochloris* (= *Trebouxia*) *glomerata* mit *A. irregularis*. Diese Synonymisierung wird durch die molekularen Daten von PIERCEY-NORMORE & DEPRIEST (2001) bestätigt, da alle sequenzierten Klone dieser Arten fast identische ITS-Sequenzen haben und zusammen die als „Clade I“ (s.u.) bezeichnete Gruppe bilden.

b) ITS-Varianten der Photobionten

PIERCEY-NORMORE & DEPRIEST (2001) untersuchten anhand der ITS 1 und 2 die verwandtschaftlichen Beziehungen der Photobionten von 33 Cladoniaceen. Die Übereinstimmung der Photobionten-Sequenzen ist dabei, wie auch bei den nordhessischen Sequenzen, mit mehr als 90 % ziemlich hoch. Es ergeben sich zwei Clades. Clade I beinhaltet u.a. den Photobionten aus *Cladonia gracilis* ssp. *gracilis* (GenBank AF345414). Die ITS-Varianten 3 und 4 der vorliegenden Untersuchung entsprechen diesem Clade I, wie ein Vergleich der Sequenzen zeigt. Die Sequenz Clfufu07DBal (ITS-Variante 3) unterscheidet sich in 4, die Sequenz Clgrac11NTal (ITS-Variante 4) in 7 Positionen von der oben genannten GenBank-Sequenz. Der Photobiont aus *Cl. furcata* gehört dagegen Clade II (nach PIERCEY-NORMORE & DEPRIEST 2001) an. Diesem entspricht die ITS-Variante 2 der vorliegenden Untersuchung, die ausschließlich in der Subspezies *subrangiformis* nachgewiesen wurde. Darüber hinaus tritt bei den nordhessischen *Cl. furcata*-Proben noch eine weitere ITS-Variante (Nr. 1) auf, die Clade II näher steht als Clade I.

Nach PIERCEY-NORMORE & DEPRIEST (2001) können die Clade I-Genotypen (die möglicherweise alle *T. irregularis* angehören) mit Pilzen verschiedener Gattungen, Familien und sogar Ordnungen assoziiert sein. Generell sind die Algen wohl wenig spezifisch, so daß eine Algenart, bzw. ein Algen-Genotyp, mit verschiedenen, verwandtschaftlich sich nicht nahestehenden Flechtenpilzen zusammenleben kann (s. HILDRETH & AHMADJIAN 1981, HELMS 2003). In der vorliegenden Untersuchung bleiben die Algen der ITS-Varianten jedoch auf jeweils eine der beiden *Cladonia*-Arten beschränkt. Umgekehrt zeigen die Ergebnisse aus Nordhessen aber auch, daß *Cl. furcata* weniger selektiv gegenüber dem Algenpartner ist, als nach der Studie von PIERCEY-NORMORE & DEPRIEST (2001) zu erwarten wäre. Da im Gegensatz zu den vorangegangenen Untersuchungen nicht nur eine, sondern mehrere Sequenzen aus derselben *Cladonia*-Art zur Verfügung standen, konnte belegt werden, daß *Cl. furcata* mindestens 3 verschiedene ITS-Varianten (bzw. zwei Algen-Genotypen) als Photobionten aufweist. Mycobionten mit mehreren kompatiblen Algen-ITS-Varianten lassen sich beispielsweise auch bei Arten innerhalb der *Physciaceae* beobachten (HELMS 2003).

Die *Asterochloris*-ITS-Varianten der nordhessischen Cladonien unterscheiden sich, wie in Kap. G2.2.1 aufgeführt, in bis zu 3 % aller betrachteten Positionen voneinander. Dieses Maß an Variation ist vergleichsweise gering und entspricht etwa der Variabilität innerhalb von *Trebouxia*-Subclades (HELMS 2003). Subclades werden als dem taxonomischen Rang einer Art entsprechend angesehen (HELMS 2003). Innerhalb einer *Trebouxia*-Art können deutlich größere Unterschiede auftreten. BECK et al. (1998) stellten bis zu 40 variable Positionen zwischen den Stämmen einer *Trebouxia*-Art fest. Die Sequenzen der in ROMEIKE et al. (2002) beschriebenen „Antarctic variant A“ (= *Trebouxia* spec.) weisen bis zu 11 verschiedene Positionen auf. Die paarweisen Differenzen unter den insgesamt 5 „Antarctic“-Varianten betragen 52 bis 119 Positionen. Die Varianten A und E, die sich in bis zu 119 Positionen unterscheiden, gehören allerdings verschiedenen *Trebouxia*-Arten an.

c) Genetische Variabilität der Mycobionten

ZOLLER et al. (1999) fanden 3 variable Positionen innerhalb der ITS 1 bei *Lobaria pulmonaria*. Die Mycobionten-Sequenzen der von ROMEIKE (2002) untersuchten, morphologisch ebenfalls variablen *Umbilicaria*-Arten zeigen fast keine Variationen in der ITS rDNA-Region: Von den 11 Proben des Mycobionten von *Umbilicaria antarctica* weisen 2 Proben identische Sequenzen mit der Vergleichs-Sequenz aus GenBank (AF096213) auf, 9 unterscheiden sich von dieser in lediglich einer Position (vgl. auch ROMEIKE et al. 2002). Die Mycobionten von *Cladonia furcata* sind in ihrer ITS rDNA dagegen verhältnismäßig variabel. Sie unterscheiden sich in immerhin bis zu 14 Positionen von der Vergleichs-Sequenz aus GenBank (AF455220; s. Abb. 45) und in bis zu 10 Positionen untereinander (s. Tab. 54).

Leider liegen keine Vergleichssequenzen von *Cladonia subrangiformis* vor. OKSANEN et al. (2000) haben diese Flechte offensichtlich in ihren Untersuchungen mitbearbeitet,

da sie sie als zur Sektion *Ascyphiferae* gehörig nennen. Es wurden bislang jedoch keine entsprechenden Sequenzen in GenBank publiziert.

d) Korrelation von molekularen mit morphologischen Merkmalen?

In der vorliegenden Untersuchung zeigte sich kein Zusammenhang zwischen ITS-Varianten der Mycobionten und den verschiedenen Gestalttypen der Flechte. LOHTANDER et al. (1998) verglichen ITS-Sequenzen innerhalb von *Roccella capensis* und stellten fest, daß sich die sexuell ausbreitenden Proben bezüglich ihrer ITS nicht von denen mit asexueller Verbreitungsstrategie unterscheiden.

Wie sich in anderen Studien herausstellte, lassen sich auf Ebene der Arten und höherer taxonomischer Einheiten unter Umständen Übereinstimmungen zwischen molekularen und morphologischen Merkmalen feststellen. Beispielsweise korreliert nach den Untersuchungen von HELMS et al. (2003) bei den *Physciaceae* die ITS Phylogenie mit Merkmalen der Frucktkörper (Apothecien-, Ascus- und Sporenmerkmalen).

Ein Einfluß der Alge auf die Gestalt der Flechte ist ebenfalls denkbar, auch wenn sich dies im Fall der *Cladonia furcata*-Proben nicht bestätigen ließ. FRIEDL (1989) konnte bei Flechten mit verschiedenen Algenkombinationen keine Unterschiede in der Morphologie der Thalli in Abhängigkeit von einem bestimmten Algenpartner feststellen. Nach HELMS (2003) treten bei *Trebouxia* Arten auf, die aufgrund morphologischer Merkmale getrennt werden, jedoch ein und dieselbe ITS-Variante darstellen. Umgekehrt können aber auch verschiedene Subclades phänotypisch eine Art repräsentieren. Darüber hinaus konnte HELMS (2003), anders als im Rahmen der vorliegenden Untersuchung, Zusammenhänge zwischen pH-Kategorien des Substrates und Algen-Phylogenie, also zwischen Standortfaktoren und molekularen Merkmalen feststellen. BECK (2002) erkannte, daß alle von ihm untersuchten Flechten eine ausgeprägte Selektivität bezüglich ihres Algenpartners haben, der in einer Flechte gefundene Photobiont jedoch nicht von der Flechtenart, sondern von deren Standort, also von klimatischen und geographischen Faktoren abhängt.

4 Zusammenfassung

Anhand der ITS rDNA-Sequenzen beider Bionten von *Cladonia furcata* und *Cl. gracilis* werden verschiedene Fragestellungen untersucht. Im Vordergrund steht die Frage, ob sich beide Unterarten von *Cl. furcata* anhand der Sequenzdaten unterscheiden lassen. Weiterhin wird nach Zusammenhängen zwischen morphologischen und molekularen Merkmalen sowie zwischen Sequenzdaten und Standortbedingungen gesucht. Zudem werden Proben von *Cl. furcata* und *Cl. gracilis* verglichen, die eine starke morphologische Ähnlichkeit aufweisen.

Die Sequenzen der Mycobionten von *Cl. furcata* können in 4 ITS-Varianten unterteilt werden. Ein nach dem Maximum Likelihood-Verfahren errechneter Stammbaum wird angegeben. Die ITS-Bereiche der Mycobionten weisen eine relativ geringe Variabilität auf, da sie sich in maximal 10 Positionen voneinander unterscheiden. Beide Unterarten von *Cl. furcata* können der selben Mycobionten-ITS-Variante angehören. Die

Sequenzdaten unterstützen daher eine Wertung der Subspezies *subrangiformis* als eigene Art nicht. Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Auftreten bzw. Fehlen von Atranorin in den *Cl. furcata*-Proben und den ITS-Varianten.

Das äußere Erscheinungsbild der Subspezies *furcata* korreliert nicht mit den ITS-Varianten der Mycobionten bzw. Photobionten. Dagegen unterscheiden sich die morphologisch ähnlichen Thalli von *Cl. furcata* und *Cl. gracilis* deutlich in ihren Mycobionten-Sequenzen. Ein Zusammenhang zwischen Standortverhältnissen und ITS-Variante deutet sich nur bei einem Teil der ITS-Varianten von Pilz und Alge an.

Die Grünalgen sind zu den *Trebouxia*-Arten zu stellen, die BECK (2002) und HELMS (2003) als *Asterochloris* bezeichnen. Sie lassen sich in 4 ITS-Varianten unterteilen, welche ebenfalls in einer Maximum Likelihood-Phylogenie dargestellt werden. *Cladonia furcata* ist nicht ganz so selektiv bei der Wahl des Algenpartners wie bisherige Studien vermuten ließen, sondern kann mit mindestens 3 verschiedenen Photobionten-ITS-Varianten zusammenleben, welche sich allerdings nur in maximal 12 Positionen unterscheiden. Der Photobiont von *Cl. gracilis* gehört einer anderen ITS-Variante an, als die Photobionten aus *Cl. furcata*, von denen er in immerhin 9 bis 17 Positionen abweicht.

I Zusammenfassende Diskussion zu *Cladonia furcata*

1 Ursachen der morphologischen Erscheinungsformen der Subspezies *furcata*

1.1 Auswirkungen des Mikroklimas

a) Anpassungen an starke Sonneneinstrahlung

Viele Flechten sind in der Lage sich an hohe Einstrahlung durch Sonnenschutz-Pigmente (RIKKINEN 1995) oder durch eine Verdickung der Rinde (z.B. ERTL 1951, HYVÄRINEN 1992, PANNEWITZ et al. 2003) anzupassen. Daher zeigt die Pigmentierung eine besonders deutliche Abhängigkeit von der Lichtintensität am Standort (vgl. auch WAINIO 1897, SANDSTEDTE 1931 und SEMBDNER 1957/58). Allerdings ist zu beachten, daß eine verstärkte Pigmentierung auch eine Alterserscheinung sein kann (SEMBDNER 1957/58) oder die Folge eines Befalls mit lichenicolen Pilzen (z.B. *Arthrorhaphis aeruginosa*, FAHSELT et al. 2000).

DIETZ et al. (2000) weisen am Beispiel von *Peltigera praetextata* und *P. rufescens* nach, daß Flechten bei verstärkter Einstrahlung bereits innerhalb weniger Tage eine stärkere Pigmentierung aufweisen. Im Rahmen des von mir durchgeführten Verpflanzungsversuches reagierten alle der höheren Sonneneinstrahlung ausgesetzten Podetienbereiche mit vermehrter Pigmentierung, so daß sich an den sonnigen Standorten nach wenigen Wochen eine schwache, innerhalb eines Jahres eine deutlichen Verfärbung der Thalli beobachten ließ.

Anhand der anatomischen Untersuchungen (Kap. G4) wurde deutlich, daß Thalli von *Cladonia furcata* an helleren Standorten eine dickere Rinde aufweisen, als an beschatteten Wuchsorten. HYVÄRINEN (1992) stellte bei der Blattflechte *Hypogymnia physodes* teilweise signifikante Unterschiede zwischen Proben von lichten (trockenen) Waldstandorten mit dickerer Rinde und solchen von beschatteten Flächen, mit dünnerer Rinde fest. Die dickere Rinde an stärker besonnten Standorten könnte den Photobionten einen gewissen Schutz vor schädlicher UV-Strahlung bieten. Tatsächlich lassen die Rindenschichten von Schattenexemplaren mehr Licht durch, da sie dünner sind als die von Flechten sonniger Standorte (ERTL 1951). Eine dicke Rinde verringert v.a. in trockenem Zustand die Lichtdurchlässigkeit (ERTL 1951, PANNEWITZ et al. 2003). Allerdings folgern DIETZ et al. (2000) aus ihren Untersuchungen, daß weniger die Dicke der Rinde als vielmehr die Pigmentierung die Lichtdurchlässigkeit des Cortex beeinflusst. Die im Rahmen der Studie von SANCHO et al. (2003) erhobenen morphologischen Daten für *Umbilicaria aprina* weisen darauf hin, daß bei stark pigmentierten Thalli, bedingt durch die dunkle Schicht in der Rinde, so viel Licht verloren geht, daß der Photosynthetische Apparat sich wie ein schattenadaptiertes System verhält. Dies würde die in Kap. G3.4 aufgestellte Vermutung unterstützen,

wonach die ausgedehnte Algenschicht der von sonnigen Felsstandorten stammenden *Cl. furcata*-Podetien eine Folge der starken Pigmentierung dieser Thalli ist. Bezüglich der Ausdehnung der Algenschicht und der Lichtverhältnisse für die Photobionten sind sich also Exemplare stark besonnener und beschatteter Standorte ähnlich.

Bei den nordhessischen *Cladonia*-Proben ist die Gonidienzone in Podetien von schattigen Standorten dünner als in denen sonniger Wuchsorte (vgl. hierzu auch SEMBDNER 1957/58 und SANCHO et al. 2003). Laut ERTL (1951) wird das physiologische Manko der geringen Lichtzufuhr zu den Algen bei den Sonnenformen durch die größere Dicke der Assimilationsschicht ungefähr wieder ausgeglichen. Somit wäre die Dicke der Algenschicht also keine Folge von besonders guten Lichtverhältnissen in den Thalli besonnener Standorte, die es auch weiter im Inneren des Hyphengeflechts liegenden Photobionten ermöglicht Photosynthese zu betreiben, sondern, im Gegenteil, eine Reaktion auf das ungünstige Lichtangebot.

Ergänzend ist hier anzuführen, daß die oben beschriebenen Verhältnisse offensichtlich nicht auf alle Flechten zutreffen. In *Hypogymnia physodes* ist die Algenschicht nicht an den sonnig-trockenen, sondern an den feuchten Standorten signifikant dicker (HYVÄRINEN 1992). SEMBDNER (1957/58) berichtet, daß die Rinde bei den von ihm bearbeiteten Cladonien unter feucht-schattigen Verhältnissen dicker sei.

b) Vergrößerung der assimilierenden Oberfläche

Wie am Beispiel von *Cladonia furcata* ssp. *furcata* gezeigt werden konnte, ist die Anzahl der Schuppen am Podetium ebenfalls vom Sonnenlicht abhängig. Die Podetien sind im Schatten oft deutlich beschuppt, der Sonne ausgesetzt dagegen mehr oder weniger schuppenlos. Entsprechende Beschreibungen über *Cl. furcata* bzw. *Cl. coniocraea* finden sich auch bei BRITZELMAYR (1904), ANDERS (1928), SANDSTEDE (1931), ERICHSEN (1957), SEMBDNER (1957/58) und SCHADE (1964). BRITZELMAYR (1904) bemerkt hierzu, die in der Schattenlage reichlichere Beschuppung bei *Cl. furcata* diene wohl dem Zwecke, das Lichtbedürfnis solcher Formen durch Darbietung größerer Flächen zu befriedigen. WAINIO (1897) führt die beblätterten Formen vieler *Cladonia*-Arten auf die Wirkung übermäßiger Feuchtigkeit zurück. Die Aussage BRITZELMAYRS erscheint mir für *Cl. furcata* am zutreffensten. Eine derartige Oberflächenvergrößerung ist für die Flechte jedoch nur unter günstigen Feuchtigkeitsverhältnissen, wie beispielsweise an den Waldstandorten, akzeptabel.

c) Podetienwachstum und Fibrillenbildung

In gewissem Maße wird das Podetienwachstum ebenfalls von der Lichtintensität beeinflusst, wie VAGTS et al. (1994) und die eigenen Verpflanzungsversuche belegen: Die Thalli der beschatteten Versuchsfelder zeigen häufig ein geringeres Podetienwachstum als die Polster der stärker, jedoch nicht extrem besonnenen Flächen. VAGTS et al. (1994) maßen im Mittel einen Zuwachs von 2,9 mm/a an *Cl. furcata*-Thalli im *Corynephorum*. Bei geeigneter Düngung lassen sich Zuwachsraten von bis zu 6,9 mm/a erzielen (VAGTS & KINDER 1999). Im Vergleich dazu beträgt der Jahreszuwachs der am Roßkopf ausgepflanzten Thalli je nach Standort nur 0,9 bis 2,0 mm (betrachtet

man die etwa ein Jahr lang ausgesetzten Polster des Verpflanzungszeitraumes Juni 2002 bis Juli 2003). Unter günstigen Bedingungen im Labor sollen die Podetien von *Cl. furcata* ssp. *furcata* 2-3 mm innerhalb von 3-4 Wochen wachsen (STOCKER-WÖRGÖTTER & TÜRK 1993). Diesen hohen Wachstumsraten im Labor widersprechen allerdings nicht nur die eigenen Beobachtungen aus dem Freiland, sondern auch die von FINK (1917), VAGTS et al. (1994) sowie VAGTS & KINDER (1999).

Unter welchen Bedingungen das stärkste Podetienwachstum auftritt, ist offensichtlich von den Ansprüchen der Flechtenart abhängig, wie ein Vergleich mit den Ergebnissen von SEMBDNER (1957/58) zeigt: *Cladonia* [*pyxidata* ssp.] *chlorophaea* weist, vergleichbar mit *Cl. furcata* ssp. *furcata*, auf normalen, d.h. weder besonders sonnig-trockenen noch besonders schattig-feuchten Standorten, im Mittel die größte Podetienlänge und den größten Podetiendurchmesser auf. Bei stärkerer Trockenheit entwickeln sich lediglich kleinere Podetien. *Cl. coniocraea* erreicht ihre größte Podetienlänge dagegen im Schatten unter vermehrter Feuchtigkeit. An den schattigeren Standorten dürfte für einige Arten das Licht den begrenzenden Faktor für das Podetienwachstum darstellen (vgl. SEMBDNER 1957/58).

Die vorliegende Untersuchung kommt zu dem Resultat, daß Fibrillen an den beiden hellsten Standorttypen häufiger gebildet werden, als unter weniger günstigen Lichtverhältnissen. Dies würde sich mit der Aussage von SEMBDNER (1957/58) decken, wonach dornige und hakige Nachsprossungen der Podetien von *Cladonia coniocraea* hauptsächlich auf starke Lichtreize zurückzuführen seien. Er hält jedoch auch Lageveränderungen, wie mechanisches Umstoßen, als Ursache für möglich. Letzteres ist meiner Meinung nach der Hauptgrund für die Fibrillenbildung. Auch SCHADE (1964) bestätigt dies. Er schreibt über das Entstehen der für viele Formen und Varietäten (besonders der var. *palamaea*) typischen dornig-hakigen Auswüchse, daß sie kein Organisationsmerkmal darstellten, sondern Reaktionen des Flechtenkörpers auf eine plötzlich erfolgte und bleibende Veränderung der Lage seien. Mechanischer Druck habe aufrechte Podetien längere Zeit zu Boden gedrückt oder gar umgebrochen und die nun nach oben gewendete Flanke treibe dann hakige, spitze Sprosse hervor. Im Extremfall können Tritt und ähnliche mechanische Störungen die Gestalt von Cladonien so stark beeinflussen, daß nur ein dauerhafter Primärthallus, aber keine Podetien ausgebildet werden, wie LANGE et al. (1998) an einem Thallus von *Cl. furcata* var. *furcata* (= ssp. *furcata*) beobachteten, der an einer stark trittbelasteten Stelle wuchs.

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, den Einfluß mechanischer Störungen auf die Flechtengestalt herauszuarbeiten. Allerdings haben die Ergebnisse nur begrenzte Aussagekraft, da die Einstufung in verschiedene Grade mechanischer Störung anhand der zum Aufnahmezeitpunkt erkennbaren Einflüsse erfolgte. Einmalige oder länger zurückliegende Ereignisse können dabei unerkant bleiben, so daß u.U. einige Zusammenhänge von mechanischen Störungen und Thallusmerkmalen, so auch der Fibrillenbildung unerkant bleiben. Darüber hinaus überlagern sich stets mikroklimatische und mechanische Einflüsse. Die beiden hellsten Standorttypen, Felsen und Heiden, sind beispielsweise zugleich auch am stärksten Tritteinwirkungen

ausgesetzt; Faktor Licht und Faktor Tritt daher oftmals bei der Ergebnisinterpretation schwer zu trennen.

d) Fruchtkörperbildung – eine Frage des Mikroklimas?

Bereits die geringe Apothecienbildung von *Cladonia furcata* ssp. *furcata* im *Cladonietum foliaceae* weist auf einen möglichen Einfluß des Mikroklimas hin: Die Art tritt in dieser Union zwar höchstens auf, wurde jedoch an den zugehörigen trockenwarmen Standorten nur in einem Fall fertil angetroffen (s. Kap. E5). SCHÖLLER (1991) bemerkt, daß fruchtende Exemplare von *Cl. furcata* ssp. *furcata* meist an feuchten Standorten auftreten. Bei meinen Untersuchungen stellte sich heraus, daß günstige Lichtverhältnisse wohl ebenfalls von Bedeutung sind, da diese Flechte unter den lichtreichen, nur mäßig trockenen Bedingungen in Heiden häufiger Fruchtkörper bildet als an anderen, z.T. auch frischeren Standorten. In der Literatur finden sich einige weitere Angaben, die den Einfluß des Mikroklimas, besonders der Feuchtigkeitsverhältnisse, auf die Apothecienbildung bestätigen. VERSEGHY (1983) beobachtete beispielsweise die Entwicklung von *Cl. furcata* ssp. *furcata* innerhalb verschiedener Vegetationstypen der Ungarischen Tiefebene und stellte fest, daß sich die Art unter trockenen, ungünstigen Umständen hauptsächlich auf vegetative Weise verbreitet und allenfalls spärliche Apothecienbildung zeigt, entsprechend den Gegebenheiten im *Cladonietum foliaceae* in Nordhessen. Stärkere Apothecienbildung tritt dagegen in Gesellschaften mit günstigeren Feuchtigkeitsverhältnissen auf. Auch diese Beobachtungen lassen sich auf das nordhessische Untersuchungsgebiet übertragen, da *Cl. furcata* ssp. *furcata* hier ebenfalls in Flechtengesellschaften etwas schattigerer aber dafür frischer Standorte (z.B. in der *Cl. rangiferina*-Variante des *Cladonietum mitis typicum*) häufiger zur Fruchtbildung kommt als auf den bereits erwähnten Felsstandorten.

JAHNS et al. (1978) erforschten die Fruchtkörperbildung von *Cladonia furcata* ssp. *furcata* auf der Nordseeinsel Schiermonnikoog und kamen zu dem Ergebnis, daß Sexualstadien dieser Flechte dort vorzugsweise im Winter gebildet werden. Es ist ein deutlicher Zusammenhang mit der Wasserversorgung erkennbar. Dabei besteht keine positive Korrelation mit dem Niederschlag, sondern mit der Anzahl Tagen pro Monat, an denen die Luftfeuchtigkeitswerte den ganzen Tag bei einem sehr hohen Wert liegen. Dies würde für den im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen bearbeiteten Standorttyp Berglagen sprechen. Da fertile Lagerstiele dort jedoch nicht am häufigsten sind, ist die geringere Fruchtkörperbildung wohl mit dem unzureichenden Lichtangebot (Beschattung durch *Calluna vulgaris* etc.) zu erklären. Entscheidend für eine reichliche Fruchtkörperbildung sind demnach bei *Cl. furcata* nicht zu trockene Bedingungen am Standort sowie günstige Lichtverhältnisse.

Bei der Untersuchung der Fruchtkörperbildung in der vorliegenden Arbeit, dürfte die bei JAHNS et al. (1978) beschriebene Tatsache, daß *Cladonia furcata* ssp. *furcata* unter Umständen nur zu einer bestimmten Jahreszeit Fruchtkörper bildet, ohne Bedeutung sein, da die Apothecien eigenen Beobachtungen und JAHNS & OTT (1982) zufolge

längere Zeit (1-2 Jahre) erhalten bleiben und so, unabhängig vom Aufnahmezeitraum, erfaßt werden konnten.

Durch die Untersuchung des Standorteinflusses auf verschiedene Merkmale von *Cladonia furcata* ssp. *furcata* wird weiterhin belegt, daß Pyknidien, im Gegensatz zu den Apothecien, mehr an schattigen Standorten gebildet werden. Die Beobachtungen von FISCHER (2003), wonach *Cl. coccifera* im Mittelgebirgsgebiet in sehr dichten Trockenrasen nur Pyknidien und kaum Apothecien aufweist, bestätigen dieses Erkenntnis. Im Gegensatz dazu schreibt SEMBDNER (1957/58), die Pyknidienentwicklung sei bei *Cl. [pyxidata* ssp.] *chlorophaea* gerade auf den extrem sonnigen Standorten am stärksten. Dies erscheint nur dann nachvollziehbar, wenn man davon ausgeht, daß sie dort gelegentlich vom Regen durchnässt werden. Das Aufreißen der Pyknidien kann nämlich nur in feuchtem Zustand erfolgen. Nur dann quillt der Schleim in der Höhlung der Pyknidien und erhöht den Innendruck derart, daß durch die Öffnung die Conidienmasse austritt und die als Spermogonien (oder zur vegetativen Verbreitung des Mycobionten?) dienenden Conidien freigesetzt werden können (VOBIS 1980, vgl. auch POELT 1986).

Eine exogene Steuerung der Fruchtkörperbildung besteht nicht nur bei *Cladonia furcata* ssp. *furcata*, wie auch OTT (1987) am Beispiel der epiphytischen Blattflechte *Physcia tenella* zeigt. Die im Rahmen meiner Arbeit erhobenen Daten zur Fruchtkörperbildung (Kap. E5) zeigen bei *Peltigera rufescens* ebenfalls eine Abhängigkeit von den Standortbedingungen. Als typische Art der *Toninio-Psoaretea decipiens* bildet diese Blattflechte wohl aufgrund der relativen Trockenheit der entsprechenden Standorte im Untersuchungsgebiet keine Fruchtkörper aus, die im allgemeinen sonst bei ihr nicht selten sind.

Eine interessante Abhängigkeit von Mikroklima und Reproduktionsstrategie beobachtete MONTE (1993) an epilithischen Flechten: Mikroklimatische Bedingungen bestimmen hier die Reproduktionsstrategien der Arten. Die sexuelle Fortpflanzung durch Sporen tritt besonders häufig unter intermediären Mikroklima-Bedingungen auf. Die vegetative Reproduktion durch Soredien erreicht ein Maximum unter extremen Bedingungen wie minimale Lichtintensität und maximale Feuchtigkeit oder maximale Lichtintensität und minimale Feuchtigkeit.

e) Der zeitliche Rahmen der Fruchtkörperbildung

Die Fruchtkörperbildung stellt das Endstadium der Thallusentwicklung dar. Die Individuen sterben nach dem Fruchten ab, wie auch die von *Cladonia pyxidata* ssp. *chlorophaea*, *Baeomyces rufus* und *Dibaeis baeomyces* (JAHNS et al. 1978, JAHNS & OTT 1982, JAHNS 1982). Die Gesamtlebensdauer von *Cl. furcata* ssp. *furcata* geben JAHNS et al. (1978) mit maximal 10 Jahren an. Voll entwickelte *Cladonia*-Thalli, einschließlich Stadien mit Fruchtkörpern, brauchen nach FINK (1917) eine Entwicklungszeit von bis zu 8 Jahren. Einigen anderen Autoren erscheint diese Zeitspanne allerdings zu lang (STOCKER-WÖRGÖTTER & TÜRK 1993, JAHNS et al. 1978). Ähnliche Verhältnisse liegen auch bei den Pyknidien vor: Mit der Pyknidienbildung kommt das Wachstum des Thallus ebenfalls zum Stillstand (VOBIS 1980).

Interessant ist daher die Frage, ob sich *Cladonia furcata* ssp. *furcata*, die offensichtlich eine Entwicklungszeit von mehreren Jahren braucht, in allen Gesellschaften lange genug entwickeln kann, um zur Fruchtreife zu gelangen. Intermediäre Stadien der Sukzession, z.B. die *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft, sind häufig geprägt durch sorediöse, stiftförmige Arten. Die Bildung von Soredien, in denen Pilz- und Algenpartner gemeinsam verbreitet werden, ermöglicht die rasche Besiedlung neu entstandener, auch weiter entfernt liegender Standorte. Die eigenen Beobachtungen lassen darauf schließen, daß derartige Bestände aber oft schon nach wenigen Jahren von Phanerogamen oder Folgegesellschaften der Erdflechten verdrängt werden. Thalli von *Cl. furcata* ssp. *furcata* entstehen in der Natur nicht nur aus Ascosporen, die auf den geeigneten Algenpartner treffen, sondern auch durch Fragmente bereits vorhandener Thalli. Die Art hat eine sehr hohe und effektive Regenerationsfähigkeit aus Thallusfragmenten (STOCKER-WÖRGÖTTER & TÜRK 1993). Allerdings sind Thallusfragmente gegenüber Soredien weniger gut für eine Ausbreitung über größere Distanzen geeignet (vgl. HEINKEN 1999). *Cl. furcata* kann sich auf derartigen Standorten also zum einen schlechter ansiedeln, zum anderen könnte die Entwicklung bis zur Apothecienbildung auf solchen, nur begrenzte Zeit zur Verfügung stehenden Standorten durch konkurrenzstärkere Organismen gestoppt werden. Dies würde die geringen Deckungsgrade und die geringe Ausdehnung der Lager von *Cl. furcata* ssp. *furcata* in der *Cl. bacillaris*-Gesellschaft erklären (s. Tab. 8 in der Einbandtasche).

1.2 Gestaltveränderungen bei fortschreitender Podetienentwicklung

Einen Einfluß der „äußeren“ Faktoren auf die Gestalt der Lagerstiele vermutet SEMBDNER (1957/58) aufgrund der Tatsache, daß Risse und Löcher in den von ihm untersuchten Cladonien häufiger unter schattig-feuchteren Verhältnissen auftreten. Er erklärt dies damit, daß durch die langanhaltende Wassersättigung die Elastizität des Hyphenzylinders, dessen Struktur an einen mehr oder weniger raschen Wechsel von Quellung und Entquellung angepaßt scheint, zu stark beansprucht wird, so daß die Podetienwände allmählich erschlaffen und einreißen. Einen Einfluß der Standortfaktoren auf die Rissbildung bzw. das Aufklaffen der Podetien läßt sich anhand der vorliegenden Untersuchungen allerdings nicht bestätigen. Unter den lichten Bedingungen der Tieflagen-Heiden treten auffallend viele offen-rinnige Podetien auf, und dies wohl nur indirekt der Standortbedingungen wegen. Der Standort ermöglicht die Entwicklung der Podetien bis zur Fruchtkörperbildung, welche dort besonders oft zu beobachten ist (s.o.). Aufgrund dieses fortgeschrittenen Entwicklungsstadiums (also des relativ hohen Podetienalters) treten in diesem Standorttyp häufig rissige Podetien auf. Risse sind demnach als Alterserscheinung anzusehen.

Wie anhand des nordhessischen Materials gezeigt werden konnte, ist die Ausbildung der frühen Sexualstadien von *Cladonia furcata* ssp. *furcata* mit einer Änderung der äußeren Wuchsform verbunden, und zwar in der Weise, daß die Zahl der Verzweigungen deutlich zunimmt (s. auch JAHNS et al. 1978). Solche Veränderungen treten bei anderen Flechtenarten ebenfalls auf. Die Arbeiten von JAHNS & SCHUSTER (1981) und JAHNS & FREY (1982) beschäftigen sich beispielsweise mit demselben Phänomen bei der

Strauchflechte *Cetraria islandica* und der Blattflechte *Peltigera canina*. Bei beiden Arten bewirkt die Entwicklung der Apothecien eine Förderung des Breitenwachstums bei gleichzeitiger Hemmung des Längenwachstums.

1.3 Modifikatorische Varianten oder phänologische Stadien

Bevor die Frage der Benennung der unterschiedlichen morphologischen Erscheinungsformen von *Cladonia furcata* ssp. *furcata* diskutiert wird, ist festzuhalten, daß sie alle derselben Art angehören. Bei den molekularbiologischen Untersuchungen (Kap. H) zeigten sich keine Unterschiede in den Mycobionten-Sequenzen, die für eine Einordnung als getrennte Arten sprechen würden. Geringe Sequenzunterschiede sind zwar vorhanden und führen zur Aufstellung verschiedener ITS-Varianten. Es besteht aber kein Zusammenhang zwischen ITS-Varianten und äußerer Gestalt. (Dagegen können, wie am Beispiel von *Cl. gracilis* und *Cl. furcata* gezeigt, genetisch deutlich unterschiedliche Flechtenarten bei entsprechenden Standortbedingungen ähnliche Gestalt annehmen).

Eine Einordnung der zahlreichen morphologischen Erscheinungsformen in ein System, wie dies beispielsweise SANDSTEDE (1931) probiert hat, ist in jedem Falle fraglich, beachtet man die zahllosen Übergänge, die selbst SANDSTEDE (1931:199) eingestehen mußte: „man weiß wirklich nicht, wo die Grenzen liegen“ [zwischen der sonnenständigen v. *palamaea* und der heller gefärbten Schattenpflanze f. *subulata*]. Selbst innerhalb eines Polsters von *Cladonia furcata* können die Podetien unterschiedliche Gestalt aufweisen, die randlich stehenden beispielsweise anders geformt sein als die inneren und somit eigentlich unterschiedlichen Formen angehören (vgl. SANDSTEDE 1931). Wie vielfach ausgeführt und anhand der eigenen Verpflanzungsversuche belegt, können sich zudem die Formen ineinander umwandeln. Viele der bei SANDSTEDE und anderen Autoren als Varietäten oder Formen beschriebenen Morphotypen stellen lediglich besonders extreme oder leicht wiedererkennbare Erscheinungsformen dar.

GRUMMANN (1954) kritisiert in seinem Beitrag über eine einheitliche Benennung von Bildungsabweichung bei Flechten, daß einige Lichenologen dazu übergegangen waren, für die kurze Heraushebung einer Bildungsabweichung eine Kategorie der Nomenklatur zu verwenden (meist die Varietät oder Form). Er schlägt für die Benennung der Bildungsabweichungen den Begriff Terata (kurz ter.) vor und definiert ihn wie folgt: „Terata sind morphologisch-anatomische Wachstumserscheinungen, die nicht erblich sind und also nur das einzelne Individuum betreffen (...) und nicht zum normalen Entwicklungsgang gehören, und deren Merkmale nicht zu denen gehören, die das Taxon umschreiben, zu dem das Individuum gehört“ (GRUMMANN 1954: 61). In diesem Begriff sind pathologische und nicht pathologische Bildungsabweichungen enthalten. Die bei *Cladonia furcata* ssp. *furcata* untersuchten „Merkmalsausbildungen“ treten jedoch in GRUMMANNs Liste der Bildungsabweichungen nicht auf, sondern sind eher als Merkmale des Taxon zu sehen (z.B. Beschuppung, vgl. SCHADE 1966) bzw. Teil des normalen Entwicklungsganges (z.B. Apothecienbildung). Aus diesem Grunde sind zumindest für die meisten der Erscheinungsformen von *Cl. furcata* ssp. *furcata* die

Begriffe „phänologisches Stadium“ und „modifikatorische Variante“ passender. Es konnte gezeigt werden, daß die Standortfaktoren für die Ausprägung der Gestalt ganz wesentlich verantwortlich sind und die Flechte sich in ihrer Gestalt den jeweiligen Standortbedingungen anpaßt. Häufig trifft daher auf die Gestalttypen der Begriff Modifikation zu, d.h. die Umwelteinflüsse bedingen eine Änderung des Phänotypus, die adaptiven Charakter besitzt (s. WAGENITZ 1996: 242). In geringerem Maße spielt auch der jeweilige Entwicklungszustand der Flechte eine Rolle. Bei jeder Erscheinungsform ist daher getrennt zu beurteilen, ob sie als modifikatorische Variante, phänologisches Stadium oder auch als „teras“ im Sinne GRUMMANNs anzusprechen ist. Oft wird eine eindeutige Zuordnung allerdings nicht möglich sein.

Fazit:

Cladonia furcata ssp. furcata ändert im Laufe ihrer Entwicklung deutlich ihre Gestalt und hat zudem die Fähigkeit sich erstaunlich gut an die jeweiligen Umwelteinflüsse anzupassen. Beides führt zu einer enormen Vielfalt an morphologischen Erscheinungsformen, welche je nach ihrer Ursache als modifikatorische Varianten oder phänologische Stadien betrachtet werden sollten.

2 Zur Artberechtigung von *Cladonia subrangiformis*

Cladonia subrangiformis Sandst. wird erstmals 1922 von SANDSTEDTE als eigene Art beschrieben. Wie aus SANDSTEDTE (1931: 231) hervorgeht, hat SCRIBA sie zwar zuerst erkannt, jedoch im Herbar als *Cl. rangiformis* v. *hercynica* bezeichnet. Der taxonomischen Wertung als eigener Art schließen sich in neuerer Zeit beispielsweise PURVIS et al. (1992) an. PURVIS et al. (1992: 208) beenden die Beschreibung von *Cl. subrangiformis* allerdings mit dem Hinweis: „Possibly a morph of *Cl. furcata* deformed by excessive production of calcium oxalate crystals.“ Andere Autoren halten diese Sippe, wie in Kap. G2.2 dargelegt, nicht für eine eigene Spezies, sondern werten sie lediglich als Unterart, Varietät oder Modifikation der *Cl. furcata*. Während in früheren Zeiten die wesentlichen Gesichtspunkte der Flechtensystematik die Gestalt, der Stoffwechsel, die Vermehrungsweise und die Flechtensäuren waren (s. TOBLER 1929, SEMBDNER 1957/58), gewinnen heute molekularbiologische Methoden, darunter auch die Sequenzierung der rDNA, zunehmend an Bedeutung.

In der vorliegenden Arbeit wurden Erkenntnisse über die Vergesellschaftung, die Morphologie und den Chemismus von *Cl. furcata* gewonnen sowie zusätzlich Informationen über die ITS rDNA-Sequenzen von Mycobionten und Photobionten beider Unterarten. Anhand dieser Ergebnisse soll die in den Arbeiten von ULLRICH (1956) und SCHADE (1966) geführte Diskussion um die Artberechtigung von *Cl. subrangiformis* wieder aufgenommen und unter neuen Gesichtspunkten fortgeführt werden.

2.1 Morphologische und chemische Merkmale

Kap. G3.1 ist zu entnehmen, daß beide Unterarten von *Cladonia furcata* im Untersuchungsgebiet morphologisch schlecht zu unterscheiden sind. Zwar tritt die

Subspezies *subrangiformis* fast nie in Polsterform auf, jedoch gehören auch zur *Cl. furcata* ssp. *furcata* Exemplare, die als einzelne, unregelmäßig verzweigte Podetien dem Boden aufliegen. Nachfolgend soll anhand der eigenen Ergebnisse und anhand von Angaben aus der Literatur, der Wert der beiden die Subspezies *subrangiformis* kennzeichnenden Merkmale „Markaufbrüche“ und „Atranoringehalt“ diskutiert werden (vgl. Tab. 1, S. 17).

a) Markaufbrüche

Markaufbrüche gelten innerhalb der Sippe *Cladonia furcata* als charakteristisches Merkmal der Unterart *subrangiformis* bzw. je nach Einstufung des Autors als trennendes Merkmal von *Cl. subrangiformis* und *Cl. furcata* (s. z.B. SANDSTEDTE 1922, ULLRICH 1956, WIRTH 1995). Sie stellen eine feinkrümelige, mit Hyphen durchsetzte Masse von Calciumoxalatkristallen dar (ULLRICH 1956). BACHMANN (zitiert in SANDSTEDTE 1922) deutete die Markwucherungen als Wasserspeicher, die bei den Flechten aufgrund sehr trockener Standortbedingungen auftraten. Dann müßten sie aber an trockenen Standorten auch an den Thalli der *Cl. furcata* ssp. *furcata* zu sehen sein, das ist jedoch nur ausnahmsweise der Fall (vgl. Kap. G3.1). ULLRICH (1956) schreibt dagegen über die Ursache dieser Wucherungen, daß durch die übermäßige Aufnahme von Calciumsalzen bei der acidophilen *Cl. furcata* offensichtlich eine starke Exkretion von Calciumoxalat stattfindet, die zu so starken Anhäufungen im Podetium führen kann, daß schließlich die Rinde aufreißt und das Mark mit dem gespeicherten Oxalat nach außen tritt.

Markaufbrüche sind also die Folgen eines physiologischen Prozesses und kommen, wie sich auch anhand der eigenen Proben bestätigen ließ, nur an den untersten Podetienteilen vor, die in engem Kontakt mit der Unterlage stehen. Der Satz SANDSTEDTES (1931:232) „Sie liebt Kalkboden“ trifft damit wohl nicht zu. Die Flechte kann auf solchen Substraten gedeihen, aber nicht weil, sondern obwohl diese aus Kalk bestehen, da sie diesen unschädlich macht, wie SCHADE (1966) bemerkt. PINTARIC & TÜRK (1995) stellten fest, daß *Cl. furcata* ssp. *furcata* je nach besiedeltem Substrat sehr stark variierende Ca-Gehalte im Thallus aufweist. Die Autoren meinen, die große Differenz sei nicht nur durch morphologische, sondern durch physiologische Besonderheiten erklärbar. Die Flechte kann Ca als Oxalat binden und daher als physiologisch adaptierte Form betrachtet werden. Sie ist aber nicht als calciphil zu bezeichnen, da sie das Ca nicht braucht, um etwa überschüssige Oxalat-Anionen zu binden, sondern es auf diesem Wege vom zellbiologischen Geschehen fern hält.

Calciumoxalat-Exkrete wurden auch bei anderen, auf kalkhaltiger Unterlage wachsenden Flechten beobachtet: z.B. bei *Cladonia rangiformis* (z.B. MATTICK 1932, SANDSTEDTE 1931, SCHADE 1966), *Cl. pyxidata* [ssp.] *pocillum* (MATTICK 1932, SCHADE 1966), *Cl. symphycarpia* (Syn. *Cl. symphycarpa*) (SCHADE 1966), *Cl. foliacea* (SCHADE 1966), *Cetraria islandica* (SCHADE 1966), *Cornicularia* (Syn. *Cetraria*) *aculeata* (SCHADE 1966) sowie bei *Fulgensia*-Arten (MATTICK 1932, SCHADE 1966). SANDSTEDTE (1931) beschreibt darüber hinaus eine *Cl. gracilis* ssp. *elongata* (ohne Fundortangaben), eine *Cl. crispata* f. *punctata* (ebenfalls ohne Fundortangaben) und eine *Cl. furcata* var.

palamaea (von einer Kalksteinheide in Westergötland), die alle Markaufbrüche wie *Cl. subrangiformis* aufweisen. Letzteres deckt sich wiederum mit der in Kap. G3.1 beschriebenen Beobachtung, wonach im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ebenfalls eine der *palamaea* entsprechende Probe von *Cl. furcata* ssp. *furcata* mit weißen Markaufbrüchen entdeckt wurde (s. Taf. 2.12 im Anhang 2). Bereits DES ABBAYES (1937) hat ausgeführt, daß sich *Cl. subrangiformis* und *Cl. furcata* var. *palamaea* nahestehen. LETTAU (1955:39) meint jedoch im Widerspruch zu SANDSTEDTE und zu meinen eigenen Ergebnissen, die *Cl. subrangiformis* sei u.a. aufgrund dieser charakteristischen Markaufbrüche „oft von *Cl. furcata* var. *palamaea* usw. gut zu unterscheiden“. WIRTH (1995: 296) bezeichnet die „weiß aufbrechenden Beulen“ als häufig, also nicht stets vorhanden. HILLMANN & GRUMMANN (1957) schreiben, *Cl. furcata* habe keine, *Cl. subrangiformis* oft Markwucherungen, diese Anschwellungen der Rinde platzten jedoch nur ab und zu auf, wodurch dann die weißliche Markschiene zutage träte (vgl. auch SANDSTEDTE 1922).

Von den untersuchten nordhessischen *subrangiformis*-Proben wiesen nur rund die Hälfte derartige Bildungen auf. Für Nordhessen bleibt daher festzuhalten: Markaufbrüche sind ein morphologisches Merkmal, daß bei der Unterart *subrangiformis* auftreten kann, ausnahmsweise jedoch auch bei *Cl. furcata* ssp. *furcata* vorkommt. PAUS (1997) hat im Übrigen an dem von ihr untersuchten nordwestdeutschen Material der ssp. *subrangiformis* keine Markaufbrüche festgestellt.

b) Atranoringehalt

In der vorliegenden Untersuchung wurden in Anlehnung an WIRTH (1995) die Atranorin-haltigen Thalli als Subspezies *subrangiformis* eingestuft. Alle derartigen Proben entstammen Gebieten mit basenreichem Ausgangsgestein. In Nordhessen findet sich in *Cladonia furcata* ssp. *furcata* von Standorten mit mehr oder weniger saurem Ausgangsgestein nur Fumarprotocetrarsäure; es tritt also keiner der unten bzw. in Kap. F2 erwähnten Chemotypen auf.

Der Abtrennung der Atranorin-haltigen Sippen als *Cladonia subrangiformis* (bzw. *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis*) steht eine Beobachtung entgegen, die schon DES ABBAYES (1937) und HILLMANN & GRUMMANN (1957) machten. Demnach kann Atranorin auch in *Cl. furcata* [ssp. *furcata*] auftreten. HUOVINEN et al. (1990) bestätigen dies. Darüber hinaus sind weitere Flechtensäuren aus *Cl. furcata* ssp. *furcata* bekannt. BARENDREGT et al. (1982) publizierten Funde eines neu entdeckten Chemotyps von *Cl. furcata* var. *furcata* (= ssp. *furcata*), der Psoromsäure anstelle von Fumarprotocetrarsäure oder Atranorin enthält. PAUS (1997) wies in Nordwestdeutschland einen *Cl. furcata*-Chemotyp mit Psoromsäure und Atranorin nach, ohne ihn einer der beiden Unterarten zuzuordnen. In Trockenrasen des Mittelbegebietes tritt neben den Chemotypen mit Atranorin und Psoromsäure bzw. nur mit Psoromsäure noch ein weiterer Chemotyp mit Psoromsäure und Fumarprotocetrarsäure auf (FISCHER & GÜNZL 2004).

HAWKSWORTH (1976) schlägt vor, Exemplare lediglich als Varietäten innerhalb einer Art einzustufen, sofern eine oder mehrere Substanzen auftreten, die keine andere(n)

Substanzen ersetzen, und dieses Auftreten korreliert ist mit Unterschieden in der ökologischen Amplitude bzw. mit Unterschieden in der lokalen Verbreitung. Auf den zuletzt genannten Punkt wird an späterer Stelle eingegangen.

c) Korrelation der morphologischen und chemischen Merkmale?

Die Atranorin-haltigen Thalli von *Cladonia furcata* zeigen nicht immer, jedoch wesentlich häufiger Markaufbrüche als die Thalli ohne Atranorin. Beide Merkmale korrelieren daher schwach miteinander. Ob der Atraningehalt eine Folge der Standortbedingungen ist, so wie die Markaufbrüche, bleibt unklar. Da im Untersuchungsgebiet neben den Fumarprotocetrarsäure-haltigen Sippen von *Cl. furcata* ssp. *furcata* keine weiteren Chemotypen eindeutig nachzuweisen waren, konnten bei dieser Unterart keine Zusammenhänge zwischen den morphologischen Merkmalen und dem Chemismus untersucht werden. Bislang sind bei *Cl. furcata* ssp. *furcata* keine die jeweiligen Chemotypen kennzeichnenden morphologischen Merkmale bekannt (vgl. BARENDREGT et al. 1982, PAUS 1997).

2.2 Vergesellschaftung

Häufig werden als Argument für die Unterteilung von *Cladonia furcata* in Unterarten deren unterschiedliche Standortpräferenzen und Vergesellschaftung angeführt (vgl. PIŠUT 1961, PAUS 1997). In einigen Gegenden, so auch in Nordhessen, ist dies tatsächlich der Fall. Wie in Kap. E2 dargestellt, ist *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* Federationskennart des *Toninion sedifoliae* und tritt nie außerhalb dieser Federation auf. Die Einstufung als Federationskennart erfolgt in Anlehnung an WIRTH (1995). *Cl. furcata* ssp. *furcata* hat ihren Verbreitungsschwerpunkt in Nordhessen im *Cladonion arbusculae*, greift jedoch in Gesellschaften des *Baeomycion rosei* und des *Cladonion rei* über (vgl. auch PAUS 1997). Nur selten kommt sie darüber hinaus auch in Beständen des *Toninion sedifoliae* vor. Die Vergesellschaftung beider Subspezies überschneidet sich also im Untersuchungsgebiet nur marginal. SCHADE (1966) bemerkt hierzu, daß auch die „normale“ *Cl. furcata* in Kalkgebieten dort aufzutreten vermag, wo schwacher Kalkgehalt bereits verlorengegangen ist oder dicke Humusschichten sie von der Gesteinsunterlage isolieren oder sich eine Insel sauren Gesteins eingeschaltet hat, so daß sie an diesen Stellen keine Sekrete bilden muß.

In dem von FISCHER (2003) untersuchten Mittelalbe-Gebiet treten beide Unterarten gemeinsam in *Koelerio-Corynephoretea*-Beständen auf. Das soziologische Kriterium ist somit zumindest fragwürdig.

2.3 ITS rDNA-Sequenzen der Mycobionten

Anhand der ITS rDNA-Sequenzen lassen sich die beiden Unterarten von *Cladonia furcata* nicht voneinander unterscheiden, während im Vergleich hierzu, *Cl. furcata* und *Cl. gracilis* deutliche Sequenzunterschiede zeigen. Von *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* liegt bislang gar keine, von *Cl. furcata* ssp. *furcata* lediglich eine publizierte und über GenBank zugängliche Sequenz vor. Die Ergebnisse meiner Untersuchungen stellen

daher vorerst den einzigen Beleg für übereinstimmende Sequenzen beider Unterarten dar und sprechen gegen eine Einstufung als getrennte Arten.

2.4 „subrangiformis“ – eine edaphisch bedingte Modifikation innerhalb der *Cladonia furcata*?

Anhand der obigen Ausführungen wird deutlich: Markaufbrüche sind nicht auf die Sippe *subrangiformis* beschränkt, bei ihr aber deutlich häufiger als bei *Cladonia furcata* ssp. *furcata*. Als Unterscheidungsmerkmal sind sie daher nur eingeschränkt zu gebrauchen. In anderen Gebieten treten sie gar nicht auf (vgl. PAUS 1997) und fallen somit als Kennzeichen der ssp. *subrangiformis* weg. Sie stellen eine ökologische Erscheinung bei Exemplaren kalkhaltiger Substrate dar. PIŠUT (1961) betrachtet die Markaufbrüche ebenfalls als wertlos für die Taxonomie und meint der einzig verlässliche Unterschied zu *Cl. furcata* ssp. *furcata* sei das Vorkommen von Atranorin sowie die deutlich veränderliche Verbreitung und spricht sich für eine Subspezies *subrangiformis* aus. Da jedoch auch der Atranoringehalt, wie oben ausgeführt, kein auf die Sippe *subrangiformis* beschränktes Merkmal darstellt, würde demnach nur die unterschiedliche Verbreitung für eine Einstufung als Unterart sprechen. Auch dieses Kriterium trifft jedoch, wie gezeigt, nicht überall zu. PAUS (1997) kommt trotzdem aufgrund ihrer Untersuchungen zu dem Schluß, die Sippen *furcata* und *subrangiformis* als eigenständige Taxa im Rang einer Subspezies zu belassen, obwohl morphologische Merkmale nicht zur Differenzierung beitragen. Entscheidend sei die (in Nordwestdeutschland) unterschiedliche Einbindung der chemisch definierten Sippen in Vegetationseinheiten. Daneben beständen offensichtlich auch chorologische Unterschiede. Anderer Meinung ist dagegen DES ABBAYES (1937). Er erkannte, daß zwischen *Cl. subrangiformis* und *Cl. furcata* eine ganze Reihe von Zwischenformen in morphologischer und chemischer Hinsicht bestehen und akzeptiert *subrangiformis* auch nicht als gute Varietät von *Cl. furcata* sondern nennt sie einen „écotype“. Auch SCHADE (1966) spricht sich gegen eine Einstufung als Subspezies aus. Er schlägt eine Benennung als m. *subrangiformis* vor.

Anhand eigener Ergebnisse und den Angaben aus der Literatur, wird die These aufgestellt, daß es sich bei der Sippe *subrangiformis* nicht um eine eigene Art handelt, sondern sie statt dessen in *Cladonia furcata* zu integrieren ist. Ein Argument ist hierbei das Resultat der ITS rDNA-Analysen, wonach bei den Mycobionten der Sippen *subrangiformis* und *furcata* keine Unterschiede in den Sequenzen bestehen. Aufgrund des relativ häufigen Auftretens von Markaufbrüchen als Reaktion auf ein vermehrtes Ca-Angebot, kann sie als edaphisch bedingte Modifikation der *Cl. furcata* angesehen werden. Um dies zu bestätigen wären Verpflanzungsversuche von Interesse, bei denen Thalli von *Cl. furcata* ssp. *furcata* (ohne Markaufbrüche) auf Kalkstandorte verpflanzt würden und umgekehrt solche von *Cl. furcata* ssp. *subrangiformis* auf basenarmes Substrat.

J Gesamtzusammenfassung

Es werden für Nordhessen 16 Erdflechtengesellschaften sowie 4 Dominanzbestände aus zwei Vegetationsklassen belegt. Die Gesellschaften der Klasse *Toninio-Psooretea decipientis*, zu denen auch die Bunte-Erdflechten-Gesellschaft (*Toninio-Psooretum decipientis*) zählt, sind häufig durch Krustenflechten gekennzeichnet und gedeihen auf basenreichen Substraten. Sie siedeln v.a. innerhalb von lückigen Kalkmagerrasen (*Gentiano-Koelerietum*), auf Felsköpfen und in Sekundärbiotopen wie z.B. aufgelassenen Gips-Steinbrüchen. Die Erdflechtenvegetation kalkarmer bzw. kalkfreier Standorte gehört der Klasse *Ceratodonto-Polytrichetea piliferi* an, welche sich in 3 Federationen unterteilen läßt. Die Federation *Baeomycion rosei* umfaßt Gesellschaften mit Pioniercharakter. Dem *Cladonion arbusculae* zugehörig sind sowohl intermediäre Entwicklungsstadien, die von stiftförmigen, sorediösen Cladonien geprägt werden als auch Strauchflechten-Bestände wie die Rentierflechten-Teppiche in Heiden. Gesellschaften der Federation *Cladonion rei* sind bevorzugt auf Ruderalstandorten wie z.B. Bergbauflächen zu finden, auch sie werden von stiftförmigen, sorediösen Arten dominiert. Ein Großteil der im Untersuchungsgebiet auftretenden Erdflechtengesellschaften ist als ziemlich bis sehr selten und daher als schützenswert einzustufen. Geeignete Schutzmaßnahmen werden angegeben.

Die Vergesellschaftung von *Cladonia furcata* wird detailliert dargestellt. Die Unterart *furcata* zeigt ihren Verbreitungsschwerpunkt im *Cladonion arbusculae*, greift jedoch auch in Gesellschaften der anderen Federationen über. Nur gelegentlich tritt sie in Beständen der Klasse *Toninio-Psooretea decipientis* auf. Nicht in allen Gesellschaften werden jedoch fertile Podetien ausgebildet. Eingehende Untersuchungen der morphologischen Merkmale und ihrer Abhängigkeiten von Standortfaktoren zeigen, daß die Apothecienbildung bei *Cl. furcata* ssp. *furcata* von den Lichtverhältnissen beeinflusst wird. Auch die meisten anderen Merkmale werden von den Bedingungen am Standort geprägt, wobei allgemein besonders den Licht- und Feuchtigkeitsverhältnissen, aber auch den mechanischen Störungen große Bedeutung zukommt. In unterschiedlichem Maße hat auch der Entwicklungszustand der Flechte einen Einfluß auf die äußere Gestalt. So wird beispielsweise die Zahl der Zweige am Podetienende von der Fruchtkörperbildung beeinflusst. Die Ursachen für die unterschiedliche Ausprägung der einzelnen Merkmale werden aufgelistet und diskutiert.

Cladonia furcata ssp. *subrangiformis* bleibt in ihrem Auftreten auf die Klasse *Toninio-Psooretea* beschränkt. Sie bildet gelegentlich Dominanzbestände. Auch ihre Morphologie wird anhand einiger stichprobenhaft ausgemessener Podetien skizziert.

Die Zuordnung der *Cladonia furcata*-Proben zu den Unterarten erfolgte anhand des Auftretens bzw. Fehlens von Atranorin. Neben Fumarprotocetrarsäure tritt im Untersuchungsgebiet in den Thalli von *Cl. furcata* ssp. *furcata* kein weiterer, mittels Dünnschichtchromatographie eindeutig nachweisbarer Stoff auf. Außer Atranorin und Fumarprotocetrarsäure konnte in der Unterart *subrangiformis* ebenfalls nur

ausnahmsweise ein weiterer Inhaltsstoff nachgewiesen, jedoch nicht identifiziert werden.

Die Sequenzierung der ITS rDNA der Bionten beider Unterarten von *Cladonia furcata* zeigt, daß bei den Mycobionten verschiedene ITS-Varianten auftreten, diese jedoch offensichtlich von der Subspezies unabhängig sind. Ein Zusammenhang zwischen Morphologie und ITS-Varianten ist ebenfalls nicht erkennbar. Dagegen zeigen Mycobionten-Sequenzen von *Cl. gracilis*, trotz hoher morphologischer Ähnlichkeit der untersuchten Proben beider Arten, deutliche Unterschiede zu *Cl. furcata*. ITS-Varianten treten auch bei den Photobionten auf, welche anhand der Sequenzen der Gattung *Asterochloris* zugeordnet werden. Beide Unterarten von *Cl. furcata* können Photobionten derselben ITS-Variante als Partner nutzen.

Anhand der Ergebnisse der vegetationskundlichen und morphologischen Untersuchungen sowie der Dünnschichtchromatographie und der rDNA-Sequenzierung wird die systematische Unterteilung von *Cladonia furcata* sowie die Artberechtigung von *Cl. subrangiformis* eingehend diskutiert. Es wird vorgeschlagen, sowohl die morphologischen Erscheinungsformen von *Cl. furcata* ssp. *furcata* als auch die ssp. *subrangiformis* als modifikatorische Varianten bzw. phänologische Stadien zu bezeichnen.

K Summary

Terricolous lichens and their communities in North Hessen (Germany) with special emphasis on the morphological and genetical variability of *Cladonia furcata* (Hudson) Schrader

Sixteen terricolous lichen communities assignable to two vegetation classes are described from the northern part of the German state of Hessen. The class *Toninio-Psoreteea decipientis*, including the association *Toninio-Psoretum decipientis*, is characterized by crustose species and grows on base-rich soils. Communities of this class colonize soils over gypsum, dolomite and limestone and can mostly be found in oligotrophic grasslands (*Gentiano-Koelerietum*) or abandoned quarries. All these communities at present occur only rarely in this area. They need open sites with poorly developed vegetation. In the course of succession, the lichens are displaced by phanerogames.

The lichen vegetation on more or less acid soils, deficient in lime, belongs to the class *Ceratodonto-Polytrichetea piliferi*. Three alliances of this class can be differentiated. The alliance *Baeomycion rosei* includes pioneer communities. Some communities of the second alliance *Cladonion arbusculae* are dominated by subulate *Cladonias* with soredia. This type of vegetation represents successional stages of intermediate character. Communities of reindeer lichens (e.g. *Cladonia arbuscula*) also belong to this alliance. They are terminal stages of the lichen succession. The alliance *Cladonion rei* is typical for ruderal sites, for example mining areas. Its communities are also dominated by subulate and sorediate *Cladonias*. In the course of succession, phanerogames will displace the lichens on these sites.

Most of the lichen communities in North Hessen at present occur very rarely in this area. The same holds true for the whole of Germany. This justifies the necessity to afford special environmental protection to terricolous lichen vegetation. Suitable protective measures are specified.

The most important genus in terricolous lichen vegetation is the genus *Cladonia*. Another part of this study deals with the variability of the common species *Cladonia furcata*. The subspecies *furcata* mainly occurs in the *Cladonion arbusculae*, but can also be found in communities of the other alliances in this class. Very seldom the subspecies *furcata* grows in communities of the class *Toninio-Psoreteea decipientis* as well. However, *Cl. furcata* ssp. *furcata* does not develop fertile podetias in all communities. Detailed investigations of the morphological characters point out that the development of apothecia is influenced by light. Most of the morphological characters show a dependence on light and moisture. But mechanical influences are also important. There are also internal factors which affect the morphology of this lichen. The number of branches at the top of the podetia belongs to the presence or absence of apothecia, for example. The reasons for the variability of all the morphological characters are described and discussed in this study.

Cladonia furcata ssp. *subrangiformis* can be found only in lichen communities of the class *Toninio-Psoaretea decipientis*. Sometimes this lichen can be the dominant species in the lichen vegetation. The morphology of this subspecies in North Hessen is also described.

One reason for the division of *Cladonia furcata* into two subspecies is the presence or absence of atranorin. Usually, in addition to fumarprotocetraric acid there is no other acid in the analyzed thalli of *Cl. furcata* ssp. *furcata* which could be demonstrated using thin-layer chromatography. The investigated thalli of the subspecies *subrangiformis* contain atranorin and fumarprotocetraric acid. As an exception, there is also another substance in the thalli of both subspecies. This substance could however not be identified using thin-layer chromatography.

The last part of this study is concerned with the sequencing of ITS rDNA. Both bionts (photobionts and mycobionts) of *Cladonia furcata* and *Cl. gracilis* were analysed. There are different ITS-variants of the photobiont and mycobiont. These ITS-variants do not depend on the two subspecies of *Cl. furcata*. The mycobiont ITS rDNA-sequences of the subspecies *furcata* and the subspecies *subrangiformis* are identical. A correlation between morphology and ITS-variants could not be found. The sequences of *Cl. furcata* and *Cl. gracilis* show clear differences, despite the fact that the analyzed thalli are very similar in morphology.

The photobionts belong to the genus *Asterochloris*. Both subspecies of *Cladonia furcata* can live in symbiosis with photobionts of the same ITS-variant.

The question whether *Cladonia subrangiformis* might best be classified as a subspecies of *Cl. furcata* or as a species for its own is discussed on the basis of morphological and chemical datas as well as on the basis of datas of phytosociology and molecular biology (sequences of ITS rDNA). The division of *Cl. furcata* in varieties and forms is also discussed. It is proposed, that the morphs of *Cl. furcata* ssp. *furcata* as well as the subspecies *subrangiformis* should be classified as modificatory variants and phenological stages respectively.

L Literaturverzeichnis

- AHMADJIAN, V. & JAKOBS, J.B. (1981): Relationship between fungus and alga in the lichen *Cladonia cristatella* Tuck. – *Nature* 289: 169-172.
- AHTI, T. (1962): Notes on the lichen *Cladonia pseudorangiformis* Asah. – *Arch. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo* 17(1): 38-41.
- AHTI, T. (1966): Correlation of the chemical and morphological characters in *Cladonia chlorophaea* and allied lichens. – *Ann. Bot. Fenn.* 3: 380-390.
- AHTI, T. (1993): Names in current use in the Cladoniaceae (lichen-forming Ascomycetes) in the ranks of genus to variety. – In: GREUTER, W. (ed.): NCU-2. Names in Current Use in the Families Trichocomaceae, Cladoniaceae, Pinaceae and Lemnaceae. *Regnum Vegetabile* 128: 58-106. Koeltz Scientific Books. Königstein.
- AHTI, T. (2000): Cladoniaceae. – *Flora Neotropica Monogr.* 78: 1-362.
- AHTI, T. & LAI, M.-J. (1979): The lichen genera *Cladonia*, *Cladina* and *Cladia* in Taiwan. – *Ann. Bot. Fenn.* 16: 228-236.
- ANDERS, J. (1928): Die Strauch- und Laubflechten Mitteleuropas. I-IV. – Jena. 217 S.
- ANONYMUS (1994): Naturschutzgebiete im Regierungsbezirk Kassel. – *Naturschutz Nordhessen* 14: 73-81.
- ANONYMUS (2001): Exkursionsbericht Gladenbacher Bergland 6.-8.4.2001. – *Aktuelle Lichenol. Mitt. N.F.* 6: 9-17.
- ARCHER, A.W. (1992): Cladoniaceae. – In: *Flora Australia* 54: 107-143. Australian Government Publishing Service Press. Canberra.
- ARUP, U. & GRUBE, M. (1998): Molecular systematics of *Lecanora* subgenus *Placodium*. – *Lichenologist* 30(4-5): 415-425.
- AUGE, K. (2000): Auswirkungen von Kiefernflugwäldern auf Kalkmagerrasen im Unteren Werraland. – Unveröff. Diplomarb. Univ. Göttingen. 100 S.
- BALDWIN, B.G., SANDERSON, M.J., PORTER, J.M., WOJCIECHOWSKI, M.F., CAMPBELL, C.S. & DONOGHUE, M.J. (1995): The ITS region of nuclear ribosomal DNA: a valuable source of evidence on angiosperm phylogeny. – *Ann. Missouri Bot. Gard.* 82: 247-277.
- BARENDREGT, A., VAN DEN DRIES, P.L.V. & SIPMAN, H.J.M. (1982): A new chemical strain of *Cladonia furcata* (Huds.) Schrad. (Lichenes). – *Acta Bot. Neerl.* 31: 491-494.
- BARKMAN, J.J. (1958): Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. – Van Gorkum, Hak, Brakke. Assen. 628 S.
- BARKMAN, J.J. (1968): Das synsystematische Problem der Mikrogesellschaften innerhalb der Biozönosen. – In: TÜXEN, R. (ed.): *Pflanzensoziologische Systematik*. Ber. Int. Symp. IVV Stolzenau 1964: 21-53. Junk. Den Haag.

- BARKMAN, J.J. (1973): Synusial approaches to classification. – In: WHITTAKER, R.H. (ed.): Ordination and classification of vegetation. Handbook Veg. Sci. 5: 435-491. Junk. The Hague.
- BÄRLOCHER, F. (1999): Biostatistik – Praktische Einführung in Konzepte und Methoden. – Thieme. Stuttgart, New York. 206 S.
- BAUFELD, R. (1991): Laubwald-Gesellschaften im Unteren Werraland. – Unveröff. Diplomarb. Univ. Göttingen. 120 S.
- BAUMANN, K. (2000): Vegetation und Ökologie der Kleinseggenriede des Harzes: Wissenschaftliche Grundlagen und Anwendungen im Naturschutz. – Cuvillier-Verlag. Göttingen. 219 S.
- BECK, A. (2002): Selektivität der Symbionten schwermetalltoleranter Flechten. – Diss. Univ. München. 194 S.
- BECK, A., FRIEDL, T. & RAMBOLD, G. (1998): Selectivity of photobiont choice in a defined lichen community: inferences from cultural and molecular studies. – New Phytol. 139: 709-720.
- BERGMEIER, E. (1987): Magerrasen und Therophytenfluren im NSG „Wacholderheiden bei Niederlemp“ (Lahn-Dill-Kreis, Hessen). – Tuexenia 7: 267-293.
- BERGMEIER, E., HÄRDTLE, W., MIERWALD, U., NOWAK, B. & PEPLER, C. (1990): Vorschläge zur syntaxonomischen Arbeitsweise in der Pflanzensoziologie. – Kieler Not. Pflanzenk. Schleswig-Holst. Hamburg 20(4): 92-103.
- BERND, R. (1998): Flora und Vegetation der Gudensberger Basaltkuppen (Nordhessen). – Unveröff. Diplomarb. Univ. Göttingen. 155 S.
- BEUG, H.-J. (1963-1989): Moos- und Flechtenexkursionen zum Meißner und seinem Vorland. – Unveröff. Manuskripte. Univ. Göttingen.
- BEYER, H. (1968): Versuche zur Erhaltung von Heideflächen durch Heidschnucken im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“. – Natur & Heimat 28(4): 145-149.
- BIERMANN, R., BREDER, CH., DANIELS, F., KNIFFE, K. & PAUS, S. (1994): Heideflächen im Raum Munster, Lüneburger Heide: Eine floristisch-pflanzensoziologische Erfassung als Grundlage für Pflege- und Optimierungsmaßnahmen. – Ber. Naturhist. Ges. Hannover 135: 105-161.
- BÖHLE, U.-R. & HALFMANN, J. (1992): Die Vegetation der Halbtrockenrasen im südlichen Ringgau (Nordhessen) im Hinblick auf ihre Schutzwürdigkeit sowie Anregungen zu ihrer Erhaltung und Pflege. – Naturschutz Nordhessen 12: 81-104.
- BONNEMANN, A. (1984): Der Reinhardswald. – Weser-Buchhandlung. Hann. Münden. 451 S.
- BORNKAMM, R. (1958): Die Bunte-Erdflechten-Gesellschaft im südwestlichen Harzvorland. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. 71(7): 253-270.
- BORTZ, J., LIENERT, G. & BOEHNKE, K. (1990): Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik. – Springer. Berlin, Heidelberg, New York. 939 S.

- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3., neu bearb. Aufl. – Springer. Berlin, Wien, New York. 865 S.
- BRITZELMAYR, M. (1904): *Cladonia furcata* Huds. und *squamosa* L. im Gebiet der süddeutschen Hochebene von 450-600 m über der Nordsee. – *Hedwigia* 43: 126-131.
- BROSIUS, M. (1959): Die Tertiärmulde von Glimmerode. – *Hess. Lagerstättenarchiv* 4: 1-48.
- BRÜCKNER, A.F. (1803): *Florae Neobrandenburgensis Prodrum*. – Jena.
- BRUELHEIDE, H. (1989): Die Vegetation der Kalkmagerrasen im östlichen und westlichen Meißner-Vorland. – Unveröff. Diplomarb. Univ. Göttingen. 174 S.
- BRUELHEIDE, H. (1991): Kalkmagerrasen im östlichen und westlichen Meißner-Vorland. – *Tuexenia* 11: 205-233.
- BRUELHEIDE, H. (1992): Kartierung der Kalkmagerrasen im östlichen und westlichen Meißner-Vorland. – *Bot. Naturschutz Hessen, Beih.* 4: 85-100.
- BRÜHL, H. & HEGER, B. (1989): Zur Hydrogeologie des Hohen Meißners. – *Berliner Geowiss. Abh. (A)* 114: 77-90.
- BRUN-HOOL, J. (1966): Ackerunkraut-Fragmentgesellschaften. – In: TÜXEN, R. (ed.): *Anthropogene Vegetation*. Ber. Internat. Sympos. IVV Stolzenau 1961: 38-50. Junk. Den Haag.
- BULTMANN, M. (1993): Flora und Vegetation der Kalkmagerrasen an der unteren Diemel. – *Philippia* VI/4: 331-380.
- BURGAZ, A.R. & AHTI, T. (1992): Contribution to the study of the genera *Cladina* and *Cladonia* in Spain. I. – *Nova Hedwigia* 55(1-2): 37-53.
- CANTERS, K.J. (1988): Ökologische Untersuchungen in einem kleinräumig gegliederten Waldgebiet. – Diss. Univ. Frankfurt/M. 285 S.
- CERNOHORSKY, Z. (1950): *Cladonia subrangiformis* Scriba v Cechach. [C.s. new to Bohemia.]. – *Ces. Bot. Listy* 2: 107-108.
- CHRISTENSEN, S.N. (1987): Morphological and chemical variation in the *Cladonia macilenta/bacillaris* aggregate in Denmark. – *Lichenologist* 19: 61-69.
- COPPINS, B.J. (2002): *Checklist of Lichens of Great Britain and Ireland* London. – British Lichen Society. London. 95 S.
- CULBERSON, C.F. (1969): *Chemical and Botanical Guide to Lichen Products*. – Chapel Hill, N.C. University of North Carolina Press. 628 S.
- CULBERSON, C.F. & AMMANN, K. (1979): Standardmethode zur Dünnschichtchromatographie von Flechtensubstanzen. – *Herzogia* 5: 1-24.
- CULBERSON, C.F. & KRISTINSSON, H. (1970): A standardized method for the identification of lichen products. – *Jour. Chromatogr.* 46: 85-93.

- DANIELS, F.J.A., BIERMANN, R. & BREDER, C. (1993): Über Kryptogamen-Synusien in Vegetationskomplexen binnenländischer Heidelandschaften. – Ber. Reinhold-Tüxen-Ges. 5. 199-219.
- DANIELS, F.J.A., SLOOF, F.J.E. & VAN DE WETERING, H.T.J. (1987): Veränderungen in der Vegetation der Binnendünen in den Niederlanden. – In: SCHUBERT, R. & HILBIG, W. (eds.): Erfassung und Bewertung anthropogener Vegetationsveränderungen. Martin Luther Univ. Halle Wittemberg. Wiss. Beitrag Halle/Saale 1987/46 (P31): 24-44.
- DEGELIUS, G. (1939): Die Flechten von Norra Skaftön. Ein Beitrag zur Kenntnis der Flechtenflora und Flechtenvegetation im äusseren Teil der schwedischen Westküste. – Uppsala Universitets Arsskrift 11: 1-206.
- DEPRIEST, P.T. (1993): Variation in the *Cladonia chlorophaea* complex I: morphological and chemical variation in Southern Appalachian populations. – Bryologist 96(4): 555-563.
- DES ABBAYES, H. (1937): Contributions nouvelles à la connaissance des lichens armoricains III. *Cladonia subrangiformis* Sandst. emend. H. des Abb. – Bull. Soc. Sci. Bretagne 14: 154-164.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2003a): Klimadaten ausgewählter deutscher Stationen. Abruf der Monatswerte. – URL: http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/daten/online/nat/ausgabe_monatswerte.htm.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2003b): Der Rekordsommer 2003. – URL: http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/prod/spezial/temp/Rekordsommer_2003.pdf.
- DEUTSCHER WETTERDIENST IN DER US-ZONE (ed.) (1950): Klima-Atlas von Hessen. – Selbstverlag. Bad Kissingen. 20 S. Erläuterungen, 75 Karten, 9 Diagramme.
- DIEDERICH, G. (1991): Hydrogeologisches Kartenwerk Hessen 1: 300 000. – Geologische Abhandlungen Hessen 95. Wiesbaden. 83 S. + 5 Karten.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie: Grundlagen und Methoden. – Ulmer. Stuttgart (Hohenheim). 683 S.
- DIETZ, S., BÜDEL, B., LANGE, O.L. & BILGER, W. (2000): Transmittance of light through the cortex of lichens from contrasting habitats. – Biblioth. Lichenol. 75: 171-182.
- DOIGDE, E.M. (1950): The lichens of South Africa to the end of 1945. – Bothalia 5: 1-1094.
- DOLL, R. (1996): Lichenologische Beiträge aus Nordostdeutschland I. – Gleditschia 24(1/2): 179-188.
- DREHWALD, U. (1993): Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens – Bestandsentwicklung, Gefährdung, Schutzprobleme – Flechtengesellschaften. – Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachs. 20/10: 1-122.
- EGEA, J.M. (1996): Catalogue of lichenized and lichenicolous fungi of Morocco. – *Bocconea* 6: 19-114.
- EHRENDORFER, F. (1973): Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. Aufl. – Gustav Fischer. Stuttgart. 318 S.

- EIGNER, J. (1991): Hochmoor und Heide. – In: MUES, D. (ed.): Biotoppflege, Biotopentwicklung/FLL Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.; eine Initiative des Arbeitskreises Biotopentwicklung der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau. Teil I: 17-31. Bonn.
- ENGELHARD, K. (1971): Entwicklung der Kulturlandschaft. – In: MARTIN, B. & WETEKAM, R. (eds.): Waldeckische Landeskunde: 99-170. Bing. Korbach.
- ERICHSEN, C.F.E. (1957): Flechtenflora von Nordwestdeutschland. – Gustav Fischer. Stuttgart. 411 S.
- ERTL, L. (1951): Über die Lichtverhältnisse in Laubflechten. – *Planta* 39: 245-270.
- EVANS, A.W. (1950): Notes on the Cladoniae of Connecticut IV. – *Rhodora* 52(617): 77-123.
- EVANS, A.W. (1954): *Cladonia subrangiformis* in North America. – *Rhodora* 56(672): 266-272.
- FAHSELT, D., KROL, M., HÜNER, N. & TØNSBERG, T. (2000): Pigmentation of *Cladonia* infected by the lichenicolous fungus *Arthrurhaphis aeruginosa*. – *Lichenologist* 32(3): 300-303.
- FEUERER, T. (ed.) (2003): Checklists of lichens and lichenicolous fungi. Version 1 June 2003. – URL: <http://www.checklists.de>.
- FINK, B. (1904): Further notes on *Cladonias* III. – *Bryologist* 7: 53-58.
- FINK, B. (1917): The rate of growth and ecesis in lichens. – *Mycologia* 9: 138-158.
- FISCHER, P. (2003): Trockenrasen des Biosphärenreservates „Flußlandschaft Elbe“. Vegetation, Ökologie und Naturschutz. – *Arch. naturwiss. Diss.* 15: 1-286.
- FISCHER, P. & GÜNZL, B. (2004): Ein Beitrag zur Verbreitung der Chemotypen ausgewählter *Cladonia*-Arten. – *Aktuelle Lichenol. Mitt. N.F.* 13 (im Druck).
- FLOERKE, H.G. (1828): Festos Jesu Christi Nati anniversarios (...) indicit. Universitatis Literariae Rostochiensis Rector Henricus Gustavus Floerke (...) celebranda civibus Academicis commendat. De *Cladoniis*, difficillimo Lichenum genere; Commentatio 1. – Adler. Rostock. 94 S.
- FLORA DANICA ONLINE: Issue no. 37, Tables 2209 Fig. 2, 2210 Fig 1. – URL: <http://www.pictures.dnlnb.dk/Homepage/Hefter/22012220.html>.
- FOLLMANN, G. (1974): Nordhessische Flechtengesellschaften I. Das Fulgensietum fulgentis GAMS. – *Hess. Florist. Briefe* 23: 18-25.
- FOLLMANN, G. (1979): Neue Flechtenfunde aus dem Hessischen Bergland. – *Hess. Florist. Briefe* 28: 10-16.
- FOLLMANN, G. (1981): Das Vorkommen der Strauchflechte *Cladonia rei* Schaer. (Cladoniaceae) im Hessischen Bergland. – *Hess. Florist. Briefe* 30: 14-16.
- FOLLMANN, G. (1983): Das Vorkommen der Scharlachflechte *Cladonia floerkeana* (E. M. Fires) Floerke (Cladoniaceae) im Hessischen Bergland. – *Hess. Florist. Briefe* 32: 26-32.
- FOLLMANN, G. & MALECKI, B. (1973): *Fulgensia bracteata* (Hoffm.) Raes. subsp. *deformis* (Erichs.) Poelt in Hessen. – *Hess. Florist. Briefe* 22: 38-41.

- FRAHM, J.-P. & FREY, W. (1992): Moosflora. 3. überarb. Aufl. – Ulmer. Stuttgart (Hohenheim). 528 S.
- FRIEDL, T. (1989): Systematik und Biologie von *Trebouxia* (Microthamniales, Chlorophyta) als Phycobiont der Parmeliaceae (lichenisierte Ascomyceten). – Diss. Univ. Bayreuth. 218 S.
- FRIEDL, T. & ROKITTA, C. (1997): Species relationships in the lichen alga *Trebouxia* (Chlorophyta, Trebouxiophyceae): Molecular phylogenetic analyses of nuclear-encoded large subunit rRNA gene sequence. – *Symbiosis* 23: 125-148.
- GALLOWAY, D.J. (1985): Flora of New Zealand Lichens. – Hasselberg. Wellington. 662 S.
- GLAVAC, V., SCHLAGE, A. & SCHLAGE, R. (1979): Das Gentiano-Koelerietum am Kleinen Dörnberg bei Zierenberg (Kreis Kassel). – *Mitt. Florist.-Soziol. Arbeitsgem.* 21: 105-109.
- GOWARD, T. (1999): The Lichens of British Columbia. Illustrated Keys. Part 2, Fruticose Species. – British Columbia Ministry of Forests. Victoria. 319 S.
- GRUMMANN, V.J. (1954): Über eine einheitliche Benennung von Bildungsabweichungen bei den Flechten. – *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 67: 59-68.
- GRUMMANN, V.J. (1963): *Catalogus Lichenum Germaniae*. – Gustav Fischer. Stuttgart. 208 S.
- GÜNZL, B. (2001a): Die Bunte-Erdflechten-Gesellschaft (*Toninio-Psoretum decipiens* Stodiek 1937) in Nordhessen – aktuelle Erfassung und Gliederung. – *Tuexenia* 21: 179-191.
- GÜNZL, B. (2001b): Die Bunte-Erdflechten-Gesellschaft in Nordhessen – Bestandssituation, Gefährdungsursachen und Schutzmöglichkeiten. – *Jahrb. Naturschutz Hessen* 6: 115-124.
- HAKES, W. (1987): Einfluß von Wiederbewaldungsvorgängen in Kalkmagerrasen auf die floristische Artenvielfalt und Möglichkeiten der Steuerung durch Pflegemaßnahmen. – *Diss. Bot.* 109: 1-151.
- HALL, T.A. (1999): BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analyses program for Windows 95/98/NT. – *Nucl. Acids Symp. Ser.* 41: 95-98.
- HAWKSWORTH, D.L. (1969): The lichen flora of Derbyshire. – *Lichenologist* 4: 105-193.
- HAWKSWORTH, D.L. (1976): Lichen chemotaxonomy. – In: BROWN, D.H., HAWKSWORTH, D.L. & BAILEY, R.H. (eds.): *Lichenology: Progress and Problems*: 139-184. Academic Press. London.
- HEINKEN, T. (1999): Dispersal patterns of terricolous lichens by thallus fragments. – *Lichenologist* 31(6): 603-612.
- HEINTZE, G. (1966): Landschaftsrahmenplan Naturpark Meißner-Kaufunger Wald. – *Schriftenr. Inst. Natursch. Darmstadt* 8(4): 1-115.
- HELMS, G. (2003): Taxonomy and symbiosis in associations of Physciaceae and *Trebouxia*. – *Diss. Univ. Göttingen*. URL: <http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2003/helms/index.html>. 156 S.

- HELMS, G., FRIEDL, T. & RAMBOLD G. (2003): Phylogenetic relationships of the Physciaceae inferred from rDNA sequence data and selected phenotypic characters. – *Mycologia* 95(6) im Druck.
- HELMS, G., FRIEDL, T., RAMBOLD, G. & MAYRHOFER, H. (2001): Identification of photobionts from the lichen family Physciaceae using algal-specific ITS rDNA sequencing. – *Lichenologist* 33(1): 73-87.
- HENNINGSSEN, D. & KATZUNG, G. (1998): Einführung in die Geologie Deutschlands. 5., neu bearb. Auflage. – Enke. Stuttgart. 244 S. + Farbanhang.
- HENNIPMAN, E. (1967): Notes on some Dutch Cladoniae (Lichenes). – *Persoonia* 4: 427-428.
- HENNIPMAN, E. (1978): De nederlandse Cladonia's (Lichenes). – *Wet. Mededel. K. Nederl. Natuurh. Veren.* 124: 1-80.
- HENSSEN, A. & JAHNS, H.M. (1974): Lichenes. – Georg Thieme. Stuttgart. 467 S.
- HESSISCHES MINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG, WOHNEN, LANDWIRTSCHAFT, FORSTEN UND NATURSCHUTZ (1994): Verzeichnis der Naturschutzgebiete in Hessen. – Wiesbaden. 53 S.
- HILDRETH, K.C. & AHMADJIAN, V. (1981): A study of *Trebouxia* and *Pseudotrebouxia* isolates from different lichens. – *Lichenologist* 13: 65-86.
- HILLMANN, J. & GRUMMANN, V.J. (1957): Flechten. – Kryptogamenflora der Mark Brandenburg und angrenzender Gebiete. 8: I-X, 1-898. Berlin.
- HLUG (HESSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE) (2001): Geologische Entwicklung in Hessen. – URL: <http://www.hlug.de/medien/boden/natraum.html>. Stand August 2001.
- HÖLZER, A. (1977): Vegetationskundliche und ökologische Untersuchungen im Blindensee-Moor bei Schonach (Mittlerer Schwarzwald) unter besonderer Berücksichtigung des Kationengehaltes. – *Diss. Bot.* 36: 1-196.
- HÖLZER, A. (1984): Chemische Analyse in Moorwasser und ihre Problematik. – *Libellula* 3(1/2): 1-9.
- HOLIEN, H. & TØNSBERG, T. (1985): Notes on *Cladonia asahinae*, *C. conista* and the *C. grayi*-group in Norway. – *Gunneria* 51: 1-26.
- HUOVINEN, K., AHTI, T. & STENROOS, S. (1990): The composition and contents of aromatic lichen substances in *Cladonia* section *Cladonia* and group *Furcatae*. – In: JAHNS, H.M. (ed.): Contributions to Lichenology in Honour of A. Henssen. *Biblioth. Lichenol.* 38: 209-241.
- HYVÄRINEN, M. (1992): Adaptivity of the thallus structure of *Hypogymnia physodes* to microclimatic conditions. – *Lichenologist* 24(3): 267-279.
- JAHNS, H.M. (1982): The cyclic development of the lichen *Baeomyces rufus* and mosses in an ecosystem. – *Lichenologist* 14: 261-265.

- JAHNS, H.M. (1984): Morphology, reproduction and water relations – a system of morphogenetic interactions in *Parmelia saxatilis*. – In: HERTEL, H. & OBERWINKLER, F.: Festschrift J. Poelt. Nova Hedwigia Beih. 79: 715-789.
- JAHNS, H.M. & FREY, P. (1982): Thallus growth and the development of fruit bodies in *Peltigera canina*. – Nova Hedwigia 36: 485-498.
- JAHNS, H.M. & FRITZLER, E. (1982): Flechtenstandorte auf einer Blockhalde. – Herzogia 6: 243-270.
- JAHNS, H.M., HEROLD, K. & BELTMAN, H.A. (1978): Chronological sequence, synchronization and induction of development of fruit bodies in *Cladonia furcata* var. *furcata* (Huds.) Schrad. – Nova Hedwigia 30: 469-526.
- JAHNS, H.M. & OTT, S. (1982): Flechtenentwicklung an dicht benachbarten Standorten. – Herzogia 6: 201-241.
- JAHNS, H.M. & OTT, S. (1983): Das Mikroklima dicht benachbarter Flechtenstandorte. – Flora 173: 183-222.
- JAHNS, H.M. & SCHUSTER, G. (1981): Morphogenetische Untersuchungen an *Cetraria islandica*. – Beitr. Biol. Pflanzen 55: 427-473.
- KAISER, E. (1926): Die Pflanzenwelt des Hennebergisch-Fränkischen Muschelkalkgebietes. – Beih. Feddes Repert. 44: 1-152.
- KALB, M. & VENT-SCHMIDT, V. (1981): Das Klima von Hessen: Standortkarte im Rahmen der agrarstrukturellen Vorplanung. – Hess. Landesamt für Ernährung, Landwirtschaft u. Landentwicklung, Abt. Landentwicklung, Wiesbaden.
- KIMURA, M. (1980): A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. – J. Molec. Evol. 16: 111-120.
- KLAUSING, O. (Bearb.) (1988): Die Naturräume Hessens: mit einer Karte der naturräumlichen Gliederung 1:200 000. – Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden. 43 S., 1 Kt.
- KLEMENT, O. (1952): Zur Flechtenflora Schwabens. – Ber. Naturf. Ges. Augsburg 5: 43-91.
- KLEMENT, O. (1955): Prodromus der mitteleuropäischen Flechtengesellschaften. – Beih. Feddes Repert. 135: 5-194.
- KOLLMANN, K. (ed.) (1993): Geschichte der Stadt Eschwege. – Selbstverlag Kreisstadt Eschwege. 530 S.
- KOPERSKI, M., SAUER, M., BRAUN, W. & GRADSTEIN, S. R. (2000): Referenzliste der Moose Deutschlands. – Schriftenr. Vegetationsk. 34: 1-519.
- KRAUSSE, H.-F. (1971): Geologie des Waldecker Landes. – In: MARTIN, B. & WETEKAM, R. (eds.): Waldeckische Landeskunde: 1-48. Bing. Korbach.
- KREMER, B.P. & MUHLE, H. (1991): Steinbachs Naturführer (Hrsg. G. STEINBACH), Flechten, Moose, Farne. – Mosaik. München. 288 S.
- KRIEGER, H. (1937): Die flechtenreichen Pflanzengesellschaften der Mark Brandenburg. – Beih. Bot. Centralbl. 57, Abt. B: 1-76.

- KUMAR, S., TAMURA, K., JAKOBSEN, I.B. & NEI, M. (2001): MEGA2: Molecular Evolutionary Genetics Analysis software. – *Bioinformatics* 17(12): 1244-1245.
- KÜMMERLING, H. (1991): Zur Kenntnis der Flechtenflora am Hohen Meißner und in seinem Vorland (Hessen) unter besonderer Berücksichtigung chemischer Merkmale. – *Biblioth. Lichenol.* 41: 1-315.
- KUNTZE, H., ROESCHMANN, G. & SCHWERDTFEGER, G. (1994): *Bodenkunde*. 5., neubearb. u. erweit. Aufl. – Ulmer. Stuttgart (Hohenheim). 424 S.
- LANGE, O., GREEN, T.G.A. & TÜRK, R. (1998): An unusual growth form of *Cladonia furcata*: the trampling-resistant primary thallus colonising a paved pathway. – *Lichenologist* 30(6): 583-588.
- LANGERFELDT, J. (1939): Die Flechten-Gesellschaften der Kieskuppen und Sandheiden zwischen Jade und Ems. – *Repert. Spec. Nov. Regni Veg., Beih.* 66: 1-48.
- LEICHT, E. (1988): Zum Stand der Naturschutzgebietsausweisung in Nordhessen. – *Naturschutz Nordhessen* 10: 13-24.
- LEICHT, E. (1990): Die neuen Naturschutzgebiete im Regierungsbezirk Kassel (Stand 31.12.1989). – *Naturschutz Nordhessen* 11: 81-97.
- LENARDUZZI, M. (1999a): Naturschutzfachliche Bewirtschaftung eines Biotopverbundes in stationärer Hüttehaltung im Werra-Meißner-Kreis – Ein Naturschutzkonzept schlägt Wurzeln. – *Jahrb. Naturschutz Hessen* 4: 43-47.
- LENARDUZZI, M. (1999b): Ein Naturschutzkonzept schlägt Wurzeln. – *Zeitschr. Deutsche Schafzucht* 20: 496-499.
- LETTAU, G. (1955): Flechten aus Mitteleuropa X. – *Feddes Repert.* 57: 1-94.
- LITTERSKI, B. (1999): Pflanzengeographische und ökologische Bewertung der Flechtenflora Mecklenburg-Vorpommerns. – *Diss. Bot.* 307: 1-391.
- LOHTANDER, K., KÄLLERSJÖ, M. & TEHLER, A. (1998): Dispersal strategies in *Roccellina capensis* (Arthoniales). – *Lichenologist* 30(4-5): 341-350.
- LOTZ, K. (1995): Einführung in die Geologie des Landes Hessen. – *Hitzeroth. Marburg*. 267 S.
- MAGNUSSON, M. (1982): Composition and succession of lichen communities in an inner coastal dune area in southern Sweden. – *Lichenologist* 14: 153-163.
- MANZ, E. (1993): Vegetation und standörtliche Differenzierung der Niederwälder im Nahe- und Moselraum. – *Pollichia-Buch* 28: 1-413. Bad Dürkheim.
- MARSTALLER, R. (1968): Die Xerothermflora der Gipshänge bei Jena (Ostthüringen) unter besonderer Berücksichtigung der Bunten-Erdflechten-Gesellschaft. – *Hercynia* 5: 352-372.
- MARSTALLER, R. (1971): Zur Kenntnis der Gesellschaften des Toninion-Verbandes im Unstruttal zwischen Nebra und Artern sowie im Kyffhäusergebirge. – *Hercynia N.F.* 8: 34-51.

- MATTICK, F. (1932): Bodenreaktion und Flechtenverbreitung. – Beih. Bot. Centralbl. 49: 241-271.
- MATTSSON, J-E. & WEDIN, M. (1998): Phylogeny of the Parmeliaceae – DNA data versus morphological data. – Lichenologist 30(4-5): 463-472.
- MÁZSA, K. (1994): Field studies on CO₂ fixation of *Cladonia furcata* and *Cladonia convoluta*. – *Cryp. Bot.* 4: 207-211.
- MEISCH, J.P. (1981): Beiträge zur Isolation, Kultur und Systematik von Flechtenalgen. – Diss. Univ. Innsbruck. 160 S.
- MÖLLER, K. (1989): Die geomorphologischen Verhältnisse am Hohen Meißner und ihre Interpretation. – Berliner Geowiss. Abh. (A) 114: 103-114.
- MONTE, M. (1993): The influence of environmental conditions on the reproduction and distribution of epilithic lichens. – *Aerobiologia* 9: 169-179.
- MÜHR, B. (2002/2003): Klimadiagramme weltweit. – URL: <http://www.klimadiagramme.de>.
- MÜLLER, J., VAGTS, I. & FRESE, E. (1997): Pflanzliche Regenerationsstrategien und Besiedlungsdynamik in nordwestdeutschen Calluna-Heiden nach Brand. – *NNA-Ber.* 5: 87-104.
- MÜLLER-WESTERMEIER, G. & RIECKE, W. (2003): Die Witterung in Deutschland. – In: DEUTSCHER WETTERDIENST: Klimastatusbericht 2002. URL: <http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/prod/KSB/ksb02/Witterung.pdf>.
- NAKANO, T. & IGUCHI, K. (1994): Photobionts isolated from some Japanese species of *Cladonia* (Lichens). – *Symbiosis* 17(1): 65-73.
- NEBEL, M. & PHILIPPI, G. (eds.) (2000): Die Moose Baden-Württembergs. Band 1: Allgemeiner Teil; Spezieller Teil (Bryophytina I, Andreaeales bis Funariales). – Ulmer. Stuttgart (Hohenheim). 512 S.
- NIESCHALK, A. & NIESCHALK, C. (1983a): Der Osterkopf bei Usseln eine Hochheide des Waldecker Uplandes. – *Naturschutz Nordhessen* 6: 49-55.
- NIESCHALK, A. & NIESCHALK, C. (1983b): Hochheiden im Waldecker Upland und angrenzenden westfälischen Sauerland. – *Philippia* 5/2: 127-150.
- NIMIS, P.L. (1993): The Lichens of Italy. – Museo Regionale di Scienze Naturali, Monographie XII. Torino. 897 S.
- NITSCHKE, L. (1995): Heideflächen in Nordhessen und ihre Pflege. – *Naturschutz Nordhessen* 15: 78-91.
- NITSCHKE, L. & NITSCHKE S. (2003): Naturschutzgebiete in Hessen schützen – erleben – pflegen. Bd. 2. Stadt Kassel, Landkreis Kassel und Schwalm-Eder-Kreis. – *Cognito. Niedenstein.* 256 S.
- NITSCHKE, S. & BULTMANN, M. (1995): Magerrasen und Heiden im Raum Kassel. – *Naturschutz Hessen, Sonderheft 1:* 1-108.

- OKSANEN, I., DEPRIEST, P.T., KÄRKKÄINEN, K., PIERCEY-NORMORE, M., SIKAROODI, M. & AHTI, T. (2000): Phylogenetic analyses of *Cladonia* sect. *Ascyphiferae* (lichen-forming Ascomycota). – In: „Progress and Problems in Lichenology at the Turn of the Millenium: The Fourth IAL Symposium“, Addendum zum Abstract Book. Univ. Barcelona. Barcelona.
- OTT, S. (1987): Exogene und endogene Einflüsse auf die Entwicklung von Ascocarpien bei *Physcia tenella*. – *Nova Hedwigia* 45(3-4): 327-346.
- PANNEWITZ, S., SCHROETER, B., SCHEIDEGGER, C. & KAPPEN, L. (2003): Habitat selection and light conditions: a field study with *Lobaria pulmonaria*. – *Biblioth. Lichenol.* 86: 281-297.
- PAUS, S. (1993): Die Inhaltsstoffe der in Deutschland vorkommenden *Cladonia*-Arten. – *Aktuelle Lichenol. Mitt.* 4: 7-11.
- PAUS, S. (1997): Die Erdflechtenvegetation Nordwestdeutschlands und einiger Randgebiete. – *Biblioth. Lichenol.* 66: 1-222.
- PAUS, S., DANIELS, F.J.A. & LUMBSCH, H.T. (1993): Chemical and ecological studies in the *Cladonia subulata* complex in northern Germany (Cladoniaceae, lichenised Ascomycotina). – In: FEIGE, G.B. & LUMBSCH, H.T. (eds.): *Phytochemistry and Chemotaxonomy of Lichenized Ascomycetes - A Festschrift in Honour of Siegfried Huneck*. *Biblioth. Lichenol.* 53: 191-200.
- PEPLER, C. (1999): Anleitung zur Benutzung des Programmes „Tab für Windows“ zum Sortieren und Bearbeiten pflanzensoziologischer Tabellen, Version 3.3. – Unveröff. Manuskript, Universität Oldenburg.
- PFUHL, E. (1935): Östliches Westfalen und Lippe. – In: SCHUCHT, F.: *Die Muschelkalkböden Mitteldeutschlands und ihre land- und forstwirtschaftliche Nutzung*: 357-392. Reichsnährstand-Verl. Berlin.
- PIERCEY-NORMORE, M.D. & DEPRIEST, P.T. (2001): Algal switching among lichen symbioses. – *Amer. J. Bot.* 88(8): 1490-1498.
- PINTARIC, M. & TÜRK, R. (1995): Vergleichende Untersuchungen über den Ca-, Mg- und K-Gehalt von Flechten und ihrem Substrat von Kalk- und Silikatstandorten. – *Biblioth. Lichenol.* 57: 363-385.
- PIŠUT, I. (1961): Bemerkungen über einige Arten der Flechtengattung *Cladonia* in der Slowakei. – *Acta Fac. rer. nat. Univ. Comen. VI, Fasc. VIII-X. Botanica*: 513-531.
- PIŠUT, I. & WAGNER, B. (1973): Doplnek k rozsireni lisejniku *Cladonia furcata* (Huds.) Schrad. subsp. *subrangiformis* (Sandst.) des Abb. a *Collema crispum* (Huds.) Web. var. *crispum* v Cechach. [Nachtrag zur Verbreitung der Flechten *Cladonia furcata* (Huds.) Schrad. subsp. *subrangiformis* (Sandst.) des Abb. und *Collema crispum* (Huds.) Web. var. *crispum* in Böhmen.]. – *Zpravy Ceskoslov. Bot. Spolecn.* 8: 27-29.
- POELT, J. (1969): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. – *Cramer. Lehre.* 757 S.

- POELT, J. (1986): Morphologie der Flechten - Fortschritte und Probleme. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. 99: 3-29.
- POSADA, D. & CRANDALL, K.A. (1998): MODELTEST: testing the model of DNA substitution. – Bioinformatics 14: 817-818.
- POTT, R. (1981): Der Einfluß der Niederwaldwirtschaft auf die Physiognomie und die floristische Struktur von Kalkbuchenwäldern. – Tuexenia 1: 233-242.
- POTT, R. (1985): Vegetationsgeschichtliche und pflanzensoziologische Untersuchungen zur Niederwaldwirtschaft in Westfalen. – Abh. Westfäl. Mus. Naturk. 47(4): 1-75.
- PUCCINI, F., PASQUINELLI, J. & PASQUINELLI, P. (2003): *Cladonia furcata*, varietà *foliosa*. – URL: <http://www.jep.it/furcata.htm>.
- PURVIS, O.W. & JAMES, P.W. (1992): *Cladonia Hill ex Browne (1756)*. – In: PURVIS, O.W., COPPINS, B.J., HAWKSWORTH, D.L., JAMES, P.W. & MOORE, D.M. (eds): The lichen flora of Great Britain and Ireland: 188-210. Nat. Hist. Mus. Publs & Br. Lichen Soc. London.
- RAMBOLD, G., FRIEDL, T. & BECK, A. (1998): Photobionts in lichens: possible indicators of phylogenetic relationships? – Bryologist 101(3): 392-397.
- REIMERS, H. (1940a): Bemerkenswerte Moos- und Flechtengesellschaften auf Zechsteingips am Südrande des Kyffhäusers und Harzes. – Hedwigia 79: 81- 174.
- REIMERS, H. (1951): Beiträge zur Kenntnis der Bunten-Erdflechten-Gesellschaft. I. Zur Systematik und Verbreitung der Charakterflechten der Gesellschaft besonders im Harzvorland. – Ber. Deutsch. Bot. Ges. 63(5): 147-156.
- RICHTER-BERNBURG, G. (1955): Stratigraphische Gliederung des deutschen Zechsteins. – Z. Dt. Geol. Ges. 105: 843-854.
- RIKKINEN, L. (1995): What's behind the pretty colours? A study on the photobiology of lichens. – Bryobrothera 4: 1-239.
- RITZKOWSKI, S. (1978): Geologie des Unterwerrassattels und seiner Randstrukturen zwischen Eschwege und Witzenhausen (Nordhessen). – Der Aufschluß, Sonderband 28: 187-204.
- ROMEIKE, J. (2002): Mikroklima und Musterbildungsprozesse: Komplexe Interaktionen in der Flechtenvegetation entlang eines Transekts der maritimen Antarktis. – Diss., Univ. Düsseldorf. URL: Archivserver der Deutschen Bibliothek <http://www.ulb.uni-duesseldorf.de/diss/mathnat/2002/romeike.pdf>. 196 S.
- ROMEIKE, J., FRIEDL, T., HELMS, G. & OTT, S. (2002): Genetic diversity of algal and fungal partners in four species of Umbilicaria (lichenized Ascomycetes) along a transect in the Antarctic Peninsula. – Molec. Biol. Evol. 19(8): 1209-1217.
- RUOSS, E. (1987): Chemotaxonomische und morphologische Untersuchungen an den Rentierflechten *Cladonia arbuscula* und *C. mitis*. – Botanica Helvetica 97(2): 239-263.
- SAMBROOK, J., FRITSCH, E.F. & MANIATIS, T. (1989): Molecular Cloning – a laboratory manual. – Cold Spring Harbor Laboratory Press. Cold Spring Harbor.

- SANCHO, L.G., PINTADO, A., GREEN, T.G.A., PANNEWITZ, S. & SCHROETER, B. (2003): Photosynthetic and morphological variation within and among populations of the antarctic lichen *Umbilicaria aprina*: implications of the thallus size. – *Biblioth. Lichenol.* 86: 299-311.
- SANDSTEDTE, H. (1922): Die Cladonien des nordwestdeutschen Tieflandes und der deutschen Nordseeinseln. III. – *Abh. Naturwiss. Verein Bremen* 25: 89-243.
- SANDSTEDTE, H. (1931): Die Gattung *Cladonia*. Rabenhorst Kryptogamenflora. 2. Aufl. Bd. 9. – Akademische Verlagsgesellschaft. Leipzig.
- SANTESSON, R. (1993): The lichens and lichenicolous fungi of Sweden and Norway. – SBT-förlaget. Lund.
- SCHADE, A. (1964): *Cladonia furcata* (Huds.) Schrad. und die Ursachen ihrer schwierigen Taxonomie. Die Flechten Sachsens VIII. – *Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz* ; 39/14: 1-39.
- SCHADE, A. (1966): Über die Artberechtigung der *Cladonia subrangiformis* Sandst. sowie das Auftreten von Calciumoxalat-Exkreten bei ihr und einigen anderen Flechten. – *Nova Hedwigia* 11: 285-308.
- SCHÄFER, M. (1998): Laubwald-Gesellschaften trockener Standorte der Edersee-Region. – Unveröff. Diplomarb. Univ. Göttingen. 139 S.
- SCHMIDT, M. (2000): Die Blaugras-Rasen des nördlichen deutschen Mittelgebirgsraumes und ihre Kontaktgesellschaften. – *Diss. Bot.* 328: 1-294.
- SCHÖLLER, H. (1991): Flechtenverbreitung und Klima. Vegetationsökologische Untersuchungen zur Rolle der Flechten in naturnahen Traubeneichenwäldern des Taunus. – *Biblioth. Lichenol.* 42:1-250.
- SCHOLZ, P. (2000): Katalog der Flechten und flechtenbewohnenden Pilze Deutschlands. – *Schriftenr. Vegetationsk.* 31: 1-298.
- SCHUHWERK, F. (1986): Kryptogamengemeinschaften in Waldassoziationen – ein methodischer Vorschlag zur Synthese. – *Phytocoenologia* 14(1): 79-108.
- SCHUSTER, G., HEROLD, K. & JAHNS, H.M. (1982): Mikroklimatische Messungen an Flechtenstandorten. Neue Meßapparaturen. – *Herzogia* 6: 183-200.
- SCHUSTER, G., OTT, S., GASSMANN, A. & ROMEIKE, J. (2002): In situ measurement of the water content of lichens. – In: KRANNER, I., BECKETT, R.P. & VARMA, A.K. (eds.): *Protocols in Lichenology. Culturing, Biochemistry, Ecophysiology and Use in Biomonitoring*: 224-235. Springer. Berlin, Heidelberg.
- SEMBDNER, G. (1957/58): Standortseinflüsse auf die anatomische und morphologische Ausgestaltung bei einigen *Cladonia*-Arten. – *Flora* 145: 589-611.
- SJÖRS, H. (1950): On the relation between vegetation and electrolytes in North Swedish mire waters. – *Oikos* 2: 241-258.

- SLOOF, J., DANIELS, F.J.A. & VAN DE WETERING, H.T.J. (1986): Typology en elementeninhoud van *Cladonia portentosa* (Duf.) Zahlbr. – The Utrecht Plant Ecology News Report 6: 61-77.
- SOMMER, W.-H. (1972): Die Flechtenvegetation des Naturschutzgebietes „Heiliger Hain“ nördlich Gifhorn. – *Herzogia* 2: 291-304.
- STENROOS, S. & AHTI, T. (1992): The lichen family Cladoniaceae in the Falkland Islands. – *Ann. Bot. Fenn.* 29: 67-73.
- STENROOS, S., HYVOENEN, J., MYLLYS, L., THELL, A. & AHTI, T. (2002): Phylogeny of the genus *Cladonia* s.lat. (Cladoniaceae, Ascomycetes) inferred from molecular, morphological, and chemical data. – *Cladistics* 18: 237-278.
- STOCKER-WÖRGÖTTER, E. & TÜRK, R. (1993): Redifferentiation of the lichen *Cladonia furcata* ssp. *furcata* from cultivated lichen tissue. – *Crypt. Bot.* 3: 283-289.
- STODIEK, E. (1937): Soziologische und ökologische Untersuchungen an den xerotopen Moosen und Flechten des Muschelkalkes in der Umgebung Jenas. – *Repert. Spec. Nov. Regni Veg., Beih.* 99: 1-46.
- STOKER, T. & DE SMIDT, J.T. (1985): Het effect van begrazing op de structuur en de soortensamenstelling van droge heidevegetaties. – The Utrecht Plant Ecology News Report 1: 65-70.
- SUPPAN, U., PRÜGGER, J. & MAYRHOFER, H. (2000): Catalogue of the lichenized and lichenicolous fungi of Slovenia. – *Biblioth. Lichenol.* 76: 1-215.
- SUZA, J. (1937): Les lichens remarquables de la région xérotrophe de la Tchécoslovaquie. – *Cas. nár. Muz. Praha* 111: 136-156.
- SWOFFORD, D.L. (2000): PAUP*: Phylogenetic Analysis Using Parsimony (*and other methods). Version 4. – Sinauer Associates. Sunderland.
- SZATALA, O. (1938): *Cladoniae novae e Hungaria*. – *Borbasia* 1: 5-6.
- TAMURA, K. & NEI, M. (1993): Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. – *Molec. Biol. Evol.* 10: 512-526.
- THOMSON, J.W. (1967): *The Lichen Genus Cladonia in North America*. – University of Toronto Press. Toronto. 172 S.
- TOBLER, F. (1929): Erfolg und Ziel der Flechtensymbiose. – *Scientia halensis* 46(23): 237-244.
- TOBLER, F. & MATTICK, F. (1938): Die Flechtenbestände der Heiden und der Reetdächer Nordwestdeutschlands. – *Biblioth. Botanica* 117: 1-71.
- TOEPFER, A. (1971): Die Birkenplage und ihre Bekämpfung. – *Naturschutz und Naturparke* 61: 56-57.
- TSCHERMAK-WOESS, E. (1980): *Asterochloris phycobionta*, gen. et spec. nov., der Phycobiont der Flechte *Varicellaria carneonivea* (Anzi) Erichs. – *Pl. Syst. Evol.* 135: 279-294.

- TSCHERMAK-WOESS, E. (1989): Developmental studies in trebouxioid algae and taxonomical consequences. – *Pl. Syst. Evol.* 164: 161-195.
- TUBA, Z., CSINTALAN, Z. & PROCTOR, M.C.F. (1996): Photosynthetic responses of a moss, *Tortula ruralis*, ssp. *ruralis*, and the lichens *Cladonia convoluta* and *C. furcata* to water deficit and short periods of desiccation, and their ecophysiological significance: a baseline study at present-day CO₂ concentration. – *New Phytol.* 133: 353-361.
- ULLRICH, J. (1954): Beobachtungen über die vegetative Verbreitung der Cladonien durch Thallusfragmente. – *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 67(10): 391-394.
- ULLRICH, J. (1956): Beobachtungen an Cladonien. 1. Partiell isolaterale Primarthalli der Cladonien. 2. Zur Artberechtigung von *Cladonia subrangiformis* Scriba. – *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 69(5): 239-244.
- VAGTS, I., KINDER, M. & MÜLLER, J. (1994): The effect of agrochemicals on the growth of *Cladonia furcata*. – *Lichenologist* 26(1): 73-82.
- VAGTS, I. & KINDER, M. (1999): The response of different *Cladonia* species after treatment with fertilizer or lime in heathland. – *Lichenologist* 31(1): 75-83.
- VERSEGHY, K. (1975): Talajlako xerofiton zuzmofajok okologiaja es elterjedese Magyarorszagon (II.) s nehany taxon revisioja. [Ecology and distribution of terricolous xerophytous lichen species in Hungary. II]. – *Studia Bot. Hung.* 10: 41-61.
- VERSEGHY, K. (1983): Phänologische Untersuchungen der Art *Cladonia furcata* (Hds.) Schrad. (Lichenes). – *Ann. Hist.-Nat. Mus. Natl. Hung.* 75: 55-60.
- VERSEGHY, K. (1987/88): Magyarorszagi zuzmoflora reviziojanak eredmenyei. Ergebnisse der Revision der Flechtenflora von Ungarn. – *Botanikai Kozlemenyek* 74-75: 31-46.
- VITIKAINEN, O. (1994): Taxonomic revision of *Peltigera* (lichenized Ascomycotina) in Europe. – *Acta Bot. Fenn.* 152: 1-96.
- VOBIS, G. (1980): Bau und Entwicklung der Flechten-Pycnidien und ihrer Conidien. – *Biblioth. Lichenol.* 14: 1-141 + Anhang.
- VON DER HEIDE, K. (1984): Kalkmagerrasen bei Witzenhausen. – Unveröff. Diplomarb. Univ. Göttingen. 91 S.
- WAGENITZ, G. (1996): Wörterbuch der Botanik: Morphologie, Anatomie, Taxonomie, Evolution; die Termini in ihrem historischen Zusammenhang. – Gustav Fischer. Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm. 532 S.
- WAINIO, E. (1897): *Monographia Cladoniarum universalis. Pars tertia.* – *Acta Soc. Fauna Fl. Fenn.* 14(1): 1-268. Reprint 1978. Koeltz. Königstein.
- WALKER, F.J. & JAMES, P.W. (1980): A revised guide to microchemical techniques for the identification of lichen products. – *Bull. Brit. Lichen Soc.* 46: 13-29.
- WEDIN, M., DÖRING, H. & EKMAN, S. (2000): Molecular phylogeny of the lichen families Cladoniaceae, Sphaerophoraceae and Stereocaulaceae (Lecanorales, Ascomycotina). – *Lichenologist* 32(2): 171-187.

- WHITE, T.J., BURNS, T., LEE, S. & TAYLOR, J. (1990): Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA gene for phylogenetics. – In: INNES, M.A., GELFAND, D.H., SNINSKY, J.J. & WHITE, T.J. (eds.): PCR protocols: a guide to methods and applications. Academic Press. San Diego: 315-322.
- WILKE, E. (1996): Entwicklung der Schäferei in Hessen und Aspekte der Beweidung. – Jahrb. Naturschutz Hessen 1: 86-89.
- WILMANN, O. (1959): Zur Kenntnis des *Toninia coeruleonigricantis* Reimers 1951 in Südwestdeutschland. – Bot. Jahrb. 78(4): 481-488.
- WILMANN, O. (1962): Rindenbewohnende Epiphytengemeinschaften in Südwestdeutschland. – Beitr. Naturk. Forsch. Südwestdeutschl. 21: 87-164.
- WILMANN, O. (1966): Kryptogamen-Gesellschaften oder Kryptogamen-Synusien? – In: TUEXEN, R. (ed.): Gesellschaftsmorphologie. Ber. Int. Symp. IVV Stolzenau: 1-7. Junk. The Hague.
- WILMANN, O. (1998): Ökologische Pflanzensoziologie. 6. Aufl. – Quelle & Meyer. Wiesbaden. 405 S.
- WIRTH, V. (1972): Die Silikatflechten-Gemeinschaften im außeralpinen Zentraleuropa. – Diss. Bot. 17:1-306.
- WIRTH, V. (1991): Zeigerwerte von Flechten. – In: ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W., PAULISSEN, D. (eds.): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobot. 18: 215-237.
- WIRTH, V. (1994): Checkliste der Flechten und flechtenbewohnenden Pilze Deutschlands – eine Arbeitshilfe. – Stuttgarter Beitr. Naturk., Serie A 517: 1-63.
- WIRTH, V. (1995): Die Flechten Baden-Württembergs, Teil 1 + 2, 2. Aufl. – Ulmer. Stuttgart (Hohenheim). 1006 S.
- WIRTH, V. (2002): Indikator Flechte: Naturschutz aus der Flechtenperspektive. – Stuttgarter Beitr. Naturk., Serie C – Wissen für alle, 50: 1-96.
- WIRTH, V. & DÜLL, R. (2000): Farbatlas Flechten und Moose. – Ulmer. Stuttgart (Hohenheim). 320 S.
- WIRTH, V., SCHÖLLER, H., SCHOLZ, P., ERNST, G., FEUERER, T., GNÜCHTEL, A., HAUCK, M., JACOBSEN, P., JOHN, V. & LITTERSKI, B. (1996): Rote Liste der Flechten (Lichenes) in der Bundesrepublik Deutschland. – Schriftenr. Vegetationsk. 28: 307-368.
- WISSKIRCHEN, R. & HAEUPLER, H. (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – Ulmer. Stuttgart (Hohenheim). 765 S.
- ZOLLER, S., LUTZONI, F. & SCHEIDEGGER, C. (1999): Genetic variation within and among populations of the threatened lichen *Lobaria pulmonaria* in Switzerland and implications for its conservation. – Molecular Ecology 8: 2049-2059.

M Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabellen:

Tab. 1: Merkmale der beiden Unterarten von <i>Cladonia furcata</i>	17
Tab. 2: Diagnostische Arten der Vegetationsklassen.....	27
Tab. 3: Syntaxonomische Übersicht der Gesellschaften innerhalb der Klasse Ceratodonto-Polytrichetea piliferi	28
Tab. 4: Übersichtstabelle Ceratodonto-Polytrichetea piliferi.....	29
Tab. 5: Stetigkeitstabelle <i>Baeomycion rosei</i>	31
Tab. 6: <i>Baeomycion rosei</i> (Anhang 3)	
Tab. 7: Stetigkeitstabelle <i>Cladonion arbusculae</i>	40
Tab. 8: <i>Cladonion arbusculae</i> (Anhang 3)	
Tab. 9: Stetigkeitstabelle <i>Cladonion rei</i>	50
Tab. 10: <i>Cladonion rei</i> (Anhang 3)	
Tab. 11: Ceratodonto-Polytrichetea piliferi: pH-Werte und elektrolytische Leitfähigkeiten der Böden.....	58
Tab. 12: Syntaxonomische Übersicht der Gesellschaften innerhalb der Klasse Toninio-Psoretea decipientis	60
Tab. 13: Autorenangaben zu Kennarten innerhalb der Klasse Toninio-Psoretea decipientis.	61
Tab. 14: Übersichtstabelle Toninio-Psoretea decipientis.....	61
Tab. 15: Toninion-Initialgesellschaft und Toninion-Fragmentgesellschaften und Dominanzbestände (Anhang 3)	
Tab. 16: Stetigkeitstabelle Toninio-Psoretum decipientis	66
Tab. 17: Toninio-Psoretum decipientis (Anhang 3)	
Tab. 18: Medianwerte von pH und elektrolytischer Leitfähigkeit in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein	75
Tab. 19: Toninio-Psoretea decipientis: pH-Werte und elektrolytische Leitfähigkeiten der Böden.....	76
Tab. 20: Stetigkeiten, Ausdehnung der Lager und Deckungsgrade von <i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>furcata</i>	77
Tab. 21: Stetigkeiten von <i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>furcata</i> : Vergleich der Daten aus Nordhessen und Nordwestdeutschland.....	78
Tab. 22: Stetigkeiten, Ausdehnung der Lager und Deckungsgrade von <i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>subrangiformis</i>	80

Tab. 23: Stetigkeiten von <i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>subrangiformis</i> : Vergleich der Daten aus Nordhessen und Nordwestdeutschland	80
Tab. 24: Stetigkeiten fruchtender Thalli und Gesamtstetigkeiten ausgewählter Arten	87
Tab. 25: Prozentualer Anteil der fruchtenden Thalli ausgewählter Arten.....	88
Tab. 26: Anteil fruchtender Thalli an den absoluten Stetigkeiten ausgewählter Arten	90
Tab. 27: Rote Liste-Arten der Flechten	91
Tab. 27: Bestandssituation der Erdflechtengesellschaften in Nordhessen	92
Tab. 29: Flechtensäuren der Unterarten und Chemosippen von <i>Cladonia pyxidata</i>	103
Tab. 30: Die Sekundärstoffe der untersuchten <i>Cladonia</i> -Arten.....	104
Tab. 31: Übersicht über die Varietäten und Formen von <i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>furcata</i>	119
Tab. 32: Übersicht über die Varietäten und Formen von <i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>subrangiformis</i>	121
Tab. 33: Anteile der 3 Kategorien mechanischer Störung an den Standorttypen.....	128
Tab. 34: Mittelwerte der Podetienmerkmale in den 3 Kategorien mechanischer Störung	128
Tab. 35: Häufigkeit geschlitzter bzw. offen-rinniger Podetien in Abhängigkeit von Standorttyp und mechanischer Störung	129
Tab. 36: Mittelwerte der Podetienmerkmale bei fertilen und sterilen bzw. bei pyknidientragenden und pyknidienlosen Podetien.....	129
Tab. 37: Mittelwerte der Podetienmerkmale unterschiedlich stark mit Fibrillen besetzter bzw. pigmentierter Podetien	130
Tab. 38: Mittelwerte der Podetienmerkmale von Podetien mit unterschiedlich ausgedehnter Algenschicht.....	131
Tab. 39: Häufigkeit geschlitzter bzw. offen-rinniger Podetien in Abhängigkeit von der Fruchtkörperbildung und der Podetienlänge	131
Tab. 40: Ergebnisse der Korrelationsanalyse nach Spearman.....	132
Tab. 41: Zusammenfassung der Bedeutung von Standortfaktoren und Entwicklungszustand auf die einzelnen Podetienmerkmale bei <i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>furcata</i>	137
Tab. 42: Daten zu den lichtmikroskopisch untersuchten Proben von <i>Cladonia furcata</i> und <i>Cl. gracilis</i>	140
Tab. 43: Maximaler prozentualer Anteil der einzelnen Schichten am Radius des Podetiums	142
Tab. 44: Klimadaten des Untersuchungszeitraumes, Klimastation Kassel	149
Tab. 45: Mittlere Zuwachsraten der Podetien	157
Tab. 46: Anteil sich neu verzweigender Podetienspitzen an den Standorten R1/R2 und R3 in Abhängigkeit von der Ausgangslänge der Zweige	158

Tab. 47: Anteil sich neu verzweigender Podetienspitzen an den Standorten R1/R2 und R3 in Abhängigkeit vom Auspendungszeitraum	158
Tab. 48: Mittlerer Zuwachs sich verzweigender sowie unverzweigt bleibender Podetienspitzen.....	159
Tab. 49: Vergleich der Zuwachsraten von randlich stehenden Podetien und solchen aus der Polstermitte	160
Tab. 50: Jahreszuwachs in Abhängigkeit von der Zweiglänge bei Versuchsbeginn	160
Tab. 51: Bezeichnung, Herkunft und Charakterisierung der Proben für die rDNA-Sequenzierung	163
Tab. 52: Vegetationseinheiten, denen die Proben für die rDNA-Sequenzierung entnommen wurden	164
Tab. 53: Vergleichssequenzen aus GenBank.....	166
Tab. 54: Distanztabelle der Mycobionten von <i>Cladonia furcata</i>	170
Tab. 55: Distanztabelle zum Vergleich von <i>Cladonia furcata</i> und <i>Cl. gracilis</i>	173
Tab. 56: Distanztabelle der Photobionten	175
Tab. 57: Fundortverzeichnis	219
Tab. 58: Abkürzungen der Ausgangsgesteine.....	221
Tab. 59: Stetigkeiten fruchtender Thalli und Gesamtstetigkeiten.....	225
Tab. 60: Prozentualer Anteil der fruchtenden Thalli	226
Tab. 61: Mittlere maximale Podetienlänge	227
Tab. 62: Mittlerer maximaler Podetiendurchmesser.....	227
Tab. 63: Mittlere Anzahl Verzweigungen.....	227
Tab. 64: Mittlere Anzahl Zweige am Podetienende.....	228
Tab. 65: Mittlere maximale Anzahl Schuppen an den Podetien.....	228
Tab. 66: Mittlere maximale Größe der Schuppen an den Podetien	228
Tab. 67: Mittlere maximale Anzahl Apothecien.....	228
Tab. 68: Mittlere maximale Größe der Apothecien	228
Tab. 69: Mittlerer Anteil pyknidientragender Podetien	229
Tab. 70: Mittlerer Anteil mit zahlreichen Fibrillen besetzter Podetien.....	229
Tab. 71: Mittlerer Anteil stark pigmentierter Podetien.....	229
Tab. 72: Mittlerer Anteil Podetien mit mehr als 75 % deckender Algenschicht	229
Tab. 73: Wertetabelle für fruchtende bzw. sterile Podetien.....	230
Tab. 74: Wertetabelle für Podetien mit bzw. ohne Pyknidien	230

Tab. 75: Wertetabelle für Podetien ohne, mit wenigen bzw. mit zahlreichen Fibrillen	231
Tab. 76: Wertetabelle für nicht, wenig und stark pigmentierte Podetien	231
Tab. 77: Wertetabelle für Podetien mit unterschiedlicher Ausdehnung der Algenschicht.....	232

Abbildungen:

Abb. 1: Schematische Darstellung der Gliederung der Arbeit	4
Abb. 2: Lage des Untersuchungsgebietes.....	10
Abb. 3: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes mit den bearbeiteten Landkreisen.....	10
Abb. 4: Geologische Übersichtskarte von Nordhessen	10
Abb. 5: Klimadiagramme der Städte Eschwege und Kassel sowie des Kahlen Asten im Rothargebirge.....	15
Abb. 6: Mittlere Niederschlagshöhen im Regierungsbezirk Kassel (1931-1960).....	12
Abb. 7: Lage der Aufnahmegebiete.....	24
Abb. 8: Verbreitung des Dibaeetum baeomycetis im Untersuchungsgebiet	38
Abb. 9: Verbreitung des Lecideetum uliginosae im Untersuchungsgebiet	40
Abb. 10: Verbreitung des Pycnothelio-Cladonietum cervicornis und der Cladonia cervicornis-Baeomycion-FG im Untersuchungsgebiet	41
Abb. 11: Verbreitung der Cladonia bacillaris-Gesellschaft im Untersuchungsgebiet.....	46
Abb. 12: Verbreitung des Cladonietum mitis im Untersuchungsgebiet.....	48
Abb. 13: Verbreitung der Cladonia furcata- und der Cladonia gracilis-Cladonion arbusculae-FG im Untersuchungsgebiet	51
Abb. 14: Verbreitung des Cladonietum foliaceae im Untersuchungsgebiet.....	52
Abb. 15: Verbreitung der Cladonia floerkeana-Cladonion rei-FG im Untersuchungsgebiet.....	56
Abb. 16: Verbreitung des Cladonietum rei im Untersuchungsgebiet.....	57
Abb. 17: Verbreitung der Cladonia subulata-Cladonion rei-FG im Untersuchungsgebiet.....	59
Abb. 18: Ceratodonto-Polytrichetea: Medianwerte der pH-Werte.....	57
Abb. 19: Ceratodonto-Polytrichetea: Medianwerte der elektrolytischen Leitfähigkeit.....	57
Abb. 20: Transekt an einem Wegrand innerhalb der Eichenwälder am Roßkopf.....	59
Abb. 21: Verbreitung der Toninia sedifolia-Toninion-Initialgesellschaft im Untersuchungsgebiet.....	68
Abb. 22: Verbreitung des Toninio-Psoretum decipiens im Untersuchungsgebiet	73
Abb. 23: Verbreitung der Cladonia symphyrcarpa-Toninion-FG im Untersuchungsgebiet.....	75
Abb. 24: Verbreitung der Peltigera rufescens-Toninion-FG im Untersuchungsgebiet	77

Abb. 25: Lage der bearbeiteten Dominanzbestände im Untersuchungsgebiet.....	78
Abb. 26: Gesellschaftsdiversität im Untersuchungsgebiet.....	97
Abb. 27: Skizzen der untersuchten morphologischen Merkmale	107
Abb. 28: Herkunftsorte der morphologisch untersuchten <i>Cladonia furcata</i> -Proben.....	108
Abb. 29: Schema des Verpflanzungsversuches	112
Abb. 30: Mittelwerte und Standardabweichungen der Podetienmerkmale Podetienlänge, Podetiendurchmesser, Verzweigungen und Beschuppung	130
Abb. 31: Mittelwerte und Standardabweichungen der Podetienmerkmale Apothecien, Pyknidien, Fibrillen und Algenschicht	131
Abb. 32: Podetienquerschnitte	146
Abb. 33: Weitere lichtmikroskopische Schnitte durch Podetien, Phylloide und Grundschnitten.....	147
Abb. 34: Tagesverlauf der Lichtintensität an den Standorten R2 und R3.....	151
Abb. 35: Tagesverlauf der Lufttemperatur an den Standorten R2 und R3	153
Abb. 36: Tagesverlauf der Thallustemperatur an den Standorten R2 und R3	153
Abb. 37: Vergleich von Luft- und Thallustemperatur am Standort R3	153
Abb. 38: Tagesverlauf der relativen Luftfeuchte an den Standorten R2 und R3.....	154
Abb. 39: Tagesverlauf der Thallusfeuchtigkeit an den Standorten R2 und R3.....	156
Abb. 40: Tagesverlauf der Evaporation an den Standorten R2 und R3	155
Abb. 41: Evaporationssummen an den Standorten R2 und R3	155
Abb. 42: Tagesverlauf der Windmessungen an den Standorten R2 und R3	155
Abb. 43: ITS-Region mit Ansatzstellen der PCR-Primer	162
Abb. 44: rDNA-Stammbaum der Mycobionten von <i>Cladonia furcata</i>	168
Abb. 45: Zusammenfassung der Polymorphismen bei den Mycobionten von <i>Cladonia furcata</i>	173
Abb. 46: Zusammenfassung der Polymorphismen bei den Mycobionten von <i>Cladonia gracilis</i>	174
Abb. 47: rDNA-Stammbaum der Photobionten aus <i>Cladonia furcata</i> und <i>Cl. gracilis</i>	173
Abb. 48: Zusammenfassung der Polymorphismen bei den Photobionten	178
Abb. 49: Kombinationen der Bionten innerhalb der Arten <i>Cladonia furcata</i> und <i>Cl. gracilis</i>	176

Bildtafeln:

Taf. 1: Erdflechtengesellschaften	233
Taf. 2: <i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>furcata</i>	237
Taf. 3: <i>Cladonia gracilis</i> , <i>Cl. crispata</i> , <i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>furcata</i>	239
Taf. 4: <i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>subrangiformis</i>	240
Taf. 5: Verpflanzungsversuch	241

N Anhang 1: Abkürzungen, Arten- und Belegliste, Tabellen

a) Abkürzungen der Fundorte

Tab. 57: Fundortverzeichnis

Kürzel	Fundort	Beschreibung	Geologie	Höhe ü. NN [m]	MTB/Q	NSG
AS	Alte Stadt, Frankershausen	Wegböschung mit Kalkmagerrasenfragmenten	zg + zd	265	4725/3	
BA	Bilstein bei Albungen	Felswand	d	240	4725/4	x
BB	Burghasunger Berg	Felsköpfe, -kuppen	b	480	4621/4	x
BD	Battenfelder Driescher	Zwergstrauchheide	ts	380	4917/4	x
BK	Blaue Kuppe, Eschwege	Ehem. Steinbruch mit Magerrasen, Rand eines Trampelpfads	b	320	4826/1	x
BP	Blockhalde bei Petersruh, Meißner	Blockhalde umgeben von Wald	b	642	4725/3	x
BT	Breites Tal, Kaufunger Wald	Schneise im Luzulo-Fagetum	sm	420	4724/1	
BÜ	Bühlchen bei Weißenbach	Kalkmagerrasen	mu	515	4725/3	x
CM	Carlsstollen, Meißner	Erdanrisse an einer Wegböschung	sm	591-595	4725/3	
DB	Dörnberggebiet (incl. Helfensteine)	Kuppen im Segelflugplatz mit Felsfluren und Mesobromion-Ges.	b	452-475	4622/1	
DH	Dolomittfelsen bei Hergershausen	Felsen, umgeben und z.T. bewachsen mit Kalkmagerrasen	zd	240	4924/1	
DÖ	Dörnberg	Kalkmagerrasen	mu	403	4621/2	x
DP	Diemeltal, Papenbreite bei Sielen	Kalkmagerrasen, Wegrand	mu	220	4422/1	
DS	Diemeltal, Sommerberg bei Sielen	Kalkmagerrasen, Pfade und Wegränder	mu	200	4422/1	
DT	Dohlsbachtal	Traubeneichenwald	gw	310-330	4725/4	
EI	Eisenberg bei Walburg	Kalkmagerrasen	mo	420	4724/4	x
EW	Ettelsberg bei Willingen	Zwergstrauchheide, Wegränder	ts	740-780	4717/2	
FT	Fahrenbachtal	altes Stallgebäude	-	180	4625/3	
GB	Böddiger Dorfberg bei Gudensberg	Basaltfelsen im Ort	b	180	4822/1	
GH	Grenzstreifen bei der Burg Hanstein	Wegränder in degenerierender Zwergstrauchheide	sm	390-400	4625/4	
GM	Gudensberger Basaltkuppen, Maderstein	Kuppe mit Berg-Lauch-Felsgesellschaften	b	263	4822/1	
GO	Gottesberg bei Hundelshausen	Felskuppe, ~0,5 km östl. Hundelshausen	zd	280	4725/1	
GS	Scharfenstein bei Gudensberg	Felskuppe mit Felsfluren	b	~270	4822/1	
HE	Heiligenberg	Kalkmagerrasen und Felsflur am Sendemast	mo	570-580	4725/3	z.T.
HG	Heinebach	aufgelassener Steinbruch, z.T. Kalkmagerrasenfragmente	zg	180-210	4923/2	
HH	Heide „Steinbülz“ bei Hombressen	Erdanrisse in Zwergstrauchheide	sm	200	4422/4	
HK	zwischen Hie- und Kripplöchern	Kalkmagerrasenfragmente am Wegrand	zd	280	4725/2	
HL	Hielöcher Frankershausen	Kalkmagerrasen, Pfade	zd + zg	280-317	4725/3	x
HO	Hohekopf bei Epterode	Kalkmagerrasen und Wegränder an der Grenze zum NSG	mu	485	4724/4	z.T.
HS	Hang oberhalb Seulenbach	Traubeneichenwald	gw	280	4725/1	
IG	Iberg bei der Grube Gustav	Felskopf und Trampelpfad in Kalkmagerrasen	zd	245	4725/4	
JW	Jestädter Weinberg	Kalkmagerrasen, Felskopf	zg	180	4725/4	x
KA	Krösselberg bei Abterode	Kalkmagerrasen	zd + zg	260	4725/4	

Forts. Tab. 57: Fundortverzeichnis

Kürzel	Fundort	Beschreibung	Geologie	Höhe ü. NN [m]	MTB/Q	NSG
KB	Klepperberg, Flachsachtal	schmaler Bergrücken mit krüppelwüchsigen Eichen und Buchen	gw	260	4625/3	
KL	Kriplöcher Frankershausen	Kalkmagerrasen, Pfade	zd	324-329	4725/2	
KM	Kitzkammer, Meißner	Basaltschuttfläche	b	620	4725/3	
KN	Straße zw. Kleinalmerode und Nieste	moosbewachsene Straßenböschung	su	365	4624/4	
KP	Kahle Pön	Zwergstrauchheide, mit vor ~ 26 J. abgeplagter Fläche	ts	750	4718/1	x
KR	Kalkmagerrasen bei Roßbach	Schafweide, Erdanriss an einem Trampelpfad	zd	280	4624/4	x
ME	Mühlecke, Edersee	Traubeneichenwald, z.T. Wegböschungen und Schutthalden	ts + gw	330-380	4820/1	
MI	Michelskopf, Edersee	Schutthalde und Felsen unterhalb eines Traubeneichenwaldes	ts	280-285	4820/1	
MK	Meißner, Kalbe	Schutthalde von ehem. Braunkohlegrube und Blockhalde	b	705-710	4725/3	z.T.
MM	Meißner bei Meißnerhaus	Blockhalde	b	610	4725/3	x
NT	Niestetal, Kaufunger Wald	Waldrand, Fichtenforst und Wegböschungen	sm	377-520	4724/1	
OL	Oberlemp, Lempetal	kleine Zwergstrauchheide im Wald und aufgelassener Steinbruch	ts	300	5316/4	
OU	Osterkopf bei Usseln	Zwergstrauchheide, Felsköpfe und abgeplagte Flächen	ts	690-709	4718/1	x
OW	Orenberg bei Willingen	kleine Zwergstrauchheide, Erdanrisse an Pfaden	ts	655-660	4717/2	
PT	Festberg bei Philippenthal	Kalkmagerrasen	mu	330	4621/3	x
RK	Roßkopf, Riedbachtal	Traubeneichenwald	gw	335-360	4725/1	
RO	Rohrberg bei Reichenbach	verbrachter Kalkmagerrasen	mu	460	4824/2	
SA	Steinbruch bei der Kirchenruine Abterode	Kalkmagerrasen	zd	260	4725/4	
SB	Schmachteberg	kleine Schutthalde im Wald	gw	~270	4625/3	
SC	Steinbruch Carmshausen	aufgelassener Steinbruch	gw	200	4625/3	
SE	Sengelharth	Traubeneichenwald	gw	300	4725/1	
SF	Schenklengsfeld bei Bad Hersfeld	Kalkmagerrasen	mu	300-380	5125/3	
SG	Schäferburg, Graburg	Felsen/Felsspalten	mu	~480	4826/4	
SI	Steinküppel bei Iba	ehem. Steinbruch, Kalkmagerrasen, Felsköpfe und Wegränder	zd	355	5025/1	x
SK	Steinbruch Kupferbachtal	aufgelassener Steinbruch, ~ 0,75 km oberhalb der Grube Gustav	zd	230	4725/4	
SN	Schnellerskopf, Riedbachtal	Traubeneichenwald	gw	~250	4725/1	
SR	Steinröllchen, Oberhone	aufgelassener Steinbruch	zg	200	4826/1	
SS	Steinbruch Schafhof	Oberkante eines aufgelassenen Steinbruchs	gw	240	4725/4	
ST	Schweinsbachtal, Eltmannshausen	aufgelassener Steinbruch	zd	200	4825/2	
SZ	Gr. Schreckenbergr bei Zierenberg	Blockhalde und angrenzende Flächen	b	415	4621/2	
TE	Termenei bei Wilhelmshausen	Zwergstrauchheide mit feuchten Senken und ehem. Sportplatz	sm	260	4523/3	x
WB	Wenkeberg bei Frankershausen	Kalkmagerrasen, Gipsfelsen	zg	280	4725/3	
WH	Hügel zwischen Wenkeberg und Hielöcher	Kalkmagerrasen	zg	270	4725/3	
WN	Wachholderheide bei Niederlemp	Zwergstrauchheide	ts	300	5316/1+2	x
WZ	Warmberg bei Zwergen	Kalkmagerrasen, unter einer Kiefer	mu	210	4521/2	x
ZG	Ehemalige Zeche Glimmerode	Seeufer, Erdanrisse, z.T. mit Pioniervegetation	st, tt, bt	410-425	4824/1	

b) Abkürzungen zur Geologie

Tab. 58: Abkürzungen der Ausgangsgesteine

b	Basalt	su	Unterer Buntsandstein
bt	tertiäre Braunkohle	sug	Gips, Unterer Buntsandstein
st	tertiäre Sande	zd	Zechstein-Dolomit
tt	tertiärer Ton	zg	Zechstein-Gips
mo	Oberer Muschelkalk	gw	Grauwacke (Karbon)
mm	Mittlerer Muschelkalk	ts	Tonschiefer (Devon, Karbon)
mu	Unterer Muschelkalk	d	Diabas (Devon)
so	Oberer Buntsandstein	dp	Dachpappe
sm	Mittlerer Buntsandstein		

c) Gesamtartenliste der Flechten

In der folgenden Artenliste sind alle Erdflechtenfunde der Jahre 1999 bis 2003 aufgeführt. Alle mit einem * gekennzeichneten Arten wurden nicht in den Vegetationsaufnahmen erfaßt. Ein * hinter den Fundortangaben bedeutet, daß die betreffende Art an diesem Fundort nicht in einer der Aufnahmeflächen zu finden war. Die Nomenklatur richtet sich nach SCHOLZ (2000) und WIRTH (1995)

Artname	Fundorte (s. Tab. 57)
<i>Arthrorhaphis citrinella</i>	OW
<i>Bacidia bagliettoana</i>	BÜ; AS*
<i>Baeomyces rufus</i>	RK; KB; MK; ZG; SC*; SE*; HS*; DT*; MI*; ME*; DB; CM; BD; OU; KP; OW
<i>Buellia epigaea</i>	KR
<i>Cetraria aculeata</i>	SC; IG; HE; MI; DÖ; KL*; DB; BD; DS; BB; PT; OU
<i>Cetraria islandica</i>	BD; OU; EW
<i>Cetraria muricata</i>	MK*
<i>Cladonia arbuscula</i>	MI; MK; BD; ME; BB
<i>Cladonia arbuscula</i> ssp. <i>mitis</i>	BD
<i>Cladonia arbuscula</i> ssp. <i>squarrosa</i>	MK; BB; ME; MI; OW*
<i>Cladonia</i> cf. <i>caespiticia</i>	SZ*; CM; GH
<i>Cladonia cervicornis</i> ssp. <i>cervicornis</i>	KB; DT; SE*; DB*
<i>Cladonia cervicornis</i>	RK; KB; DB; ME; MI; BB
<i>Cladonia cervicornis</i> ssp. <i>verticillata</i>	RK; SE; HS*; DT*; BD
<i>Cladonia ciliata</i>	GO; DT*; BD; MK; ME; KP*; EW*; OU
<i>Cladonia coccifera</i>	RK; HS; SE; KB; TE; BP; DB; MK; BA; BD; ME; MI; BB; KP; OU
<i>Cladonia coccifera/deformis</i> s.l.	DB; HS; SE; ME; OU
<i>Cladonia coniocraea</i>	RK; SS; ZG; HS*; SE*; SN*; BK*; NT; BT
<i>Cladonia</i> cf. <i>cornuta</i>	ZG; OW; KP
<i>Cladonia crispata</i>	RK; HS*; BD*; OU
<i>Cladonia digitata</i>	RK*; SE*; CM
<i>Cladonia fimbriata</i>	FT; GH; TE; ZG; SC*; KM*; BT; CM; NT; HG*; DB; GB*; MK*; BD; EW*; KP
<i>Cladonia foliacea</i>	GM; DB; BA; BD*
<i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>furcata</i>	RK; SC; KB; DT; HE; ZG; HS*; SE*; SB*; ME; MI; GM; DB; NT; MK; BD; SZ; DH*; BB; HH; KP; EW; OU; BA; TE; GB*
<i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>subrangiformis</i>	KA; IG; WB; WH; HO; SR; HE; BÜ; DÖ; KL; BK; HL; HK; SI; DH; DS; DP; EI; RO*; WZ; PT
<i>Cladonia glauca</i>	RK; HS; HH; SE*; ME*; NT; DB; BP; SZ; BD; BA; BB; MI
<i>Cladonia gracilis</i>	RK; KB; BB; SC*; ME; MI; DB; MK; BD; OU
<i>Cladonia humilis</i>	SS; ZG; BK*; GH; NT*; BD*
<i>Cladonia macilenta</i> ssp. <i>floerkeana</i>	RK; HS; SE; KB; GH; TE; HH; ZG; ME; DT*; DB; NT; KM; BD; MK; MI; BB; OU; KP; OW
<i>Cladonia macilenta</i> ssp. <i>macilenta</i>	HS; KB; GH; SS; TE; HH; ZG; SE*; BT; NT; MK; BD; ME; MI; BA; EW*; KP; OW
<i>Cladonia phyllophora</i>	ME; DB; BD*; MI; BB; MK
<i>Cladonia pleurota</i>	HH
<i>Cladonia polydactyla</i>	NT
<i>Cladonia portentosa</i>	RK; HH; SE*; DT*; MI*; KL*; MK; BD; ME; EW*

Artname	Fundorte
<i>Cladonia pyxidata</i> ssp. <i>chlorophaea</i>	FT; GH; IG; SS; TE; MK; ZG; SZ; GM; DB*; KM*; CM; BK*; BP; GB*; BD; MK; NT; BA; KP; OW; OU; BB; BA; MI
<i>Cladonia pyxidata</i> ssp. <i>grayi</i> :	
<i>Cladonia cryptochlorophaea</i>	RK; HS; SE; DT; TE; HH; ZG; DB; KM; MI; BB
<i>Cladonia merochlorophaea</i>	RK; HS; KB; GH; SS; TE; HH; CM; BT; DB; KM; NT; BD; OU; KP; OW; BB; MI; ME
<i>Cladonia novochlorophaea</i>	RK; HH; BP; BD; MK; OU; KP; EW; ME
<i>Cladonia grayi</i> s.str.	HS; SS; HH; NT; DB; BD
<i>Cladonia pyxidata</i> ssp. <i>pocillum</i>	HE; SK; IG; WB; AS; SR; HK; HL; JW; BÜ; DÖ; KL; HG; SI; DH; DS; DP; HO*; PT; WZ*
<i>Cladonia pyxidata</i> ssp. <i>pyxidata</i>	ZG; BD; MK; KB; BA; ME
<i>Cladonia ramulosa</i>	HS; KB; GH; IG; HH; RK*; DT*; NT; MK*; ME; BA
<i>Cladonia rangiferina</i>	RK; KB; SE; SC*; DT*; MI*; MK; ME
<i>Cladonia rangiformis</i>	GO; HE; KA; SA; IG; WH; HL; MI; GM; BK; DB; BA; BD*; SI; DH; DS; DP; HO*; KL*; WZ*; PT*; ME; GB*
<i>Cladonia rei</i>	KB; ZG; NT; HG; GH; OW
<i>Cladonia scabriuscula</i>	ZG*; MI; KP
<i>Cladonia squamosa</i>	RK; HS; SC; KB; SS; GH; SE; MI; ME; DT*; SN*; CM; BP; MK
<i>Cladonia strepsilis</i>	BD
<i>Cladonia subulata</i>	HS; FT; KB; GH; SS; TE; HH; MK; ZG; NT; DB; CM; GM*; KM; BD; BP; ME; EW*; KP; OW; BA; KP; OU; OW
<i>Cladonia symphylicarpa</i>	HE; IG; WB; AS; KR; SR; HK; HL; JW; BÜ; DÖ; KL; SI; DS; DP; HO*; PT
<i>Cladonia uncialis</i>	RK; SC; HH; HS*; MI*; ME; MK; BD; OU
<i>Collema</i> cf. <i>auriforme</i>	AS
<i>Collema crispum</i>	BÜ; HL; KL
<i>Collema spec.</i>	HK; HL; BÜ; HG; ST; SK; AS; WB; SR; SG*; SI; DH; DS; DP; PT; WZ
<i>Collema tenax</i>	HO; BÜ; AS*; KL; HK; DH; DP; DS*
<i>Dibaeis baeomyces</i>	RK; SE; DT; MI*; HS*; BD; OU; KP; EW; OW
<i>Diploschistes muscorum</i>	DÖ; DH; DS; PT; außerdem: Kalkmagerrasen unterhalb der Mülldeponie Wellingerode (MTB/Q 4725/4)*
<i>Diploschistes scruposus</i>	MI*; DÖ
<i>Endocarpon pusillum</i>	WB; KR; SR; ST; JW; AS; KL*; HG; DH
<i>Fulgensia bracteata</i>	WB; AS; SR; HL; JW; KL; HG; DH; SI*
<i>Fulgensia fulgens</i>	KL*; HL; HG; WB*; SI; DH; DS; DP; PT
<i>Hypogymnia physodes</i> *	RK*; SE*; DT*; BD*
<i>Lecanora dispersa</i> s.l.*	KL*
<i>Lepraria</i> cf. <i>nivalis</i>	AS*
<i>Lepraria incana</i>	BK*; SZ
<i>Lepraria</i> indet. Inhaltsstoffe	GM; DB
<i>Lepraria lobificans</i>	DT; CM; HL*; BK*; DB
<i>Lepraria</i> cf. <i>rigidula</i>	CM; KM; NT*; MI
<i>Leptogium</i> cf. <i>lichenoides</i>	HE; SK; WB; KR; HK; HL; JW; BÜ; DP; PT; SI*
<i>Leptogium</i> cf. <i>schraderi</i>	HL; KL; HE; PT
<i>Leptogium lichenoides</i>	BÜ; KL; HL*; HO; DP
<i>Leptogium spec.</i>	SG*; DH; DS; DP
<i>Micarea leprosula</i>	BP*; MK
<i>Micarea lignaria</i>	MK*
<i>Micarea peliocarpa</i>	ZG
<i>Mycobilimbia sabuletorum</i>	SK; KL*; HG
<i>Neofuscelia verruculifera</i>	GM
<i>Peltigera didactyla</i>	ZG; BK; BA*; BD; GM*
<i>Peltigera rufescens</i>	HE; SK; KA; WB; AS; HO; SR; HK; HL; BÜ; JW; KL; BK*; HG; SI; DH; DS; DP; EI*; PT
<i>Physconia grisea</i> *	KL*
<i>Placidium pilosellum</i>	WB; HL
<i>Placidium spec.</i>	KR; SR; ST; HL; SG*; DH; DP; DS
<i>Placidium squamulosum</i>	KL; DÖ; AS*; SR; KR; BÜ; HL; HK; DH; DP; DS; SI; PT; SG*
<i>Placynthiella icmalea</i>	RK; HS; KB; HH; ZG; GH; KM; CM; DB; NT; MI; ME; BB; OU; KP; OW*; BA
<i>Placynthiella oligotropa</i>	KB; HH; GH; DB; NT; ME; OU*; KP
<i>Placynthiella uliginosa</i>	CM; NT; KP
<i>Pseudevernia furfuracea</i> *	ME*
<i>Psilolechia lucida</i>	RK*; DB
<i>Psora decipiens</i>	WB; AS; KR; SR; HK; HL; KL; DH; DS; DP; PT
<i>Pycnothelia papillaria</i>	RK; SE*; MI*
<i>Sarcosagium campestre</i>	HG; SR

Artname	Fundorte
<i>Solorina saccata*</i>	WB; KL
<i>Squamarina cartilaginea</i>	WB; AS; SR; HL; KL; DH; DP
<i>Squamarina lentigera</i>	DH
<i>Toninia sedifolia</i>	HE; SK; WB; AS; KR; SR; ST; HK; JW; BÜ; DÖ; KL; HG; HL; SG*; SI; DH; DS; PT
<i>Trapeliopsis flexuosa</i>	HS*; SE*; RK*
<i>Trapeliopsis gelatinosa</i>	HS*; RK*; CM
<i>Trapeliopsis granulosa</i>	RK; HS; KB; GH; SE*; DB; KM; BD; ME; MI; BB; EW*; KP; OU; OW*
<i>Trapeliopsis pseudogranulosa</i>	RK; HS; SE*; KB*; DT*; DB; SZ; ME*

Eine Flechten-Artenliste der Wachholderheide bei Niederlemp findet sich in den Aktuellen Lichenologischen Mitteilungen NF 6 (ANONYMUS 2001).

d) Belegliste

Die nachfolgend aufgeführten Belege wurden im Herbar Göttingen (GOET) bzw. im Herbar der Verfasserin (Günzl) hinterlegt. Darüber hinaus befinden sich im Herbar der Verfasserin einige weitere, meist für die Dünnschichtchromatographie verwendete Flechten-Proben. Da diese Proben jedoch nur aus Thallusbruchstücken, einzelnen Bechern oder Bruchstücken derselben bestehen, werden sie hier nicht explizit aufgelistet.

- Arthrorhaphis citrinella*: OW, 03.09.02 (GOET/Günzl)
Bacidia bagliettoana: AS, 15.06.00 (Günzl)
Baeomyces rufus: ZG, 06.04.99 (GOET/Günzl); RK, 19.05.99 (Günzl)
Cetraria aculeata: MI, 24.06.02 (GOET); IG, 04.08.99 (GOET)
Cladonia arbuscula ssp. *mitis*: BD, 08.04.02 (GOET)
Cladonia arbuscula ssp. *squarrosa*: ME, 24.06.02 (GOET)
Cladonia caespiticia: SZ, 27.04.00 (Günzl); CM, 28.04.00 (Günzl)
Cladonia cervicornis ssp. *verticillata*: HS, 20.05.99 (GOET)
Cladonia ciliata: EW, 03.09.02 (GOET); ME, 24.06.02 (Günzl)
Cladonia crispata: RK, 26.06.98 (Günzl); HS, 1998 (Günzl)
Cladonia fimbriata: ZG, 06.09.99 (Günzl); FT, 13.08.99 (Günzl); RK, 19.05.99 (GOET)
Cladonia furcata ssp. *furcata* (für die morphologischen Untersuchungen (s. Kap. G) verwendete Thalli. In Klammern die Anzahl der Proben, sofern bei ausgedehnten Vorkommen mehrere Proben in einem Gebiet genommen wurden): Felsstandorte: MI (2+8), 07.03.1999+24.06.02; GM, 09.05.00; GS, 07.03.99; DB (4), 15.05.00; BA, 13.03.01; BB (5), 20.08.02; SC, 31.08.98; Heiden der Tieflagen: OW, 02.09.02; WN (3), 07.04.01; BD (2), 08.04.01; Waldränder: RK, 24.06.98+01.05.99; HS, 19.06.98; ZG (3+1), 06.09.99+07.09.99; OL (3), 07.04.01; TE, 14.06.98; KB, 21.07.99; KM, 28.04.00; Berglagen: EW (2), 03.09.02; KP (3), 02.09.02; MK (2), 21.11.00; OU, 02.09.02+03.09.02; Waldstandorte: ME (8), 24.06.02; RK (3), 26.06.98; DT, 22.07.99, 18.08.98; SB 1998; (alle Günzl)
Cladonia furcata ssp. *subrangiformis*: SF, 02.07.01 (leg. C. Becker; Günzl)
Cladonia glauca: RK, 19.05.99 (Günzl); NT, 30.09.00 (GOET/Günzl); MI, 24.06.02 (Günzl)
Cladonia gracilis: DB, 15.05.00 (Günzl)
Cladonia humilis: OL, 07.04.01 (Günzl); ZG, 06.09.99 (Günzl); GH, 21.03.00 (GOET)
Cladonia macilenta ssp. *macilenta*: HS, 20.05.99 (Chemotyp 1; Günzl); HH, 17.08.99 (Günzl)
Cladonia phyllophora: ME, 24.06.02 (Günzl)
Cladonia portentosa: EW, 03.09.02 (GOET)
Cladonia pyxidata ssp. *chlorophaea*: NT, 30.09.00 (GOET); GH, 21.03.00 (GOET)
Cladonia pyxidata ssp. *grayi*:
Cladonia cryptochlorophaea: TE, 17.08.99 (GOET)
Cladonia grayi s.str.: HS, 20.05.99 (GOET); NT, 30.09.00 (GOET)
Cladonia merochlorophaea: NT, 30.09.00 (GOET); BT, 18.05.00 (GOET)
Cladonia novochlorophaea: MK, 21.11.00 (GOET); BP, 28.04.00 (GOET)
Cladonia pyxidata ssp. *pocillum*: IG, 04.08.99 (GOET)
Cladonia pyxidata ssp. *pyxidata*: BD, 02.07.01 (GOET)
Cladonia ramulosa: KB, 21.07.99 (Günzl); OL, 07.04.01 (Günzl)
Cladonia rangiformis: IG, 04.08.99 (GOET); HK, 06.08.99 (GOET)
Cladonia rei: HG, 14.09.00 (Günzl); NT, 30.09.00 (GOET)

- Cladonia scabriuscula*: ZG, 06.09.99 (Günzl)
Cladonia subulata: FT, 13.08.99 (Günzl); GH, 21.07.99 (Günzl); MK, 01.09.99 (Günzl); HS, 01.05.99 (GOET)
Cladonia symphycarpa: IG, 04.08.99 (GOET)
Collema tenax: HK, 02.09.99 (Günzl); AS, 15.06.00 (Günzl); DH, 25.07.01 (Günzl); DS, 01.08.01 (GOET)
Dibaeis baeomyces: RK, 19.05.99 (GOET); DT, 22.07.99 (Günzl)
Diploschistes muscorum: Kalkmagerrasen unterhalb Mülldeponie Wellingerode (MTB/Q 4725/4) 24.08.99 (Günzl)
Endocarpon pusillum: WB, 06.08.99 (Günzl); GH, 14.09.00 (GOET)
Lepraria cf. nivalis: AS, 15.06.00 (Günzl)
Lepraria incana: SZ, 27.04.00 (Günzl)
Lepraria lobificans: DB, 26.04.00 (Günzl)
Lepraria rigidula: CM, 02.06.00 (GOET/Günzl); NT, 30.09.00 (Günzl); KM, 28.04.00 (Günzl)
Leptogium cf. schraderi: KR, 13.08.99 (Günzl)
Leptogium cf. lichenoides: HK, 02.09.99 (Günzl)
Micarea leprosula: MK, 21.11.00 (Günzl)
Micarea lignaria: MK, 21.11.00 (Günzl)
Mycobilimbia sabuletorum: HG, 14.09.00 (Günzl)
Neofuscelia verruculifera: GM, 09.05.00 (Günzl)
Peltigera didactyla: ZG, 03.09.99 (Günzl)
Peltigera rufescens: HE, 28.07.99 (Günzl); SR, 23.08.99 (Günzl); SK, 02.08.99 (GOET)
Placidium pilosellum: HL, 20.09.99 (GOET/Günzl); WB, 06.08.99 (Günzl)
Placidium squamulosum: AS, 15.06.00 (Günzl); DP, 01.08.01 (Günzl); SG, Feb.01 (Günzl)
Placynthiella icmalea: GH, 21.03.00 (Günzl); CM, 02.06.00 (Günzl); KP, 02.09.02 (GOET); OU, 02.09.02 (GOET)
Placynthiella oligotropha: NT, 30.09.00 (GOET); HH, 17.08.99 (GOET); GH, 21.03.00 (Günzl);
DB, 15.05.00 (Günzl)
Placynthiella uliginosa: CM, 28.04.00 (Günzl)
Sarcosagium campestre: SR, 23.08.99 (GOET)
Squamarina cartilaginea: AS, 06.08.99 (GOET)
Toninia sedifolia: HK, 02.09.99 (GOET/Günzl); AS, 06.08.99 (Günzl)
Trapeliopsis flexuosa: NT, 14.09.00 (GOET/Günzl)
Trapeliopsis gelatinosa: CM, 02.07.01 (GOET)
Trapeliopsis granulosa: GH, 21.03.00 (Günzl); CM, 28.04.00 (GOET)
Trapeliopsis pseudogranulosa: OL, 07.04.01 (GOET); RK, 19.05.99 (Günzl); DB, 07.04.00 (Günzl)

f) Tabellen zur Fruchtkörperbildung

Tab. 59: Stetigkeiten fruchtender Thalli (obere Hälfte) und Gesamtstetigkeiten (untere Hälfte, s. Tab. 24)

	Pyc.-Cladonietium +	Cl. cerv.-FG	Dibaeetum, Cladonia-HF	Dibaeetum, Baeomyces-HF	Lecideetum uliginosae	Cl. bacillaris-Gesellschaft	Cladonietium mitis cladoniet.	C. mitis typicum, Typ. Var.	C. mitis typ., Cl. rang.-Var.	Cl. furcata- + Cl. gracilis-	Cladonion arbusculae-FG	Cladonietum foliaceae	Cl. floerkeana-Cladonion rei-FG	Cladonietum rei, Cl. floerk.-Var.	Cladonietum rei, Typ. Var.	Cl. subulata-Cladonion rei-FG	Toninia sedifolia-Initialges.	Toninio-Psoretum typicum	Toninio-Psoretum fulg., Squamarina-Subvar.	Toninio-Psoretum fulg., Ceph.-Subvariante	Toninio-Psoretum fulg., Artenarme Variante	Cladonia-Toninion-FG	Peltigera-Toninion-FG	Dominanzbestände		
Cl. cervicornis	2	III	.	.	0	I	.	+	0	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dibaeis baeomyces	.	III	II	0	.	0	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Baeomyces rufus	0	.	IV	I	0	0	.	.	.	.	.	.	0	I	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Placynthiella icmalea	0	.	.	0	0	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. gracilis	0	.	.	.	0	III	III	III	II	I	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. furcata ssp. furcata	0	0	.	.	0	+	0	III	II	I	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.
Cl. rangiformis	.	.	.	.	.	.	.	0	0	I	.	.	.	.	.	.	0	0	.	.	.	.	0	0	+
Cl. fimbriata	.	.	0	0	0	.	.	.	0	0	III	II	II	II	II	II	.	.	.	.	.	.	0	0	+
Cl. pyxidata ssp. chloroph.	0	.	+	I	.	0	0	.	+	I	.	.	I	IV	IV	II	.	.	.	.	.	.	0	.	0
Trapeliopsis granulosa	0	.	.	.	0	II	.	0	0	.	.	.	I	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. merochlorophaea	0	0	.	I	IV	II	0	+	0	.	.	II	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. macil. ssp. floerkeana	3	II	0	I	V	III	I	I	I	0	V	IV	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. macil. ssp. macilenta	0	.	.	II	IV	III	.	.	.	0	III	V	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. subulata	0	0	0	.	II	0	.	.	0	0	I	II	II	0	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. coccifera s.str.	1	II	.	.	II	III	.	+	II	I	.	.	II	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. cryptochlorophaea	0	I	0	II	I	0	.	.	.	.	.	.	I	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. glauca	0	.	.	.	0	0	.	0	0	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Fulgensia fulgens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV	I	I	III	.	.	.	.
Fulgensia bracteata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V	V	V	.	.	.	.
Cl. symphycarpa	0	0	0	+	0
Toninia sedifolia	2	II	II	0	II	II
Psora decipiens	III	III	I	.	I
Placidium squamulosum	II	II	II	.	I
Peltigera rufescens	0	0	0	0	0	0	0	.	.
Cl. pyxidata ssp. pocillum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	+	0	0	+	I	0	.
Cl. furcata ssp. subrangif.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0	0	.	0	0	0	.
Cl. cervicornis	4	V	.	.	I	II	.	+	+	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dibaeis baeomyces	.	V	V	I	.	+	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Baeomyces rufus	3	.	V	III	+	+	.	.	.	.	+	II	.	II	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Placynthiella icmalea	2	.	.	III	II	II	I	+	+	I	I	II	I	I	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. gracilis	1	.	.	.	+	IV	IV	IV	II	I	.	I	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. furcata ssp. furcata	2	II	.	.	I	II	I	IV	V	IV	.	IV	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Cl. rangiformis	.	.	.	.	.	.	.	I	+	V	.	.	.	.	.	.	.	II	I	.	.	.	II	III	III
Cl. fimbriata	.	.	+	I	+	.	.	.	I	I	V	II	II	IV	.	IV	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Cl. pyxidata ssp. chloroph.	1	.	I	II	.	I	I	.	II	II	.	IV	II	V	V	IV	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trapeliopsis granulosa	3	.	.	.	II	III	.	+	II	.	.	IV	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. merochlorophaea	1	I	.	II	V	IV	II	II	II	.	IV	IV	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. macil. ssp. floerkeana	4	II	II	I	V	IV	II	II	I	I	V	IV	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. macil. ssp. macilenta	1	.	.	II	V	III	.	.	.	I	III	V	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. subulata	1	I	I	.	IV	II	.	.	I	I	IV	V	I	V	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. coccifera s.str.	4	II	.	.	II	IV	.	I	II	II	.	II	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. cryptochlorophaea	1	II	+	II	II	I	.	.	.	.	.	.	I	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. glauca	1	.	.	.	II	III	.	I	II	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Fulgensia fulgens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V	I	I	III	.	.	.	.
Fulgensia bracteata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V	V	V	.	.	.	.
Cl. symphycarpa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III	IV	IV	.	.	V	I	.
Toninia sedifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	IV	III	III	II	IV	.	.	.
Psora decipiens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III	IV	V	.	II	.	.	.
Placidium squamulosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V	III	V	.	II	.	.	.
Peltigera rufescens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V	V	I	I	IV	V	.	.
Cl. pyxidata ssp. pocillum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III	IV	V	III	IV	II	+	.
Cl. furcata ssp. subrangif.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III	I	I	.	IV	III	III	.

Tab. 60: Prozentualer Anteil der fruchtenden Thalli (s. Tab. 25)

	Gesamtzahl fruchtender Thalli = 100 %																						
	Pycnothelio-Cladonietum + Cl. cervicornis-FG	Dibaectum, Cladonia-Höhenform	Dibaectum, Baeomyces-Höhenform	Lecideetum uliginosae	Cladonia bacillaris-Gesellschaft	Cladonietum mitis cladonietosum merochl.	Cladonietum mitis typicum, Typ. Variante	Cladonietum mitis typicum, Cl. rang.-Variante	Cladonia furcata- + Cl. gracilis-Cladonion-FG	Cladonietum foliaceae	Cladonia floerkeana-Cladonion rei-FG	Cladonietum rei, Cl. floerkeana-Variante	Cladonietum rei, Typische Variante	Cladonia subulata-Cladonion rei-FG	Toninia sedifolia-Initialgesellschaft	Toninio-Psoretum typicum	Toninio-Psoretum fulg., Squamarina-Subvar.	Toninio-Psoretum fulg., Ceph.-Subvariante	Toninio-Psoretum fulg., Artenarme Variante	Cladonia symphycarpa-Toninion-FG	Peltigera rufescens-Toninion-FG	Dominanzbestände	
Cl. cervicornis	9	22	33	.	0	22	.	11	0	.	.	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dibaeis baeomyces	7	.	43	57	0	.	0	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Baeomyces rufus	13	0	.	69	8	0	0	.	.	.	0	8	.	15	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Placynthiella icmalea	2	0	.	.	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. gracilis	18	0	.	.	.	0	33	17	28	17	6	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. furcata ssp. furcata	13	0	0	.	.	0	8	0	46	38	8	.	0	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.
Cl. rangiformis	2	.	.	.	.	.	.	0	0	50	.	.	.	.	.	0	0	.	.	0	0	50	.
Cl. fimbriata	11	.	.	0	0	0	.	.	0	0	45	18	18	18	.	.	.	.	.	0	0	0	.
Cl. pyxidata ssp. chlor.	17	0	.	6	6	.	0	0	.	6	6	.	35	24	18	.	.	.	.	0	.	.	.
Trapeliopsis granulosa	5	0	.	.	.	0	60	.	0	0	.	40	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. merochlorophaea	26	0	0	.	4	46	15	0	4	0	.	15	15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. macilenta ssp. floerk.	49	6	4	0	2	33	14	2	4	4	0	18	12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. macilenta ssp. macil.	36	0	.	.	6	39	17	.	.	.	0	14	25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. subulata	13	0	0	0	.	38	0	.	.	0	0	15	23	0	23	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. coccifera s.str.	24	4	8	.	.	21	29	.	4	21	4	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. cryptochlorophaea	7	0	14	0	29	29	0	.	.	.	.	14	14	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cl. glauca	0	0	.	.	.	0	0	.	0	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Fulgensia fulgens	15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	47	20	7	27	.	.	.	.
Fulgensia bracteata	29	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	55	17	28	.	.	.	.
Cl. symphycarpa	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0	0	.	100	0	.	.
Toninia sedifolia	16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13	19	38	0	13	19	.	.	.
Psora decipiens	15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	33	47	7	.	13	.	.	.
Placidium squamulosum	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	27	36	18	.	18	.	.	.
Peltigera rufescens	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0	0	0	0	0	.	.
Cl. pyxidata ssp. poc.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	33	0	0	33	33	0	.
Cl. furcata ssp. subrang.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0	0	.	0	0	0	.

g) Tabellen zu den Abhängigkeiten der morphologischen Merkmale von den Standortbedingungen

Anmerkung zu Tab. 61 bis Tab. 72:

Es sind jeweils die Mittelwerte für die Standorttypen angegeben. Sie errechnen sich aus den Mittelwerten der einzelnen Polster, die wiederum aus den Werten aller untersuchter Podetien eines Polsters ermittelt wurden. Die Maximal- bzw. Minimalwerte, die an einzelnen Podetien gemessen wurden, sind nicht diesen Tabellen, sondern Kap. G3.1 zu entnehmen.

Erläuterungen der Abkürzungen in Tab. 61 bis Tab. 72:

Standorttypen:	F	Felsen	Tritteinfluß:	◆	sehr geringe mechanische Störung
	H	Heiden tieferer Lagen		◆◆	mäßig starke mechanische Störung
	R	Waldränder		◆◆◆	sehr starke mechanische Störung
	B	Berglagen			
	W	Wälder			

Quartile: Q₁ (bei 25 % aller Daten), Q₂ (bei 75 % aller Daten)

Tab. 61: Mittlere maximale Podetienlänge [mm]

	F	H	R	B	W	◆	◆◆	◆◆◆
	n=23	n=6	n=13	n=9	n=14	n=14	n=31	n=20
MW	36,6	51,7	43,2	48,3	45,7	48,4	43,1	38,7
Median	35,9	49,0	43,4	48,8	44,3	46,1	41,0	36,4
Q ₁	31,0	45,3	36,9	42,5	40,8	44,2	35,1	31,8
Q ₃	38,3	61,5	45,5	54,3	51,4	53,0	47,8	42,0
Min.	27,1	27,8	31,8	31,8	32,7	34,6	29,0	27,1
Max.	64,0	74,4	58,2	62,4	60,5	64,0	74,4	62,4
Stabw.	7,8	14,9	7,7	9,5	8,3	7,4	10,9	9,4

Tab. 62: Mittlerer maximaler Podetiendurchmesser [mm]

	F	H	R	B	W	◆	◆◆	◆◆◆
	n=23	n=6	n=13	n=9	n=14	n=14	n=31	n=20
MW	1,3	1,3	1,4	1,2	1,4	1,3	1,5	1,1
Median	1,1	1,2	1,3	1,1	1,4	1,3	1,4	1,0
Q ₁	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,0
Q ₃	1,2	1,4	1,5	1,4	1,5	1,5	1,6	1,1
Min.	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	0,8
Max.	2,4	1,8	2,3	1,5	1,9	1,6	2,4	1,9
Stabw.	0,5	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3

Tab. 63: Mittlere Anzahl Verzweigungen der Podetien

	F	H	R	B	W	◆	◆◆	◆◆◆
	n=23	n=6	n=13	n=9	n=14	n=14	n=31	n=20
MW	5,6	7,1	6,9	5,0	6,3	6,0	6,4	5,6
Median	5,1	6,8	6,6	4,8	5,9	5,8	6,2	5,1
Q ₁	4,5	5,7	6,2	4,6	5,4	5,2	5,0	4,7
Q ₃	6,2	8,1	7,8	5,1	7,1	6,6	7,6	6,2
Min.	3,6	4,7	4,7	3,0	4,8	3,0	4,0	3,6
Max.	9,5	10,4	10,5	7,6	9,6	8,7	10,5	9,5
Stabw.	1,7	1,9	1,6	1,2	1,3	1,4	1,8	1,6

Tab. 64: Mittlere Anzahl Zweige am Podetienende

	<i>F</i> <i>n</i> =23	<i>H</i> <i>n</i> =6	<i>R</i> <i>n</i> =13	<i>B</i> <i>n</i> =9	<i>W</i> <i>n</i> =14	◆ <i>n</i> =14	◆◆ <i>n</i> =31	◆◆◆ <i>n</i> =20
MW	5,2	5,7	5,7	4,9	4,6	4,7	5,7	4,8
Median	5,3	5,6	5,4	5,4	4,9	4,8	5,4	4,9
Q ₁	3,4	4,2	3,9	4,9	3,7	3,3	4,3	3,5
Q ₃	6,3	7,0	7,1	6,0	5,2	6,0	6,6	5,9
Min.	2,3	3,1	2,8	2,2	2,7	2,2	2,6	2,3
Max.	12,4	8,8	12,4	6,5	6,7	7,1	12,4	7,8
Stabw.	2,2	2,0	2,5	1,4	1,1	1,5	2,3	1,5

Tab. 65: Mittlere maximale Anzahl Schuppen an den Podetien

	<i>F</i> <i>n</i> =23	<i>H</i> <i>n</i> =6	<i>R</i> <i>n</i> =13	<i>B</i> <i>n</i> =9	<i>W</i> <i>n</i> =14	◆ <i>n</i> =14	◆◆ <i>n</i> =31	◆◆◆ <i>n</i> =20
MW	4,0	0,5	3,6	6,8	17,0	9,5	5,8	6,4
Median	1,2	0,1	1,3	0,6	10,8	7,7	1,3	1,0
Q ₁	0,4	0,0	0,0	0,0	6,7	0,2	0,4	0,0
Q ₃	3,8	0,5	5,6	12,6	27,1	12,4	8,3	4,0
Min.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
Max.	33,8	1,9	15,5	29,8	48,7	29,8	48,7	41,5
Stabw.	7,2	0,7	4,8	9,6	14,8	10,3	10,0	11,6

Tab. 66: Mittlere maximale Größe der Schuppen an den Podetien [mm]

	<i>F</i> <i>n</i> =18	<i>H</i> <i>n</i> =3	<i>R</i> <i>n</i> =9	<i>B</i> <i>n</i> =6	<i>W</i> <i>n</i> =14	◆ <i>n</i> =10	◆◆ <i>n</i> =26	◆◆◆ <i>n</i> =14
MW	1,1	0,7	1,0	1,2	1,4	1,4	1,1	1,0
Median	1,0	0,7	1,0	1,1	1,2	1,4	1,0	0,9
Q ₁	0,7	0,5	0,7	1,0	1,0	1,1	0,7	0,7
Q ₃	1,3	0,8	1,3	1,1	1,8	1,8	1,4	1,1
Min.	0,2	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,3	0,2
Max.	2,7	1,0	1,6	2,3	2,4	2,3	2,7	2,4
Stabw.	0,6	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5

Tab. 67: Mittlere maximale Anzahl Apothecien

	<i>F</i> <i>n</i> =22	<i>H</i> <i>n</i> =6	<i>R</i> <i>n</i> =12	<i>B</i> <i>n</i> =9	<i>W</i> <i>n</i> =13	◆ <i>n</i> =14	◆◆ <i>n</i> =28	◆◆◆ <i>n</i> =20
MW	12,1	38,8	36,4	16,8	6,7	14,7	23,3	15,8
Median	7,2	36,8	5,2	16,3	1,9	2,0	8,9	7,8
Q ₁	0,1	8,8	0,0	0,9	0,0	0,3	0,0	0,0
Q ₃	20,7	70,3	88,4	28,8	4,2	18,0	34,3	24,6
Min.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Max.	43,8	78,2	115,7	45,8	33,9	103,3	115,7	84,0
Stabw.	13,8	33,2	46,6	16,0	10,4	27,5	32,4	20,7

Tab. 68: Mittlere maximale Größe der Apothecien [mm]

	<i>F</i> <i>n</i> =16	<i>H</i> <i>n</i> =5	<i>R</i> <i>n</i> =8	<i>B</i> <i>n</i> =8	<i>W</i> <i>n</i> =11	◆ <i>n</i> =12	◆◆ <i>n</i> =22	◆◆◆ <i>n</i> =14
MW	0,2	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
Median	0,2	0,5	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Q ₁	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Q ₃	0,3	0,6	0,4	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3
Min.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Max.	0,4	0,6	0,5	0,5	0,8	0,5	0,6	0,8
Stabw.	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2

Tab. 69: Mittlerer Anteil pyknidientragender Podetien [%]

	<i>F</i> <i>n</i> =23	<i>H</i> <i>n</i> =6	<i>R</i> <i>n</i> =13	<i>B</i> <i>n</i> =9	<i>W</i> <i>n</i> =14	◆ <i>n</i> =14	◆◆ <i>n</i> =31	◆◆◆ <i>n</i> =20
MW	47,8	48,3	49,7	44,4	73,1	71,4	54,4	38,7
Median	50,0	40,0	40,0	50,0	80,0	80,0	50,0	36,7
Q ₁	15,0	40,0	30,0	10,0	60,0	60,0	30,0	17,5
Q ₃	80,0	47,5	80,0	60,0	100,0	90,0	90,0	60,0
Min.	0,0	30,0	0,0	0,0	10,0	20,0	0,0	0,0
Max.	100,0	90,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Stabw.	34,4	19,5	32,3	34,4	29,0	24,7	34,2	30,7

Tab. 70: Mittlerer Anteil mit zahlreichen Fibrillen besetzter Podetien [%]

	<i>F</i> <i>n</i> =23	<i>H</i> <i>n</i> =6	<i>R</i> <i>n</i> =13	<i>B</i> <i>n</i> =9	<i>W</i> <i>n</i> =14	◆ <i>n</i> =14	◆◆ <i>n</i> =31	◆◆◆ <i>n</i> =20
MW	7,8	10,0	0,0	2,2	3,6	1,4	4,8	7,0
Median	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q ₁	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q ₃	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Min.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Max.	50,0	60,0	0,0	20,0	50,0	20,0	60,0	50,0
Stabw.	14,7	22,4	0,0	6,3	12,9	5,2	13,9	15,5

Tab. 71: Mittlerer Anteil stark pigmentierter Podetien [%]

	<i>F</i> <i>n</i> =23	<i>H</i> <i>n</i> =6	<i>R</i> <i>n</i> =13	<i>B</i> <i>n</i> =9	<i>W</i> <i>n</i> =14	◆ <i>n</i> =14	◆◆ <i>n</i> =31	◆◆◆ <i>n</i> =20
MW	34,8	15,0	1,6	1,1	5,7	9,3	12,0	25,0
Median	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q ₁	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q ₃	65,0	0,0	0,0	0,0	7,5	17,5	0,0	40,0
Min.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Max.	100,0	90,0	11,0	10,0	30,0	40,0	100,0	100,0
Stabw.	36,9	33,5	3,8	3,1	9,8	12,8	27,4	35,8

Tab. 72: Mittlerer Anteil Podetien mit mehr als 75 % deckender Algenschicht [%]

	<i>F</i> <i>n</i> =23	<i>H</i> <i>n</i> =6	<i>R</i> <i>n</i> =13	<i>B</i> <i>n</i> =9	<i>W</i> <i>n</i> =14	◆ <i>n</i> =14	◆◆ <i>n</i> =31	◆◆◆ <i>n</i> =20
MW	34,8	5,0	30,2	23,3	41,7	34,3	33,3	25,2
Median	30,0	0,0	13,0	20,0	47,0	20,0	30,0	15,0
Q ₁	10,0	0,0	0,0	10,0	12,5	10,0	10,0	0,0
Q ₃	50,0	7,5	50,0	30,0	60,0	60,0	50,0	41,0
Min.	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0
Max.	100,0	20,0	100,0	50,0	80,0	80,0	100,0	100,0
Stabw.	27,6	7,6	33,2	17,6	26,4	29,7	27,2	27,4

h) Tabellen zu den Abhängigkeiten und Korrelationen der morphologischen Merkmale untereinander

Abkürzungen in Tab. 73 bis

Tab. 77:

PL	Podetienlänge	AS	Anzahl Schuppen
PD	Podetiendurchmesser	GS	Größe der Schuppen
ZV	Anzahl Verzweigungen am Podetienende	AA	Anzahl Apothecien
ZP	Anzahl Zweige am Podetienende	GA	Größe Apothecien

Quartile: Q₁ (bei 25 % aller Daten), Q₂ (bei 75 % aller Daten)

Tab. 73: Wertetabelle für fruchtende bzw. sterile Podetien

<i>fertil</i>	PL n=306	PD n=306	ZV n=306	ZP n=306	AS n=306	GS n=104
MW	44,9	1,3	6,5	6,7	4,8	1,1
Median	43,0	1,2	6,0	6,0	0,0	1,0
Q ₁	35,0	1,0	5,0	4,0	0,0	0,7
Q ₃	52,0	1,6	8,0	8,0	3,0	1,4
Min.	15,0	0,6	2,0	1,0	0,0	0,1
Max.	92,0	3,2	14,0	30,0	67,0	4,2
Stabw.	13,7	0,5	2,3	3,4	10,7	0,6
<i>steril</i>	PL n=316	PD n=317	ZV n=317	ZP n=314	AS n=317	GS n=184
MW	41,2	1,3	5,5	3,7	9,0	1,4
Median	40,0	1,2	5,0	3,0	2,0	1,2
Q ₁	32,0	1,0	4,0	2,0	0,0	0,8
Q ₃	49,0	1,5	7,0	5,0	13,0	1,9
Min.	16,0	0,4	1,0	1,0	0,0	0,1
Max.	79,0	3,1	13,0	12,0	85,0	4,1
Stabw.	11,7	0,4	1,9	1,8	14,8	0,9

Tab. 74: Wertetabelle für Podetien mit bzw. ohne Pyknidien

<i>Pyknidien vorhanden</i>	PL n=337	PD n=337	ZV n=337	ZP n=336	AS n=337	GS n=165	AA n=310	GA n=137
MW	43,4	1,4	6,1	5,2	7,9	1,5	15,1	0,3
Median	41,0	1,3	6,0	5,0	0,0	1,3	0,0	0,2
Q ₁	33,0	1,0	5,0	3,0	0,0	0,9	0,0	0,1
Q ₃	51,0	1,6	7,0	7,0	9,0	2,0	14,5	0,3
Min.	18,0	0,6	1,0	1,0	0,0	0,1	0,0	0,1
Max.	92,0	3,1	14,0	18,0	85,0	4,2	229,0	2,0
Stabw.	13,6	0,5	2,1	2,7	14,5	0,9	32,4	0,3
<i>Pyknidien fehlend</i>	PL n=285	PD n=286	ZV n=286	ZP n=284	AS n=286	GS n=123	AA n=229	GA n=159
MW	42,5	1,3	5,9	5,2	5,8	1,1	25,5	0,3
Median	42,0	1,2	5,0	4,0	0,0	1,0	0,0	0,2
Q ₁	34,0	1,0	4,0	3,0	0,0	0,7	0,0	0,1
Q ₃	50,0	1,5	7,0	6,0	7,0	1,4	35,0	0,5
Min.	15,0	0,4	1,0	1,0	0,0	0,1	0,0	0,1
Max.	85,0	3,2	13,0	30,0	68,0	3,0	280,0	1,4
Stabw.	11,9	0,4	2,3	3,4	11,3	0,6	44,8	0,3

Tab. 75: Wertetabelle für Podetien ohne, mit wenigen bzw. mit zahlreichen Fibrillen

<i>fehlend (bis max. 5)</i>		<i>PL</i>	<i>PD</i>	<i>ZV</i>	<i>ZP</i>	<i>AS</i>	<i>GS</i>	<i>AA</i>	<i>GA</i>
		<i>n=485</i>	<i>n=486</i>	<i>n=486</i>	<i>n=484</i>	<i>n=486</i>	<i>n=230</i>	<i>n=423</i>	<i>n=248</i>
	MW	42,9	1,3	5,8	5,4	6,1	1,3	22,7	0,3
	Median	41,0	1,2	5,0	5,0	0,0	1,1	0,0	0,3
	Q ₁	33,0	1,0	4,0	3,0	0,0	0,7	0,0	0,1
	Q ₃	51,0	1,5	7,0	7,0	8,0	1,7	27,0	0,4
	Min.	15,0	0,4	1,0	1,0	0,0	0,1	0,0	0,1
	Max.	92,0	3,2	12,0	30,0	85,0	4,2	280,0	2,0
	Stabw.	13,1	0,5	2,1	3,1	11,3	0,8	41,8	0,3
<i>wenige</i>		<i>PL</i>	<i>PD</i>	<i>ZV</i>	<i>ZP</i>	<i>AS</i>	<i>GS</i>	<i>AA</i>	<i>GA</i>
		<i>n=110</i>	<i>n=110</i>	<i>n=110</i>	<i>n=109</i>	<i>n=110</i>	<i>n=52</i>	<i>n=89</i>	<i>n=37</i>
	MW	43,2	1,3	6,4	4,4	11,5	1,3	6,3	0,1
	Median	42,0	1,2	6,0	4,0	0,0	1,1	0,0	0,1
	Q ₁	36,0	1,0	5,0	2,0	0,0	0,8	0,0	0,1
	Q ₃	49,0	1,5	8,0	5,0	14,0	1,8	0,0	0,1
	Min.	18,0	0,6	1,0	1,0	0,0	0,2	0,0	0,1
	Max.	88,0	2,5	14,0	18,0	77,0	3,5	107,0	0,6
	Stabw.	12,0	0,4	2,3	2,9	19,3	0,9	17,6	0,1
<i>zahlreich</i>		<i>PL</i>	<i>PD</i>	<i>ZV</i>	<i>ZP</i>	<i>AS</i>	<i>GS</i>	<i>AA</i>	<i>GA</i>
		<i>n=27</i>	<i>n=27</i>	<i>n=27</i>	<i>n=27</i>	<i>n=27</i>	<i>n=6</i>	<i>n=27</i>	<i>n=11</i>
	MW	43,3	1,5	7,8	5,1	2,8	1,1	12,8	0,2
	Median	42,0	1,5	7,0	4,0	0,0	1,1	0,0	0,1
	Q ₁	34,5	1,3	6,0	3,0	0,0	0,8	0,0	0,1
	Q ₃	47,0	1,7	9,5	7,0	0,0	1,3	23,0	0,2
	Min.	26,0	1,0	4,0	2,0	0,0	0,7	0,0	0,1
	Max.	73,0	3,0	13,0	10,0	38,0	1,6	94,0	0,6
	Stabw.	11,7	0,4	2,7	2,5	7,8	0,3	21,4	0,2

Tab. 76: Wertetabelle für nicht, wenig und stark pigmentierte Podetien (Forts. S. 232)

<i>nicht gebräunt</i>		<i>PL</i>	<i>PD</i>	<i>ZV</i>	<i>ZP</i>	<i>AS</i>	<i>GS</i>	<i>AA</i>	<i>GA</i>
		<i>n=198</i>	<i>n=198</i>	<i>n=198</i>	<i>n=198</i>	<i>n=198</i>	<i>n=136</i>	<i>n=169</i>	<i>n=95</i>
	MW	43,8	1,4	6,0	4,7	14,0	1,4	16,3	0,3
	Median	42,0	1,3	6,0	4,0	6,0	1,2	0,0	0,1
	Q ₁	34,3	1,1	5,0	3,0	0,0	0,8	0,0	0,1
	Q ₃	51,0	1,6	7,0	6,0	19,8	1,8	19,0	0,4
	Min.	19,0	0,5	1,0	1,0	0,0	0,1	0,0	0,1
	Max.	85,0	3,0	14,0	15,0	85,0	4,2	145,0	1,5
	Stabw.	12,4	0,4	2,3	2,6	18,4	0,8	30,1	0,3
<i>leicht gebräunt</i>		<i>PL</i>	<i>PD</i>	<i>ZV</i>	<i>ZP</i>	<i>AS</i>	<i>GS</i>	<i>AA</i>	<i>GA</i>
		<i>n=333</i>	<i>n=333</i>	<i>n=333</i>	<i>n=331</i>	<i>n=333</i>	<i>n=123</i>	<i>n=294</i>	<i>n=166</i>
	MW	43,9	1,3	6,0	5,4	3,7	1,3	24,2	0,3
	Median	43,0	1,2	6,0	5,0	0,0	1,1	0,0	0,2
	Q ₁	34,0	1,0	5,0	3,0	0,0	0,7	0,0	0,1
	Q ₃	51,0	1,6	7,0	7,0	4,0	1,7	27,0	0,4
	Min.	16,0	0,4	2,0	2,0	0,0	0,2	0,0	0,1
	Max.	92,0	3,2	12,0	24,0	53,0	4,0	280,0	2,0
	Stabw.	13,3	0,5	2,1	3,0	7,8	0,8	45,3	0,3

Forts. Tab. 76: Wertetabelle für nicht, wenig und stark pigmentierte Podetien

<i>stark gebräunt</i>	<i>PL</i>	<i>PD</i>	<i>ZV</i>	<i>ZP</i>	<i>AS</i>	<i>GS</i>	<i>AA</i>	<i>GA</i>
	<i>n=91</i>	<i>n=92</i>	<i>n=92</i>	<i>n=91</i>	<i>n=92</i>	<i>n=29</i>	<i>n=76</i>	<i>n=35</i>
MW	37,7	1,2	5,9	5,6	3,5	0,9	8,5	0,2
Median	37,0	1,1	6,0	4,0	0,0	0,8	0,0	0,1
Q ₁	30,0	1,0	4,0	3,0	0,0	0,7	0,0	0,1
Q ₃	43,0	1,3	7,0	7,0	2,0	1,1	7,3	0,3
Min.	15,0	0,6	2,0	2,0	0,0	0,1	0,0	0,1
Max.	79,0	2,0	13,0	30,0	40,0	2,5	81,0	0,7
Stabw.	10,9	0,3	2,2	4,1	7,8	0,6	18,0	0,2

Tab. 77: Wertetabelle für Podetien mit unterschiedlicher Ausdehnung der Algenschicht

<i>bis 25 % Deckung</i>	<i>PL</i>	<i>PD</i>	<i>ZV</i>	<i>ZP</i>	<i>AS</i>	<i>GS</i>	<i>AA</i>	<i>GA</i>
	<i>n=2</i>	<i>n=2</i>	<i>n=2</i>	<i>n=2</i>	<i>n=2</i>		<i>n=2</i>	
MW	34,5	2,0	3,5	6,5	0,0	-	0,0	-
Median	34,5	2,0	3,5	6,5	0,0	-	0,0	-
Q ₁	33,8	1,5	2,8	5,3	0,0	-	0,0	-
Q ₃	35,3	2,5	4,3	7,8	0,0	-	0,0	-
Min.	33,0	1,0	2,0	4,0	0,0	-	0,0	-
Max.	36,0	3,0	5,0	9,0	0,0	-	0,0	-
Stabw.	1,5	1,0	1,5	2,5	0,0	-	0,0	-
<i>bis 50 % Deckung</i>	<i>PL</i>	<i>PD</i>	<i>ZV</i>	<i>ZP</i>	<i>AS</i>	<i>GS</i>	<i>AA</i>	<i>GA</i>
	<i>n=58</i>	<i>n=58</i>	<i>n=58</i>	<i>n=57</i>	<i>n=58</i>	<i>n=25</i>	<i>n=46</i>	<i>n=30</i>
MW	41,5	1,3	5,7	5,5	3,9	1,1	17,2	0,3
Median	41,0	1,2	5,5	5,0	0,0	1,0	0,0	0,2
Q ₁	33,3	1,0	4,0	3,0	0,0	0,7	0,0	0,1
Q ₃	49,8	1,5	6,0	7,0	6,0	1,5	19,3	0,4
Min.	15,0	0,6	2,0	2,0	0,0	0,2	0,0	0,1
Max.	65,0	3,1	12,0	11,0	44,0	2,3	112,0	1,0
Stabw.	10,6	0,5	2,0	2,5	7,7	0,6	29,4	0,2
<i>bis 75 % Deckung</i>	<i>PL</i>	<i>PD</i>	<i>ZV</i>	<i>ZP</i>	<i>AS</i>	<i>GS</i>	<i>AA</i>	<i>GA</i>
	<i>n=367</i>	<i>n=368</i>	<i>n=368</i>	<i>n=367</i>	<i>n=368</i>	<i>n=165</i>	<i>n=317</i>	<i>n=186</i>
MW	42,4	1,3	6,0	5,0	7,3	1,3	19,5	0,3
Median	41,0	1,2	6,0	4,0	0,0	1,0	0,0	0,2
Q ₁	32,5	1,0	5,0	3,0	0,0	0,7	0,0	0,1
Q ₃	50,0	1,5	7,0	6,0	9,3	1,7	27,0	0,4
Min.	16,0	0,4	1,0	1,0	0,0	0,1	0,0	0,1
Max.	92,0	2,9	13,0	30,0	85,0	4,2	240,0	2,0
Stabw.	13,5	0,4	2,1	2,9	13,8	0,8	35,1	0,3
<i>> 75 % Deckung</i>	<i>PL</i>	<i>PD</i>	<i>ZV</i>	<i>ZP</i>	<i>AS</i>	<i>GS</i>	<i>AA</i>	<i>GA</i>
	<i>n=195</i>	<i>n=195</i>	<i>n=195</i>	<i>n=194</i>	<i>n=195</i>	<i>n=98</i>	<i>n=175</i>	<i>n=79</i>
MW	44,5	1,4	6,2	5,5	7,1	1,4	20,3	0,3
Median	42,0	1,3	6,0	5,0	1,0	1,3	0,0	0,3
Q ₁	36,0	1,1	5,0	3,0	0,0	0,9	0,0	0,1
Q ₃	51,0	1,6	8,0	7,0	9,0	1,8	18,0	0,4
Min.	22,0	0,7	2,0	1,0	0,0	0,1	0,0	0,1
Max.	88,0	3,2	14,0	24,0	77,0	4,1	280,0	1,5
Stabw.	12,1	0,5	2,3	3,5	13,1	0,8	45,9	0,3

O Anhang 2: Bildtafeln

Bildtafel 1: Erdflechtengesellschaften



Taf. 1.1: *Dibaeetum baeomycetis* zwischen *Calluna vulgaris* am Osterkopf bei Usseln.



Taf. 1.2: *Cladonia bacillaris*-Gesellschaft im Battenfelder Driescher. Es dominieren in diesem Bestand *Trapeliopsis granulosa* (graue Kruste) und *Cladonia macilenta* (rote Fruchtkörper).



Taf. 1.3: *Cladonietum mitis typicum* am Roßkopf.



Taf. 1.4: *Cladonietum foliaceae* am Bilstein bei Albungen (Diabasfelswand).



Taf. 1.5: *Cladonia floerkeana*-*Cladonia rei*-Fragmentgesellschaft auf dem ehemaligen Grenzstreifen bei der Burg Hanstein.



Taf. 1.6: *Cladonietum rei* am Orenberg bei Willingen.



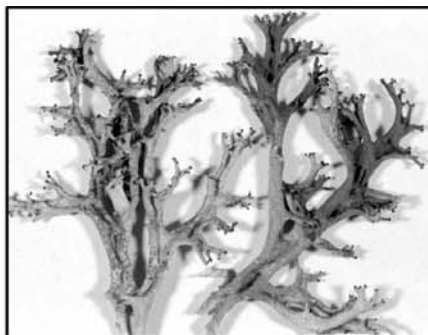
Taf. 1.7: *Toninia sedifolia*-Toninion-Initialgesellschaft in einem aufgelassenen Dolomit-Steinbruch bei Abterode.



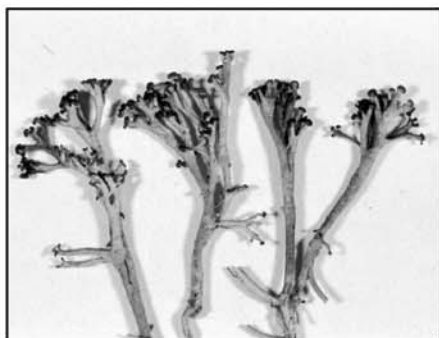
Taf. 1.8:
 Arten der Bunten
 Erdflechten-Gesellschaft:
Psora decipiens;
Fulgensia bracteata;
Peltigera rufescens,
 Einschubbild:
Squamarina lentigera.

Bildtafel 2: Cladonia furcata ssp. furcata (1,8x)

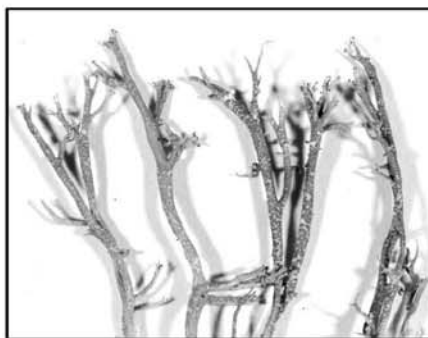

Taf. 2.1: *Cl. furcata ssp. furcata*. Fertile Podetien, nach oben hin rinnig aufgerissen.



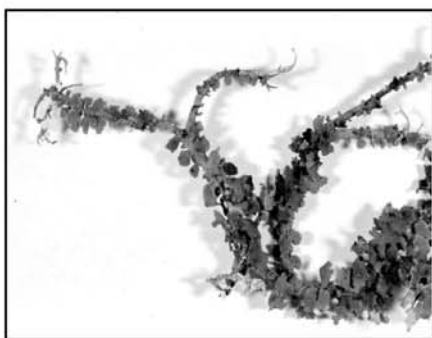
Taf. 2.2: *Cl. furcata ssp. furcata*. Fertile, stark längsrisige Podetien.



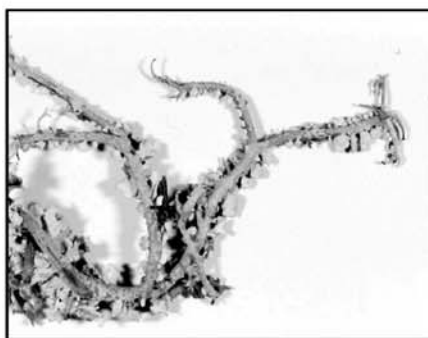
Taf. 2.3: *Cl. furcata ssp. furcata*. Teilweise doldenähnliche Fruchtstände.



Taf. 2.4: *Cl. furcata ssp. furcata*. Schlanke Podetien mit sehr kleinen Apothecien.



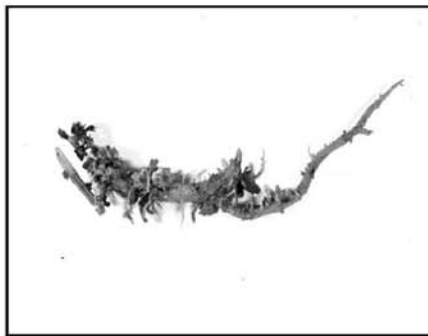
Taf. 2.5: *Cl. furcata ssp. furcata*. Stark beschupptes Podetium (Oberseite).



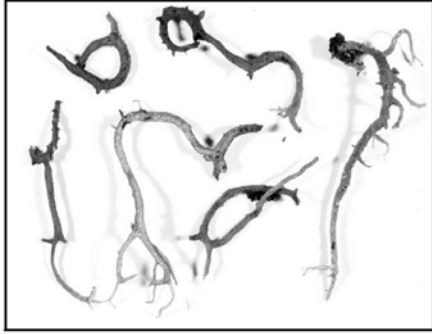
Taf. 2.6: *Cl. furcata ssp. furcata*. Podetien-Unterseite, Probe wie bei Taf. 2.5.



Taf. 2.7: *Cl. furcata ssp. furcata*. Stark beschupptes Podetium mit kleinen Schuppen. Verwechslungsgefahr mit der sörediösen *Cl. scabriuscula*.



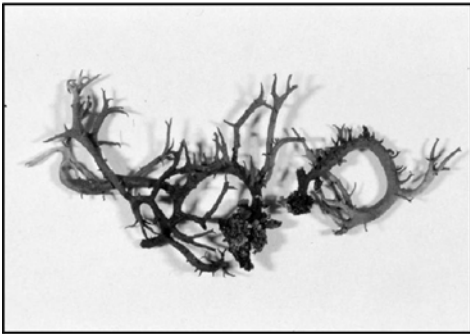
Taf. 2.8: *Cl. furcata ssp. furcata*. Podetium mit fast wirtelartig angeordneten Schuppen.

Forts. Bildtafel 2: Cladonia furcata ssp. furcata (1,8x)


Taf. 2.9: *Cl. furcata ssp. furcata*. Durch mechanische Einwirkung geprägt.



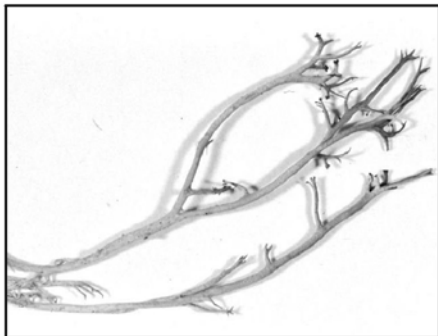
Taf. 2.10: *Cl. furcata ssp. furcata*. Podetium mit neugebildeten Ästen.



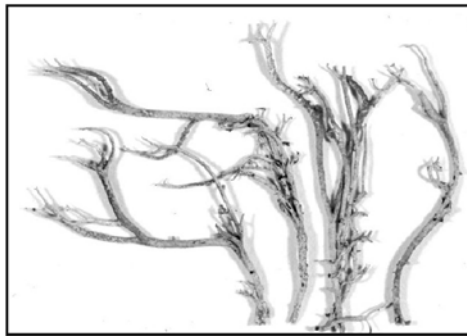
Taf. 2.11: *Cl. furcata ssp. furcata*. Mit zahlreichen dornigen Auswüchsen.



Taf. 2.12: *Cl. furcata ssp. furcata*. An der Basis mit weißen Markaufbrüchen.



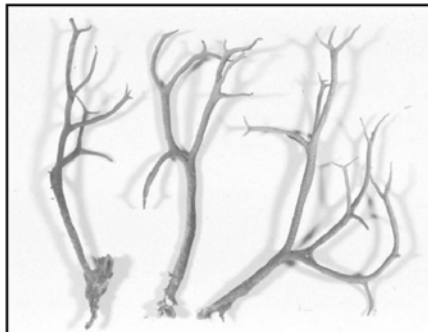
Taf. 2.13: *Cl. furcata ssp. furcata*. Zierliche, hochwüchsige Podetien.



Taf. 2.14: *Cl. furcata ssp. furcata*. Kümmerliche, dünne Podetien.



Taf. 2.15: *Cl. furcata ssp. furcata*. Podetien einem gemeinsamen basalen Strang entspringend.



Taf. 2.16: *Cl. furcata ssp. furcata*. Schlanke, schuppenlose Podetien.

Bildtafel 3: Cladonia gracilis, Cl. crispata und Cl. furcata ssp. furcata (1,8x)

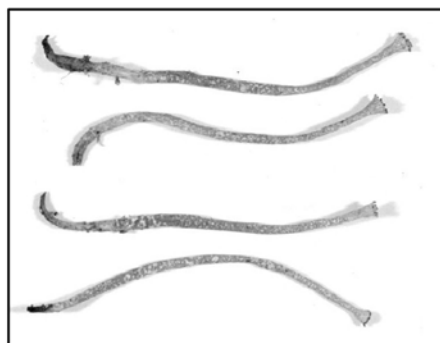

Taf. 3.1: *Cl. gracilis*. Becherlose Podetien.



Taf. 3.2: *Cl. gracilis*. Kümmerexemplar von einer Basaltblockhalde.



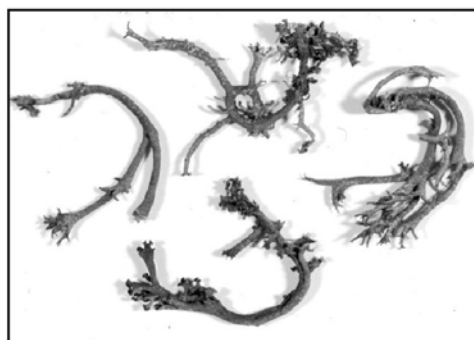
Taf. 3.3: *Cl. gracilis*. Podetien z.T. mit Bechern, z.T. pfriemförmig endend.



Taf. 3.4: Typische *Cl. gracilis*. Schlanke Podetien mit schmalen Bechern.



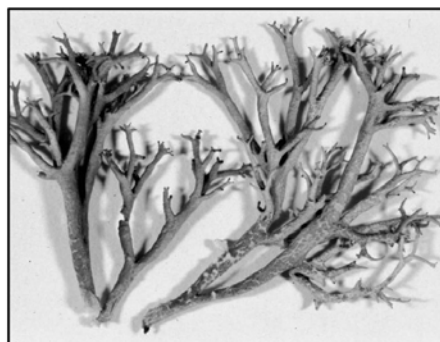
Taf. 3.5: Polster von *Cl. crispata*.



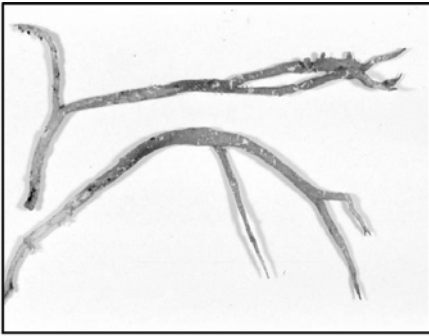
Taf. 3.6: *Cl. crispata*. Untypisch entwickelte Podetien.



Taf. 3.7: *Cl. crispata*. Podetien mit undeutlich becherartig erweiterten Spitzen.



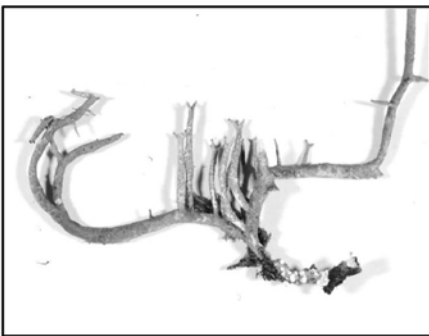
Taf. 3.8: *Cl. furcata* ssp. *furcata*. Crispata-ähnliches Exemplar.

Bildtafel 4: Cladonia furcata ssp. subrangiformis (1,8x)

Taf. 4.1: *Cl. furcata ssp. subrangiformis*.
Schwach pigmentiertes Exemplar.



Taf. 4.2: *Cl. furcata ssp. subrangiformis*.
Links die stark pigmentierte Ober-,
rechts die helle Unterseite.



Taf. 4.3: *Cl. furcata ssp. subrangiformis*.
Podetium mit zahlreichen Auswüchsen.



Taf. 4.4: *Cl. furcata ssp. subrangiformis*.
Dunkel pigmentiertes, durch
Tritteinwirkung deformiertes Podetium.



Taf. 4.5: *Cl. furcata ssp. subrangiformis*.
Stark verbreiterte Podetienbasis mit
punktförmigen Markaufbrüchen.



Taf. 4.6: *Cl. furcata ssp. subrangiformis*.
Verbreiterte Podetien und rinnig
aufgerissener Fruchtstand.

Bildtafel 5: Verpflanzungsversuch

*Taf. 5.1:
Versuchsfläche R3 am
Roßkopf*



Taf. 5.2: Zwei Polster am Versuchsende: links ein stärker gebräuntes, einseitwendiges Polster von der Fläche R3, rechts ein wenig gebräuntes Polster von der Fläche R2.

P Anhang 3: Vegetationstabellen

Tab. 6: *Baeomycion rosei*

Einheit 1: *Pycnothelio-Cladonietum cervicornis*
 Einheit 2: *Cladonia cervicornis-Baeomycion-Fragmentgesellschaft*
 Einheit 3: *Dibaeetum baeomycetis*
 3.1 *Cladonia cervicornis*-Höhenform
 3.2 *Baeomyces rufus*-Höhenform
 Einheit 4: *Lecideetum uliginosae*

Einheit	1		2		3.1						3.2						4										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Ort	RK	MI	KB	KB	BD	SE	DT	ME	RK	ME	EW	EW	OW	OW	OW	OU	OU	KP	KP	KP	OU	ZG	HH	HH	KP	CM	CM
Höhe [müNN]	340	285	260	260	400	300	330	330	360	330	780	775	660	660	660	690	690	750	750	750	690	410	200	200	750	595	595
Exposition	sw	w	so	so	-	ssw	s	s	sw	s	n	n	s	s	s	o	o	nnw	-	-	o	nw	so	w	-	so	o
Inklination [°]	20	5	5	5	-	30	60	45	60	45	10	10	5	5	5	5	<5	5	-	-	5	10	30	<5	-	-90	45
Ausgangsgestein	gw	ts	gw	gw	ts	gw	gw	tsgw	gw	tsgw	ts	ts	ts	ts	ts	ts	ts	ts	ts	ts	ts	st	sm	sm	ts	sm	sm
pH-Wert (H ₂ O)	3.9	4.2	4.1	4.0	4.4	4.2	4.3	4.7	4.2	4.7	4.5	4.3	4.8	4.8	4.8	4.3	4.3	4.4	4.6	4.4	4.1	4.1	3.8	3.8	3.8	3.8	4.0
pH-Wert (KCl)	3.3	4.2	3.5	3.4	4.0	3.7	3.7	3.8	3.6	3.8	4.0	3.8	4.3	4.3	4.3	3.8	3.8	3.9	3.9	3.9	3.7	3.4	3.2	3.2	3.8	3.3	3.6
Leitfähigkeit [µS/cm]	33	10	53	46	45	29	49	16	32	16	9	10	35	35	35	2	2	0	11	6	4	41	44	35	396	96	85
Skelettanteil im Oberboden	++	++	++	++	++	+	++	++	+	++	++	++	++	++	++	+	+	+	+	+	+	o	-	-	+	+	+
Gesamtdeckung [%]	30	70	55	40	90	25	90	80	85	75	85	75	80	65	75	80	95	95	95	95	75	90	95	85	80	80	
Deckung Phanerogamen [%]	<5	-	<5	-	10	10	<1	-	<5	-	15	<5	10	5	30	5	15	10	20	15	20	-	10	20	20	<5	<1
Deckung Flechten [%]	10	70	50	40	75	20	70	50	80	70	75	55	70	60	50	75	60	90	85	90	80	55	80	75	45	60	70
Deckung Moose [%]	20	<5	<5	<1	10	<1	20	<1	<5	1	1	<5	<1	<1	<1	-	10	<1	<5	<1	<1	20	<1	<5	25	20	20
Deckung Algen [%]	<1	-	-	-	-	-	<5	30	<1	<5	-	15	5	<1	<1	<5	-	<1	<1	-	5	<1	-	5	10	<5	<5
Deckung Steine [%]	15	30	25	55	10	10	<5	10	<5	15	15	20	20	30	15	15	15	<5	<1	<5	<5	10	-	-	5	<5	5
Deckung offener Boden [%]	50	<5	15	5	-	45	10	10	10	5	<1	5	<1	5	10	10	5	<5	<1	<1	<1	15	10	-	10	10	15
Deckung Streu [%]	5	<5	10	5	<5	20	-	-	1	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5	10	-	<1	10	10
Gesamtartenzahl	15	14	14	12	16	10	12	8	10	10	11	8	11	9	10	6	5	14	15	10	7	10	10	10	14	20	10
Artenzahl Phanerogamen	1	-	-	-	4	1	1	-	1	-	4	3	4	3	4	2	2	5	4	3	3	-	2	2	4	2	1
Artenzahl Flechten	6	12	9	10	10	7	5	5	3	6	1	1	4	4	4	2	2	3	7	5	2	5	4	6	5	9	3
Artenzahl Moose	5	2	4	2	2	2	5	1	5	2	5	3	2	1	1	1	1	5	4	2	2	4	3	2	4	8	5

D 1:
 UC *Pycnothelia papillaria*
 $r^2 \cdot 2a^{2f} \cdot \dots \cdot 1^{2f} \cdot \dots$

D 1, Δ H 3.1:
 Sch *Cladonia cervicornis* s.l.
 $2a^2 \cdot 3^2 \cdot 3^{3f} \cdot 2a^{2f} \cdot 1^{3f} + 2^{2f} + 2^{2f} \cdot \dots \cdot 1^1 \cdot 1^1 \cdot \dots$

D 1-3:
 KC *Polytrichum piliferum*
 $2b \cdot 1 \cdot 1 \cdot r \cdot 2a \cdot r \cdot 2b \cdot 1 \cdot \dots \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2m \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \dots$

D 3:
 UC *Dibaeis baeomyces*
 $\dots \cdot 4^{4f} \cdot 2b^2 \cdot 4^4 \cdot 3^{4f} \cdot 5^5 \cdot 4^{4f} \cdot 5^5 \cdot 3^5 \cdot 4^3 \cdot 3^3 \cdot 1^2 \cdot 4^{5f} \cdot 4^{4f} \cdot 2b^3 \cdot 1^{3f} \cdot 2m^2 \cdot 1^{2f} \cdot \dots \cdot r^2 \cdot \dots$

Δ H 3.2:
 FC *Baeomyces rufus*
 $r^2 \cdot \dots \cdot 1^2 + 2^2 \cdot \dots \cdot 2m^{2f} \cdot 2b^{3f} \cdot 3^{4f} \cdot r^1 \cdot 2a^{2f} \cdot 4^{5f} \cdot 5^{5f} \cdot 5^{5f} \cdot 5^{5f} \cdot 4^{5f} \cdot \dots \cdot 1^2 + 2^2 + 2^{2f}$
 Arthrorhaphis citrinella
 $\dots \cdot 2m^{2f} \cdot 2a^{2f} \cdot 1^{2f} \cdot \dots \cdot \dots$

D 4:
 Sch *Placynthiella icmalea*
 UC *Placynthiella oligotropha*
Cladonia macilenta ssp. *macilenta*
Trapeliopsis gelatinosa
 UC *Placynthiella uliginosa*
 $\dots \cdot r^1 + 1^1 \cdot \dots \cdot 1^{2f} \cdot \dots \cdot 4^{4f} \cdot 3^{4f} \cdot \dots \cdot 2a^3 \cdot \dots \cdot 1^{2f} \cdot 2a^{2f} \cdot \dots \cdot 1^{2f} \cdot \dots \cdot 1^{1f} \cdot \dots$

OC Peltigeretalia:
Cladonia furcata ssp. *furcata*
Cladonia coccifera
Cladonia macilenta ssp. *floerkeana*
Cladonia subulata
Trapeliopsis granulosa
Cetraria aculeata
Cladonia ramulosa
Cladonia rei
Cladonia arbuscula s.l.
Cladonia portentosa
Cladonia humilis
Cetraria islandica
Cladonia gracilis
Cladonia uncialis

Begleiter Kryptogamen:
 Chlorophyta div. spec.
 Cephaloziella spec.
 Pohlia nutans
Cladonia cryptochlorophaea
Cladonia pyxidata ssp. *chlorophaea*
 Ditrichum heteromallum
 Dicranum scoparium
Cladonia spec.
 Dicranella heteromalla
 Cyanophyta div. spec.
Cladonia merochlorophaea
 Hypnum cupressiforme s.l.
Cladonia coccifera et *deformis* agg.
Cladonia digitata
 Diplophyllum albicans
 Ceratodon purpureus
 Polytrichum formosum
 Dicranella cf. *heteromalla*

Phanerogamen:
 Deschampsia flexuosa
 Festuca ovina agg.
 Calluna vulgaris
 Agrostis capillaris
 Nardus stricta

Außerdem mit Stetigkeit < II und in weniger als drei Einheiten:
 Brachythecium rutabulum 22:r; Bryophyta spec. 12:2m; Buxbaumia aphylla 1:r; Campanula rotundifolia 18:r; Campylopus introflexus 23:1; Carex spec. 15:+; Cladonia cf. *cornuta* 19:+¹; Cladonia *coniocraea* 22:1²; Cladonia *fimbriata* 19:+¹, 26:r¹; Cladonia *glauca* 2:1²; Cladonia *novochlorophaea* 18:+^{1f}, 23:1³; Cladonia *pyxidata* s.l. 5:+¹; Cladonia *pyxidata* ssp. *pyxidata* 10:r¹; Cladonia *scabriuscula* 20:1²; Cladonia *squamosa* 4:+², 26:2a³; Dicranaceae spec. 23:+; diverse Algen 25:2a; Galium saxatile 13:+; Hepaticae spec. 9:r; Hieracium *lachenalii* 20:1, 25:1; Hieracium *pilosella* 5:1; Hieracium spec. 15:+, 18:r; Jungermannia *gracillima* 11:+, 12:1; Jungermannia spec. 11:+; Lepidozia *reptans* 26:+; Lepraria *lobificans* 7:2, 26:2a³; Lepraria *rigidula* 2:+¹, 26:2a³; Lophocolea *heterophylla* 26:+; Luzula *campestris* agg. 21:r; Musci spec 11:+, 16:+; Pinus *sylvestris* juv. 5:r; Plagiothecium *laetum* 26:+; Pleurozium *schreberi* 5:+; Polytrichum *juniperinum* 18:1; Potentilla *erecta* 18:+, 25:+; Rhytidiadelphus *squarrosus* 19:1; Tetraxis *pellucida* 26:2m; Trapeliopsis *pseudogranulosa* 9:r²; Vaccinium *myrtillus* 11:r, 19:r; Veronica *verna* agg. 26:r.

Tab. 10: *Cladonion rei*

Einheit 1: *Cladonia floerkeana*-*Cladonion rei*-Fragmentgesellschaft

Einheit 2: *Cladonietum rei*

2.1 *Cladonia floerkeana*-Variante

2.2 Typische Variante

Einheit 3: *Cladonia subulata*-*Cladonion rei*-Fragmentgesellschaft

Einheit	1											2										3													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		
Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		
Ort	NT	GH	KP	BD	NT	BT	KM	CM	GH	GH	GH	KB	OU	TE	KP	OW	ZG	SS	GH	ZG	ZG	GH	ZG	NT	NT	NT	MK	ZG	ZG	ZG	TE	MK	FT		
Höhe [müNN]	379	400	755	400	377	420	620	591	400	400	390	260	690	270	750	660	410	240	400	420	410	380	410	520	517	520	710	410	420	270	705	180			
Exposition	w	-	nnw	-	sw	so	so	ssw	sw	s	so	o	sw	-	s	s	ssw	sw	n	nw	oso	n	-	-	sw	no	sw	no	n	-	s	nw			
Inklination [°]	5	-	5	-	5	10	70	50	30	40	35	5	5	20	-	5	60	5	5	<5	40	35	60	-	-	5	45	40	30	40	-	20	20		
Ausgangsgestein	sm	sm	ts	ts	sm	sm	b	sm	sm	sm	sm	gw	ts	sm	ts	ts	st	gw	sm	stbt	st	sm	bt	sm	sm	b	st	st	stbt	sm	b	dp			
pH-Wert (H ₂ O)	3.7	4.4	3.9	3.9	4.7	3.8	4.5	3.9	4.2	4.6	4.8	3.9	4.8	4.0	4.5	4.5	4.0	4.6	4.0	3.3	6.0	4.7	4.9	6.5	6.2	6.0	4.5	5.9	5.1	5.4	4.7	6.3	6.3		
pH-Wert (KCl)	2.9	3.8	3.5	3.6	4.3	3.1	3.9	3.2	3.6	4.0	3.8	3.5	4.3	3.5	3.9	4.0	3.5	4.2	3.5	2.9	5.6	3.8	4.5	6.0	5.8	5.6	4.0	5.5	4.4	4.8	4.0	5.4	6.2		
Leitfähigkeit [µS/cm]	32	23	-5	82	61	47	94	27	45	88	42	70	25	50	10	26	82	209	59	372	78	34	356	132	102	80	95	40	54	53	82	91	156		
Skelettanteil im Oberboden	-	+	+	-	-	+	-	o	+	+	++	+	o	+	++	-	+	-	o	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	++	-
Gesamtdeckung [%]	70	90	90	95	65	45	50	90	95	75	60	80	85	75	100	75	60	80	85	40	75	85	60	80	80	90	90	60	10	60	90	50	75		
Deckung Phanerogamen [%]	-	40	15	<5	-	-	<1	<5	1	-	<1	<5	45	25	30	10	<5	-	<5	-	20	5	10	10	10	<5	-	15	<5	<1	15	<1	-	-	
Deckung Flechten [%]	70	60	70	90	65	45	35	85	90	75	50	75	50	50	70	70	55	40	85	40	35	75	50	70	70	90	40	10	10	40	55	40	75		
Deckung Moose [%]	<5	-	10	5	<5	<5	15	5	5	1	15	<1	10	10	10	<5	40	<1	-	10	10	5	<5	<5	<5	50	40	<1	<5	30	10	<5	-		
Deckung Algen [%]	-	-	-	-	-	<5	<5	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	15	-	-	-	-	<5	-	30	25	-	5	-	-	-	
Deckung Steine [%]	-	-	<1	-	<5	-	25	<1	<1	<1	20	<5	10	<1	<1	10	-	15	-	-	<1	10	-	<5	5	5	10	<1	5	5	-	40	25	-	
Deckung offener Boden [%]	-	10	<1	5	5	<5	10	5	5	1	20	<5	5	20	-	15	40	5	15	50	20	5	40	20	10	5	-	40	35	35	10	10	<5	-	
Deckung Streu [%]	30	<5	15	-	30	55	15	5	<1	25	5	15	<1	10	<1	<5	5	-	5	10	5	<5	<5	5	10	10	-	1	<1	5	5	-	<1	-	
Gesamtartenzahl	8	9	13	11	7	6	18	13	9	6	7	18	18	10	13	13	9	9	11	9	14	7	15	11	11	10	11	14	10	9	14	6	6	6	
Artenzahl Phanerogamen	-	3	3	1	-	-	1	1	2	-	1	1	6	2	3	4	1	-	5	-	9	1	3	2	3	2	-	5	3	1	6	1	-	-	
Artenzahl Flechten	5	6	8	7	4	4	7	8	5	4	4	15	8	6	6	7	5	6	7	8	3	4	5	4	4	3	4	6	4	5	3	3	3	3	
Artenzahl Moose	3	-	2	3	2	1	8	4	1	1	2	2	4	2	4	2	2	3	1	1	1	2	7	5	4	5	6	3	2	2	5	1	3	-	
D 1, d 2.1:	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;"> <p>OC <i>Cladonia macilenta</i> ssp. <i>floerkeana</i></p> <p><i>Cladonia merochlorophaea</i> $1^{1f} 1^{2f} + 1^{2f} 2a^{2f} 2b^{3f}$</p> <p><i>Cladonia macilenta</i> ssp. <i>macilenta</i></p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>OC <i>Trapeliopsis granulosa</i> $1^{2f} 2b^{3f}$</p> <p>OC <i>Cladonia subulata</i> $2a^{2f} 2b^{3f} + 1^{1f} 1^{2f} 3^{4f}$</p> </div> </div>																																		
D 2 + 3:	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;"> <p>UC <i>Cladonia pyxidata</i> ssp. <i>chlorophaea</i></p> <p>UC <i>Cladonia humilis</i></p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>$1^{1f} 1^{2f} + 1^{2f} 2a^{2f} 2b^{3f}$</p> <p>$1^{2f} 2b^{3f}$</p> </div> </div>																																		
d 2.2:	<p>UC <i>Cladonia rei</i> $2b^3$</p> <p><i>Atrichum undulatum</i> $2a^{2f} 2b^{3f}$</p>																																		
D Cladonion rei:	<p><i>Cladonia fimbriata</i> $2b^2 r^1 2b^{4f} r^2 1^{2f} 3^{2f} 2b^{3f} 2a^2 1^{3f} + 1^{2f} 2b^{3f}$</p> <p><i>Ceratodon purpureus</i> $1^{2f} 2b^{3f}$ $2a 1^{2f} 2b^{3f}$</p>																																		
OC, KC*:	<p><i>Baeomyces rufus</i> r^1</p> <p><i>Cladonia ramulosa</i> $2a^{2f}$</p> <p><i>Cladonia coccifera</i> $r^{1f} r^{1f}$</p> <p><i>Placynthiella oligotropa</i> 1^{2f}</p> <p><i>Polytrichum piliferum</i> 1^1</p> <p><i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>furcata</i> 1^1</p> <p><i>Dibaeis baeomyces</i> 1^{2f}</p> <p><i>Cladonia phyllophora</i> $2b^{4f}$</p> <p><i>Peltigera didactyla</i> $2a^{2f}$</p> <p><i>Placynthiella uliginosa</i> $2a^3$</p>																																		
Begleiter Kryptogamen:	<p><i>Cephaloziella</i> spec. $2a$</p> <p><i>Hypnum cupressiforme</i> s.l. 1 r</p> <p><i>Chlorophyta</i> div. spec. 1</p> <p><i>Placynthiella icmalea</i> $r^2 1^{2f}$</p> <p><i>Pohlia nutans</i> $1 2m$</p> <p><i>Polytrichum formosum</i> $2a$</p> <p><i>Pleurozium schreberi</i> $1 1$</p> <p><i>Cyanophyta</i> div. spec. 1</p> <p><i>Campylopus introflexus</i> 1 1</p> <p><i>Cladonia coniocraea</i> 1</p> <p><i>Scleropodium purum</i> 1</p> <p><i>Cladonia</i> cf. <i>cornuta</i> 1</p> <p><i>Bryum</i> spec. 1</p> <p><i>Dicranella</i> cf. <i>heteromalla</i> $1 2m$</p>																																		
Phanerogamen:	<p><i>Deschampsia flexuosa</i> 1</p> <p><i>Calluna vulgaris</i> 3</p> <p><i>Hieracium</i> spec. r</p> <p><i>Agrostis capillaris</i> 3</p> <p><i>Festuca ovina</i> agg. 1</p> <p><i>Festuca rubra</i> agg. 1</p> <p><i>Holcus lanatus</i> r</p> <p><i>Betula pendula</i> juv. 1</p> <p><i>Rumex acetosella</i> 1</p>																																		

Außerdem mit Stetigkeit < II und in weniger als drei Einheiten:
 Achillea millefolium 21+; 28:1; Agrostis stolonifera 21+; Andreaea rupestris 27:1; Brachythecium spec. 23+; Bryophyta spec. 13:r; Buxbaumia aphylla 7:1; Calliergonella cuspidata 23:1; Campylopus flexuosus 26+; Carex spec. 31:r; Centaurea jacea 28+; Cladonia caespiticia 8+^{2f}; 11:r^{3f}; Cladonia cervicornis s.l. 12:1^{2f}; Cladonia coccifera et deformati agg. 12:1¹; Cladonia cryptochlorophaea 14:3^{3f}; 23:+^{1f}; Cladonia gracilis 12:1²; Cladonia grayi s.str. 1:3^{3f}; Cladonia novochlorophaea 3+:; Cladonia pyxidata ssp. pyxidata 12:1¹; 27:2b^{3f}; Cladonia spec. 4+:; 7:1³; 18:r¹; Cladonia squamosa 12:+²; Dicranum scoparium 7:1, 25+:; Ditrichum spec. 31:1; Epilobium spec. 26+:; Galium saxatile 25:2a; Hieracium lachenalii 15+:; Hieracium pilosella 16:r; Hypericum hirsutum 21+:; Hypochaeris radicata 13+:; Juncus effusus 31:r; Leontodon autumnalis 13:r; Linum catharticum 21:1; Lophocolea heterophylla 31:r; Lophozia spec. 7+:; Luzula campestris agg. 28+:; Micarea peliocarpa 20:r^{2f}; Musci spec. 23:1; Pimpinella saxifraga 16:r; Polytrichum commune 14:2a; Polytrichum juniperinum 15:2m, 28:3; Populus tremula juv. 31:2a; Potentilla anserina 21+:; Racomitrium heterostichum agg. 27:2a; Racomitrium lanuginosum 27:2a; Rhytidiadelphus squarrosus 26+:; Vaccinium myrtillus 3:1; 24:2a; Vaccinium vitis-idaea 3:2a; Veronica spec. 21:r.

Danksagung

An erster Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Hartmut Dierschke danken, der mir die Möglichkeit gab, meiner Begeisterung für Flechten nachzugehen und im Rahmen dieser Dissertation ein flechtenkundliches Thema zu bearbeiten. Er hatte stets ein offenes Ohr für Fragen und stand mir mit seinem Rat zur Seite. Herr Prof. Dr. Erwin Bergmeier übernahm freundlicherweise das Korreferat. Herrn Dr. Heribert Schöller (Schmitten) danke ich ganz besonders für die Hilfe beim Erarbeiten des Konzeptes und die gemeinsamen Flechten-Exkursionen im Untersuchungsgebiet.

Mit Petra Fischer arbeitete ich mich in die Methodik der Dünnschichtchromatographie ein, wir führten viele anregende Flechten-Diskussionen und sie stand mir immer mit Tips und Hilfestellungen zur Seite. In Zusammenarbeit mit Gunnar Waesch ließen sich zahlreiche mehr oder weniger hartnäckige Computerprobleme in den Griff bekommen. Danke für die gute Zusammenarbeit und die Hilfe in der Endphase der Arbeit! Brigitte Siegesmund hat mich bei den Laborarbeiten und beim Ausmessen der *Cladonia*-Podetien unterstützt – ohne sie hätten wohl nicht nur die morphologischen Untersuchungen wesentlich mehr Zeit in Anspruch genommen. Ute Wergen half ebenfalls bei der Dünnschichtchromatographie der unzähligen Flechten-Proben und bei der Dateneingabe. Auch den beiden Technischen Assistentinnen der Abteilung daher ein herzliches Dankeschön! Bei allen weiteren aktuellen und ehemaligen Mitgliedern der Abteilung für Vegetationsanalyse und Phytodiversität bedanke ich mich für die nette Arbeitsatmosphäre.

Ein besonderer Dank gilt meinem Vater Dr. Hans Günzl (Tübingen) für die Möglichkeit seine Ausrüstung zum Erstellen der Makrophotografien zu nutzen und die Hilfestellungen, die er mir hierzu gab. Bei Herrn Ernst Baier (Witzenhausen) bedanke ich mich für die zahlreichen Informationen zum Untersuchungsgebiet und die schönen gemeinsamen Exkursionen in Nordhessen, auf der Suche nach *Buxbaumia aphylla* und anderen interessanten Moosen sowie für die große Hilfe beim Bestimmen vor allem der kleinen Kalkmagerrasen-Moose. Dr. Marcus Schmidt (Göttingen) half in der Planungs- und Endphase der Doktorarbeit und zeigte mir einige interessante Gebiete in Nordhessen.

Herr Prof. Dr. Thomas Friedl (Abt. Experimentelle Phykologie, Univ. Göttingen) ermöglichte mir, die Einrichtungen und das Know-how seiner Abteilung für die rDNA-Sequenzierung zu nutzen, unterstützte mich bei der Datenauswertung und bei der Interpretation der Ergebnisse. Er führte zudem die phylogenetischen Analysen mit PAUP durch. Vielen Dank dafür! Gert Helms brachte mir die notwendigen Arbeitsschritte bei, half mir bei so manchem Labor- und Auswertungsproblem und war darüber hinaus bezüglich des Genetik-Kapitels ein wichtiger Ansprechpartner beim Zusammenschreiben der Arbeit. Bei ihm sowie bei den weiteren Mitarbeitern der Abteilung Phykologie Anke Behnke, Dominik Hepperle, Birgit Olberg, Ruth Pilot und Elke Zufall-Roth, bedanke ich mich für die Hilfe, die mir als Neuling in Sachen molekularer Methoden den Einstieg in diese Thematik erleichterte. Herr Prof. Dr. Eberhard Grüger (Abt. Palynologie und Quartärwissenschaften) gestattete mir die Nutzung eines Laborraumes seiner Abteilung. Dr. Michael Hoppert (Univ. Göttingen) bestimmte die Algen einiger Algenkrusten aus meinem Untersuchungsgebiet. Prof. Dr. H.-J. Beug (Abt. Palynologie und Quartärwissenschaften) stellte bislang unpublizierte Daten früherer Kryptogamenexkursionen ins Meißner-Vorland zur Verfügung.

Dr. Holger Thues (Kaiserslautern) und Dr. Günter Schuster (Düsseldorf) weihten mich in die Technik der Mikroklima-Messungen mit den eigens für Flechten konstruierten Geräten ein. Mark Eckhardt war zum frühen Aufstehen bereit und arbeitete bei den zeitaufwendigen Mikroklima-Messungen mit. Dr. Thilo Heinken (Berlin) half bei den statistischen Auswertungen. Bernd Raufeisen (Göttingen) fertigte die Karten zum Untersuchungsgebiet an. Carolin Held (Tübingen) und Toby Spribille (Göttingen) korrigierten den englischen Text.

Von den Forstämtern Bad Sooden-Allendorf und Witzenhausen bekam ich ebenfalls Informationen zum Untersuchungsgebiet. Besonders Herrn Marco Lenarduzzi (Germerode) möchte ich an dieser Stelle Dank sagen für die zahlreichen Informationen und interessanten Gespräche zu den bzw. über die Magerrasen des Meißnervorlandes. Hessen Forst sowie das RP Kassel unterstützten diese Arbeit durch eine Wegebenutzungserlaubnis bzw. durch eine Ausnahmegenehmigung zum Bearbeiten einiger nordhessischer NSGs.

Zum Abschluß gilt meinem Lebensgefährten Börries Schlimbach ein ganz besonderes Dankeschön für die vielfältige Hilfe und Unterstützung im Verlauf dieser Arbeit.

Lebenslauf

1970 geboren in Tübingen

Schulabschluß:

1989 Abitur in Tübingen

Studium:

1989 - 1993 Biologiestudium (Diplom) an der Universität Tübingen

1991 Vordiplom

1992 DAAD-Stipendium: Auslandsaufenthalt in Finnland,
Studium an den Universitäten Turku und Oulu

1993-1997 Weiterführung des Biologiestudiums an der Universität Göttingen

1996 Diplomprüfungen

1996 - 1997 Diplomarbeit mit dem Titel:
„Einfluß von Nutzung und Struktur der Fichtenwälder des
Hochharzes auf die epiphytische Flechtenflora und -vegetation“

Studienabschluß:

1997 Diplom-Biologin

Promotion:

1999 - 2003 Promotion am A.-v.-Haller-Institut für
Pflanzenwissenschaften, Universität Göttingen

Berufstätigkeiten:

1994/1995 Praktika bei der Akademie für Natur- und
Umweltschutz Baden-Württemberg

1997/1998 Freiberufliche Biologin

1998/1999 Wissenschaftliche Hilfskraft an der Biologischen
Fakultät der Universität Göttingen

seit 1999 Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Abteilung für
Vegetationsanalyse und Phytodiversität (ehem. Vegetationskunde
und Populationsbiologie) der Universität Göttingen