Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Luzern
Band: 31 (1990)

Artikel: Die Rentierflechten im Alpenraum
Autor: Ruoss, Engelbert
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-523474

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

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

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

Download PDF: 01.10.2025

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

Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern | Band 31 1990

Die Rentierflechten im Alpenraum

ENGELBERT RUOSS

Zusammenfassung

Die Rentierflechten *(Cladonia* subg. *Cladina)* sind in den Alpen weit verbreitet. Während *Cladonia rangiferina* und *C. arbuscula* im ganzen Alpen- und Voralpengebiet häufig sind, ist *C. stellaris* Bestandteil der subalpinen und alpinen Vegetation in den kontinentaleren Ostalpen. *C. ciliata, C. stygia* und *C. portentosa* gehören zu den im Voralpengebiet vom Aussterben bedrohten Arten. *C. mediterranea* ist eine in den Meeralpen selten vorkommende mediterrane Art. Der vorliegende Bestimmungsschlüssel der europäischen Rentierflechten und die Angaben zur Inhaltsstoffchemie, Morphologie, Ökologie und Verbreitung der Arten im Alpenraum resultieren aus mehrjährigen Untersuchungen zur Systematik der Rentierflechten in Europa. Probleme der Taxonomie der Rentierflechten werden diskutiert.

Résumé

Les lichens de renne *(Cladonia* subg. *Cladina)* sont des lichens très fréquents dans les Alpes. *Cladonia rangiferina* et *C. arbuscula* sont des espèces réparties dans toute la région des Alpes et des Préalpes; *C. stellaris* fait partie de la végétation subalpine et alpine dans les Alpes de l'est avec un climat continental; *C. ciliata, C. stygia* et *C. portentosa* sont des espèces menacées des marais de la région préalpine. *C. mediterranea* est une espèce méditerranéenne rare dans les Alpes maritimes. La clé des lichens de renne de l'Europe présentée et les indications sur la chimie des produits licheniques, la morphologie, l'écologie et la répartition des espèces des Alpes résultent de recherches systématiques de plusieurs années des lichens de renne de l'Europe. Les problèmes taxonomiques des lichens de renne sont discutés.

Abstract

Reindeer lichens *(Cladonia* subg. *Cladina)* are widely distributed in the Alps. *Cladonia rangiferina* and *C. arbuscula* are common over the whole pre-alpine and alpine area, while *C. stellaris* is part of the sub-alpine and alpine vegetation, especially in the more continental eastern alpine area. *C. ciliata, C. stygia* and *C. portentosa* are endangered species from the pre-alpine area. *C. mediterranea* is a species from the Mediterranean area, occurring rarely in the Sea Alps. A determination key of the European reindeer lichen species and the information about their morphology, chemistry, ecology and distribution are the result of investigations about systematics of the reindeer lichens in Europe. Taxonomic problems of reindeer lichens are discussed briefly.

Einleitung

Die weltweit verbreiteten Rentierflechten *(Cladonia* subg. *Cladina)* sind von zahlreichen Lichenologen und Naturwissenschaftern seit Jahrhunderten gesammelt und untersucht worden. Zu den grundlegenden Arbeiten zählen die Monographien von VAINIO (1887–1897), SANDSTEDE (1931), DES ABBAYES (1939) und AHTI (1961, 1984) sowie die chemischen Untersuchungen von ASAHINA (1941), EVANS (1943), HUOVINEN (1986) und HUOVINEN & AHTI (1986). Einen Einblick in die ontogenetische Entwicklung der Cladonien geben JAHNS & BELTMAN (1973). Für den Alpenraum hat insbesondere FREY (1952, 1959) wichtige Hinweise gegeben. Die frühe, intensive Erforschung der Rentierflechten dürfte aufgrund der Nutzung als Nahrung für Rentiere und Karibus (AHTI 1959) sowie als Naturheilmittel (VARTIA 1950) erfolgt sein.

NYLANDER (1866) schlug erstmals eine selbständige Gattung *Cladina* (NYL.) NYL. vor, die in der Folge verschiedene Autoren anerkannten, die sich aber letztlich nie durchsetzen konnte (vgl. AHTI 1961). Die meisten Autoren (u. a. VAINIO 1887, SANDSTEDE 1931, DES ABBAYES 1939, FREY 1959, AHTI 1961) akzeptierten eine Untergattung *Cladina* (NYL.) LEIGHT., weitere (u. a. MATTICK 1938, THOMSON 1968) eine Sektion *«Cladinae»*. Die Gattungsdiskussion wurde von AHTI (1984) wieder aufgenommen, da vor allem Lichenologen aus Amerika (HALE & CULBERSON 1970, BRODO 1976) und aus der Sowjetunion (TRASS 1978) die Gattung *Cladina* anerkannten. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die Gattungskriterien erneut überprüft und als wissenschaftlich ungenügend abgestützt betrachtet. Daher wurde vorgeschlagen, die Untergattung *Cladina* der Gattung *Cladonia* HILL ex BROWNE beizubehalten (RUOSS 1985, RUOSS & AHTI 1989).

Die vorliegende Arbeit ist das Ergebnis von systematischen Untersuchungen, die zwischen 1982 und 1988 an europäischen Rentierflechten, vor allem im Alpenraum, durchgeführt wurden. Grundlage der Untersuchungen bildeten chemische Analysen der Flechteninhaltsstoffe (RUOSS 1987a, 1987b, RUOSS & HUOVINEN 1989). Bei morphologischen Erhebungen wurden insgesamt 25 Merkmale überprüft und die Ergebnisse mit jenen der chemischen Untersuchungen korreliert (RUOSS 1987b, 1989). Die Verbreitung und die Ökologie der Rentierflechtenstandorte wurden als zusätzliche Kriterien für die Abgrenzung der Arten und Unterarten verwendet (RUOSS 1987b). Für nomenklatorische und taxonomische Änderungen mussten insbesondere die Namen und die Typus-Exemplare überprüft und neue Lektotypen bestimmt werden (RUOSS & AHTI 1985, RUOSS 1987b). Chorologische Studien zeigten, dass mit dem Rückgang der Hochmoorgebiete auch die bevorzugt an oligotrophen Standorten wachsenden Rentierflechten gefährdet sind (RUOSS & CLERC 1987). Mehrere Neufunde resultierten für das ganze, weltweite Areal der Rentierflechten (RUOSS 1989, RUOSS & AHTI 1989); mit *Cladonia stygia* konnte eine Art erstmals in den Alpen nachgewiesen werden (RUOSS 1985, RUOSS et al. 1987). Viele der überprüften Belege fanden Verwendung bei Kartierungen der Flechten in Österreich (TÜRK & WITTMANN 1984, 1987) und in Baden-Württemberg (WIRTH 1987). Aufbauend auf den vorliegenden Ergebnissen wurden ein Bestimmungsschlüssel und Verbreitungskarten für den Alpenraum erstellt. Auch ergab sich daraus eine neue systematische Einteilung.

Material und Methoden

Während den Untersuchungen wurden rund 3000 Rentierflechten-Proben bestimmt und revidiert, 1552 davon mit Dünnschichtchromatographie (TLC) und 180 mit Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) analysiert. Die dafür notwendigen Flechtenexemplare stammten von den Herbarien Berlin (B), BERN, London (BM), BONN, Brünn (BRNO), Christchurch (CHR), Genf (G), Graz (GZU), Helsinki (H), Lissabon (LISU), München (M), Marseille (MAR), Luzern (NMLU), Oslo (O), Paris (P), Stockholm

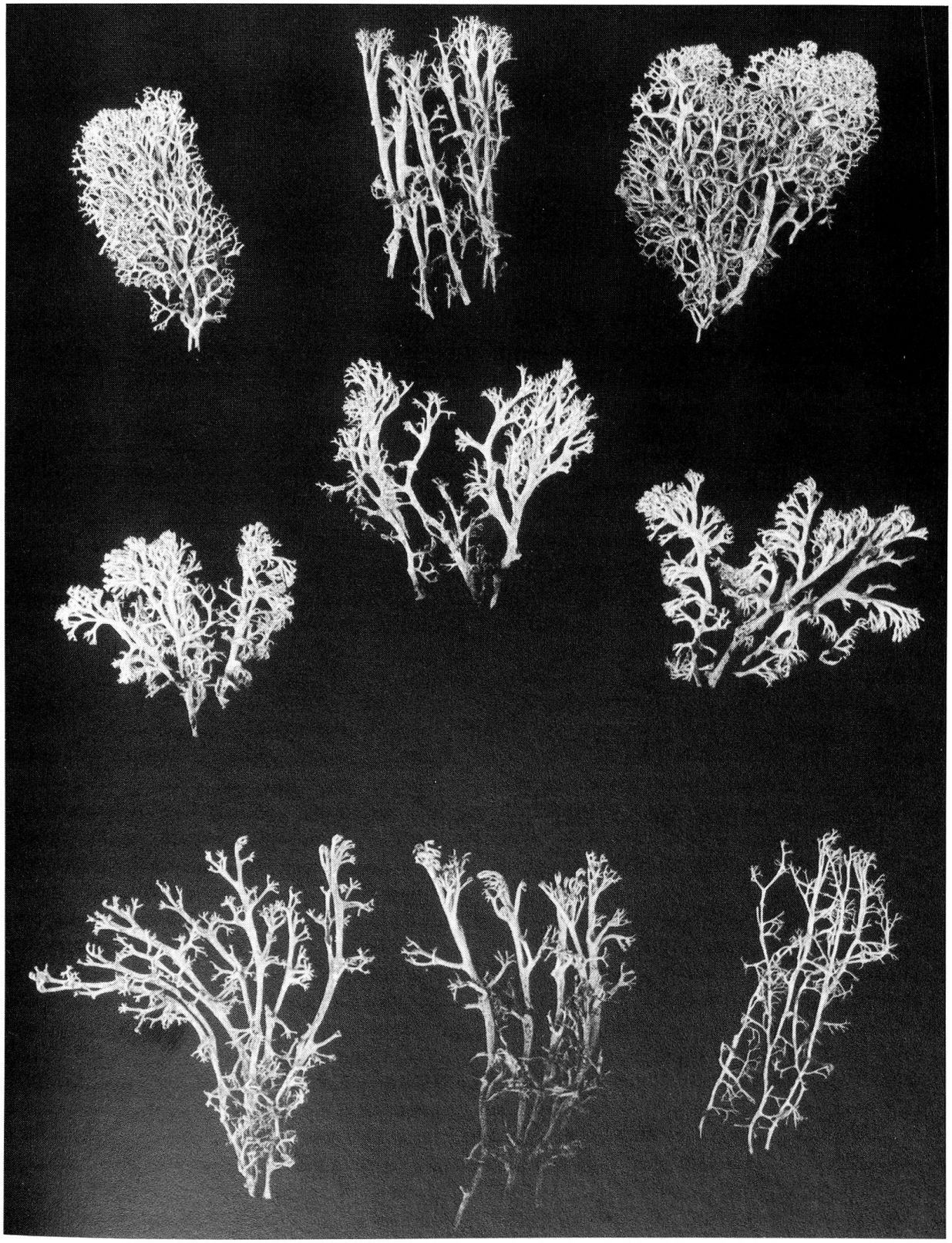

Abb. 1. Die Rentierflechten des Alpenraumes: oben (v. l. n. r.): *Cladonia mediterranea, C. portentosa, C. stellaris;* Mitte: Morphotypen von *C. arbuscula:* subsp. *arbuscula,* subsp. *mitis,* subsp. *squarrosa;* unten: *C. rangiferina, C. stygia, C. ciliata.*

(S), Strassburg (STR), Stuttgart (STU), Salzburg (SZU), Turin (TO), Turku (TUR), Uppsala (UPS), Wien (W), Zürich (Z) und weiteren 18 Privatsammlungen.

Die chemischen Analysen wurden mit Hilfe der Dünnschichtchromatographie (TLC) nach den Methoden von CULBERSON & KRISTINSSON (1970), CULBERSON & AMMANN (1979) und WHITE & JAMES (1985) und mit der Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) nach HUOVINEN et al. (1985) und HUOVINEN (1986) durchgeführt. Die modifizierten Methoden sind in RUOSS (1987b) und in RUOSS & HUOVINEN (1989) detailliert aufgeführt. Für routinemässige Bestimmungen wurden die Flecktests mit p-Phenylendiamin (PD) und 10%iger KOH-Lösung (K) (vgl. WHITE & JAMES 1985) angewandt.

Bei Rentierflechten sind nur wenige morphologische Unterscheidungsmerkmale bekannt. Sie sind zudem sehr schwierig erfassbar. Mit dem Ziel, die Taxa, insbesondere jene der *Cladonia arbuscula*-Gruppe morphologisch zu charakterisieren, die Variabilität der Merkmale zu erfassen und diese für die multivariate Statistik zu quantifizieren, wurden insgesamt 25 morphologische Eigenschaften erhoben und berechnet. Die morphologischen Merkmale wurden unter einem Stereomikroskop mit 10- bis 50facher, die anatomischen unter dem Mikroskop mit 100- bis 1000facher Vergrösserung untersucht.

Cladonia HILL ex BROWNE *subgenus Cladina* (NYL.) LEIGHT.

Die Untergattung Rentierflechten *(Cladina)* (Abb. 1) unterscheidet sich von jener der Becherflechten *(Cladonia)* durch den strauchigen, allseitig verzweigten Habitus, das Fehlen einer dickeren Rindenschicht und von Schuppen am Podetium sowie durch die kleinen, selten sichtbaren Lagerschuppen. Das Lager vieler Arten ist bisher unbekannt. Die Verzweigungen sind regelmässig oder unregelmässig zwei- bis fünffach verzweigt. Ausgewachsene Rentierflechten sterben an der Basis ab, haben aber gleichzeitig an der Spitze ein Wachstum von jährlich einem Internodum (ANDREEV 1954). Der hohle Hauptstamm des Podetiums besteht aus einer spinnwebigen Algenschicht und einer glasigen, kompakten inneren Medulla (Abb. 2).

Über die Anatomie der Rentierflechten ist wenig bekannt, was auf die seltene Ausbildung von Fruchtkörpern (Apothezien) und auf die normalerweise schlecht entwickelten Asci und Sporen zurückzuführen ist. Die Rentierflechten bilden kleine, braune Apothezien, ohne deutlichen Rand, die gehäuft an den Enden der Podetien auftreten. Fruchtende Podetien sind zumeist deutlich robuster und unterscheiden sich sichtbar von nicht fruchtenden. Aufgrund von Einzelmessungen sind die Ascusmerkmale einheitlich; alle bisher untersuchten Ascusspitzen gehören zum *Lecanora*-Typ. Die Asci aller untersuchten Arten enthalten einfache, farblose, ovale Sporen von derselben Grösse ($7-12 \times 2-4\,\mu m$).

Noch kaum bekannt sind auch die Algenpartner der Rentierflechten. Bisher wurden vier Algenarten als Symbionten bestimmt: *Trebouxia glomerata* (WAREN) AHM. aus *C. rangiferina* (AHMADJIAN 1960), *T. excentrica* ARCHIBALD aus *C. subtenuis* (DES ABB.) MATTIK (HILDRETH & AHMADJIAN 1981) und *T. pyriformis* ARCHIBALD aus *C. arbuscula* subsp. *mitis* und *C. stellaris* (MEISCH 1981). Im Laufe der vorliegenden Arbeit wurde versucht, aus *C. arbuscula* subsp. *squarrosa,* subsp. *mitis* und subsp. *stictica* die Algen zu isolieren. Die drei Phycobionten wurden von Dr. T. Friedl (BRD-Bayreuth, unpubl.) kultiviert und als *Trebouxia irregularis* HILDR. & AHM. bestimmt. Das Spektrum der Phycobionten der Untergattung *Cladina* entspricht weitgehend demjenigen der übrigen Vertreter der Gattung *Cladonia* (GÄRTNER 1985). Weitere Untersuchungen sind aber notwendig, um die Variabilität der Symbionten und damit deren Bedeutung für die Flechtensystematik beurteilen zu können.

Die Rentierflechten sind weltweit verbreitete Bodenflechten, haben aber einen alpinborealen Schwerpunkt auf der nördlichen Hemisphäre. Sie wachsen an oligotrophen, leicht bis stark sauren Standorten in Mooren, Heiden, alpinen Rasen und Zwergstrauchheiden sowie in borealen und subalpinen Nadelwäldern.

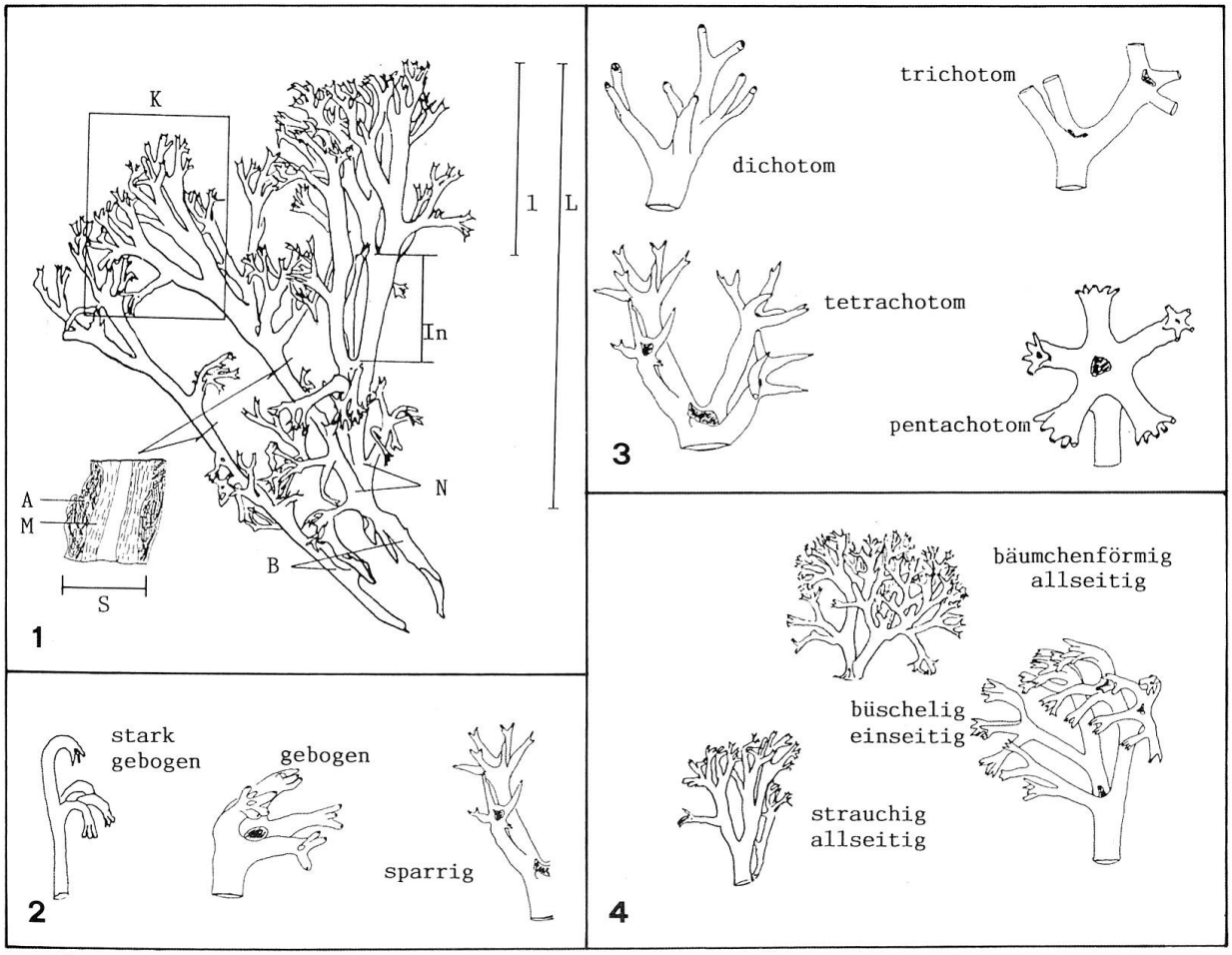

Abb. 2: Merkmale der Rentierflechten. 1: Podetien mit L: Länge des Podetiums, l: Länge der Krone, K: Krone, A: Algenschicht, M: innere Medulla, S: Stammdurchmesser, N: Nodien, B: Basis, In: Internodien; 2: Biegung der Enden; 3: Verzweigungszahl; 4: Kronenformen.

Bestimmungsschlüssel für die europäischen Rentierflechten

1	Hauptstamm fehlend; Verzweigung isotom, selten subisotom	2
–	Deutlicher Hauptstamm vorhanden; Verzweigung anisotom, selten subisotom	4
2	Verzweigung vorwiegend tetrachotom; Spitzen sternförmig abstehend; dichte Algenschicht; PD– (selten PD+ gelb); boreal-kontinentale Verbreitung	*C. stellaris*
–	Verzweigung vorwiegend dichotom; ozeanische Verbreitung	3
3	Farbe gelbgrün; lockere Algenschicht, innere Medulla durchscheinend; PD+ orange-rot	*C. azorica*
–	Farbe weissgrau; Algenschicht dicht oder falls locker; innere Medulla meist nur an der Basis durchscheinend; PD–	4

4	Verzweigung vorwiegend dichotom	5
–	Verzweigung vorwiegend trichotom oder tetrachotom	6
5	PD−; subisotom, mit undeutlichem Hauptstamm; Enden sparrig abstehend; Pyknidenschleim farblos; ozeanisch-mediterrane Verbreitung	*C. mediterranea*
–	PD+ orange-rot; gebogene Enden; deutlich anisotom; Pyknidenschleim rot	*C. ciliata*
6	Verzweigung vorwiegend trichotom und dichotom; Farbe weissgelb bis gelbgrün; K−	7
–	Verzweigung vorwiegend trichotom und tetrachotom; Farbe grau; K+ gelb	10
7	Algenschicht locker, innere Medulla durchscheinend; Enden sparrig verzweigt; ozeanisch-subozeanisch verbreitet; PD−	*C. portentosa*
–	Algenschicht kompakt, höchstens an der Basis durchscheinend; gebogene oder sparrige Enden; PD+ oder PD−	8
8	PD−, selten PD+ orange-rot, mit Rangiformsäure, Enden abstehend verzweigt, wenig gebogen; bevorzugt eher trokkene Standorte; weit verbreitet, speziell in arktisch-borealen und alpinen Gebieten	*C. arbuscula* subsp. *mitis*
–	PD+ gelb oder orange-rot; bäumchenförmig oder büschelig verzweigt, ohne Rangiformsäure, bevorzugt eher feuchte Standorte	9
9	PD+ gelb; bäumchenförmige Krone; selten, v. a. in den Westalpen verbreitet	*C. arbuscula* subsp. *arbuscula*
–	PD+ orange-rot, selten PD−; büschelige, gebogene Krone; Enden oft auch sparrig abstehend; weit verbreitet	*C. arbuscula* subsp. *squarrosa*
10	Innere Medulla bis über die Hälfte des Podetiums, auch unter der intakten Algenschicht schwarz; Pyknidenschleim rot	*C. stygia*
–	Innere Medulla nicht schwarz; an der Basis absterbender Teil braun, zuunterst selten schwarz; Pyknidenschleim farblos	11
11	Enden stark gebogen	*C. rangiferina*
–	Enden abstehend, sternförmig verzweigt; seltene Art aus Skandinavien	*C. conspicua*

Die Arten und ihre Verbreitung

Von den neun europäischen Rentierflechten-Arten sind nur zwei nicht im Alpenraum heimisch. Das Verbreitungsgebiet von *Cladonia azorica* Ahti ist auf die atlantischen Inseln der Azoren, Madeira und das Küstengebiet Irlands beschränkt (Ruoss 1989). *C. conspicua* Ahti konnte in Europa bisher erst zweimal, in Schweden, nachgewiesen werden (Ahti 1986). Die mediterrane Art, *C. mediterranea,* stösst am Nordrand ihres Areals lediglich ins Gebiet der Meeralpen vor. *C. portentosa* and *C. ciliata* sind auf die ozeanischen Gebiete und auf einige Hochmoore der Voralpen beschränkt, *C. arbuscula* und *C. rangiferina* sind am häufigsten anzutreffen; sie sind im ganzen Alpenraum verbreitet. Eher kontinentale Regionen bevorzugen *C. stellaris* und *C. stygia.*

Sektion Impexae DES ABB.

Die Sektion *Impexae* umfasst Arten mit isotomer, selten anisotomer, 2- bis 5facher Verzweigung. Die Inhaltsstoffe der Usninsäure- und Perlatolsäurekomplexe sind bei allen Arten vorhanden. Der Schleim in den Pykniden ist meist farblos, selten rot.

Cladonia mediterranea DUVIGN. & DES ABB.

In DES ABBAYES & DUVIGNEAUD, Rev. Bryol. Lichénol. 16: 95 (1947). Holotypus: France. Gard: Bellegarde, mas de Broussan, 1946, DUVIGNEAUD (PC, Isotypus BRLU, nicht überprüft). Synonym: *C. macaronesica* AHTI. Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo 32(1): 37 (1961), *Cladina mediterranea* (DUVIGN. & DES ABB.) FOLLM. & HERN.-PADR., Philippia 3: 369 (1978).

Untersuchte Proben: 54, davon 18 mit TLC; von *«C. macaronesica»* 34, wovon 9 mit TLC.

Inhaltsstoffe: Usnin-, Isousnin-, Perlatolsäure. Flecktest: PD−, K−.

Morphologie/Anatomie: Verzweigung isotom, mit Tendenz zur Anisotomie, oft mit undeutlichem Hauptstamm; Verzweigung dichotom (74%), aber auch trichotom (24%). Die Algenschicht ist oft kompakt ($67 \pm 17\,\mu m$) und weniger dick als die innere Medulla ($78 \pm 19\,\mu m$), die Wanddicke beträgt $144 \pm 32\,\mu m$. Die innere Medulla scheint an der Basis oft durch. Höhe 3–6 cm, Hauptstammdurchmesser 1–1,6 mm, Länge der Internodien 3,5–7 mm. Farbe weissgrau bis gelbgrün, Enden sparrig abstehend oder leicht gebogen. Pyknidenschleim farblos, Sporen $8–10 \times 2–3\,\mu m$, Ascus vom *Lecanora*-Typ. Bei Proben von feuchten oder schattigen Standorten ist die Algenschicht lockerer.

Proben von *«C. macaronesica»* weisen eine weniger kompakte Algenschicht auf, die meist aufgelöst (bei 63% der Proben) oder an der Basis durchscheinend (bei 37%) ist. Der Habitus ist zudem lockerer, die Zweige feiner und leicht gebogen. Die Resultate der vorliegenden Untersuchungen deuten darauf hin, dass die Luft- oder Substratfeuchtigkeit einen Einfluss auf die Beschaffenheit der Algenschicht und die Wuchsform hat. Die Variabilität entspricht derjenigen bei *C. portentosa* oder *C. arbuscula*. Diese morphologisch leicht abweichende Form wird als Morphotyp von *C. mediterranea* betrachtet. Die Proben von den Kanarischen Inseln wurden von AHTI (1961) als eigene Art, *Cladonia macaronesica* abgegrenzt. Detaillierte Untersuchungen des Verzweigungssystems und der Inhaltsstoffe (RUOSS 1989) haben aber ergeben, dass sich die beiden Arten nur unklar abgrenzen lassen und *C. macaronesica* daher als Synonym von *C. mediterranea* betrachtet werden kann.

Ökologie: Cladonia mediterranea wächst auf sandiger Erde in Dünen, Föhrenwäldern, Rosmarin- und Lavendelheiden und Steineichenwäldern oder auf moosbewachsenen Gesteinsblöcken. Auf den Kanarischen Inseln kommt sie vor allem in den Lorbeerwäldern oder im Ericetum arboreae vor. Weitere Angaben zur Ökologie der Rentierflechtenstandorte im Mittelmeergebiet und den Flechtengesellschaften machen DES ABBAYES & DUVIGNEAUD (1947), TAVARES (1947), KLEMENT (1965) und FOLLMANN (1976).

Verbreitung: C. mediterranea ist mediterran-atlantisch verbreitet. Nach AHTI (1961, 1984), DES ABBAYES (1959, 1960) und DES ABBAYES & DUVIGNEAUD (1947) umfasst ihr Areal das Mittelmeergebiet, die atlantische Küste bis nach Grossbritannien und die Kanarischen Inseln. Sie ist in den Meer- und Ligurischen -Alpen noch selten anzutreffen, kommt sonst aber meist in Küstennähe oder auf vorgelagerten Inseln vor (Abb. 3).

Cladonia portentosa (DUF.) COEM.

Bull. Acad. Roy. Belg., sér. 2, 19: 43, 49 (in sep. 14, 20) (1865). *Cenomyce portentosa* J. M. L. DUFOUR, Ann. gén. Sci. phys. Brux. 8: 29 (1817). Lektotypus: France. Landes: St. Sever, 1817, DUFOUR (PC – Herb. Desmazières, nach AHTI 1978: Isolektotypus H-Ach. 1952). Synonym: *Cladonia impexa* HARM., Lich. France 3: 232 (1907/1908) (nom. illegit.), *Cladina portentosa* (DUF.) FOLLM., Philippia 4: 34 (1979).

Untersuchte Proben: Insgesamt 173, wovon 81 mit TLC.

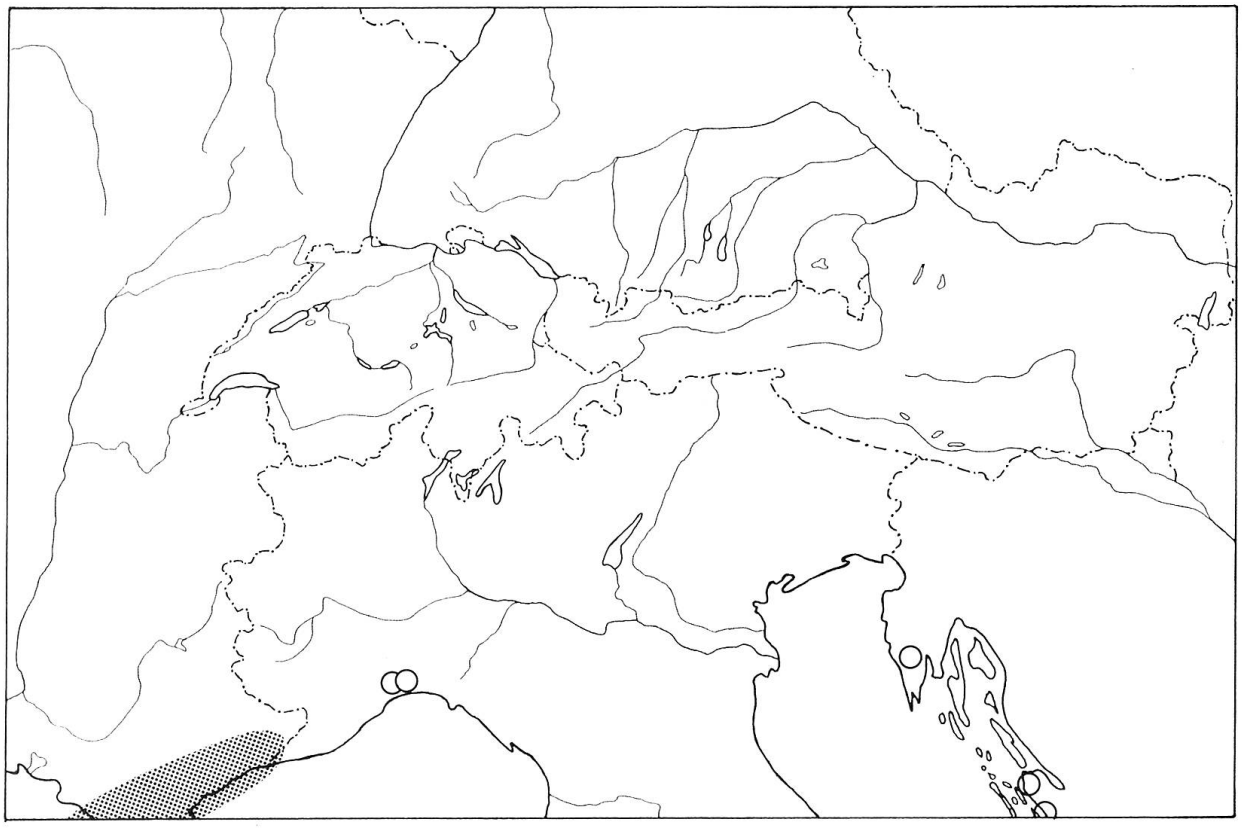

Abb. 3: Die Verbreitung von *Cladonia mediterranea* im Gebiet der Meeralpen.

Inhaltsstoffe: Usnin-, Isousnin-, Perlatolsäure. Flecktest: PD−, K−. Abweichende Chemorassen:

Ohne Usninsäure (Von AHTI [1961, 1984] als *C. portentosa* f. *subimpexa* [DUVIGN.] AHTI bezeichnet). Von dieser Chemorasse wurden in der vorliegenden Arbeit lediglich drei Proben nachgewiesen. Einige Proben enthielten nur Degradationsprodukte (z. B. Anziol) der Perlatolsäure.

Morphologie/Anatomie: Verzweigung anisotom, oft auch isotom, vorherrschend trichotom ($\bar{x} = 58\%$), seltener dichotom (35%) oder tetrachotom (12%). Algenschicht meist locker, filzig, innere Medulla durchscheinend (bei 39%) oder nur an der Basis locker (bei 43%), bei Proben von trockenen Standorten oft auch dicht (bei 18%). Die kompakte Algenschicht misst durchschnittlich $58 \pm 26\,\mu m$, die innere Medulla $68 \pm 25\,\mu m$ und die Podetienwand $131 \pm 28\,\mu m$. Höhe 2,5–10 cm, Länge der längsten Internodien 4,7–6,4 mm. Farbe gelbgrün bis graugrün. Pyknidenschleim farblos, Sporen $8–10 \times 2–4\,\mu m$, Asci vom *Lecanora*-Typ. *C. portentosa* ist morphologisch sehr variabel; aufgedunsene, robuste Formen wachsen oft in Nachbarschaft von sehr feinen, isotomen Formen.

Ökologie: Die Standorte von *C. portentosa* sind sehr unterschiedlich. Im Voralpengebiet ist sie hauptsächlich in Mooren, seltener an Wegböschungen, Weiden, Waldrändern oder auf Gesteinsblöcken anzutreffen. In ozeanischen Gebieten liegen die Standorte vor allem in Föhrenwäldern, Sanddünen, Heiden, Mooren, auf Gesteinsblöcken in lichten, feuchten Wäldern, auf Küstenfelsen, im Mittelmeergebiet auf «Kalkböden».

Verbreitung: C. portentosa ist ozeanisch verbreitet, von Nordnorwegen bis Südspanien (AHTI 1961: 40). Im Alpenraum kommt

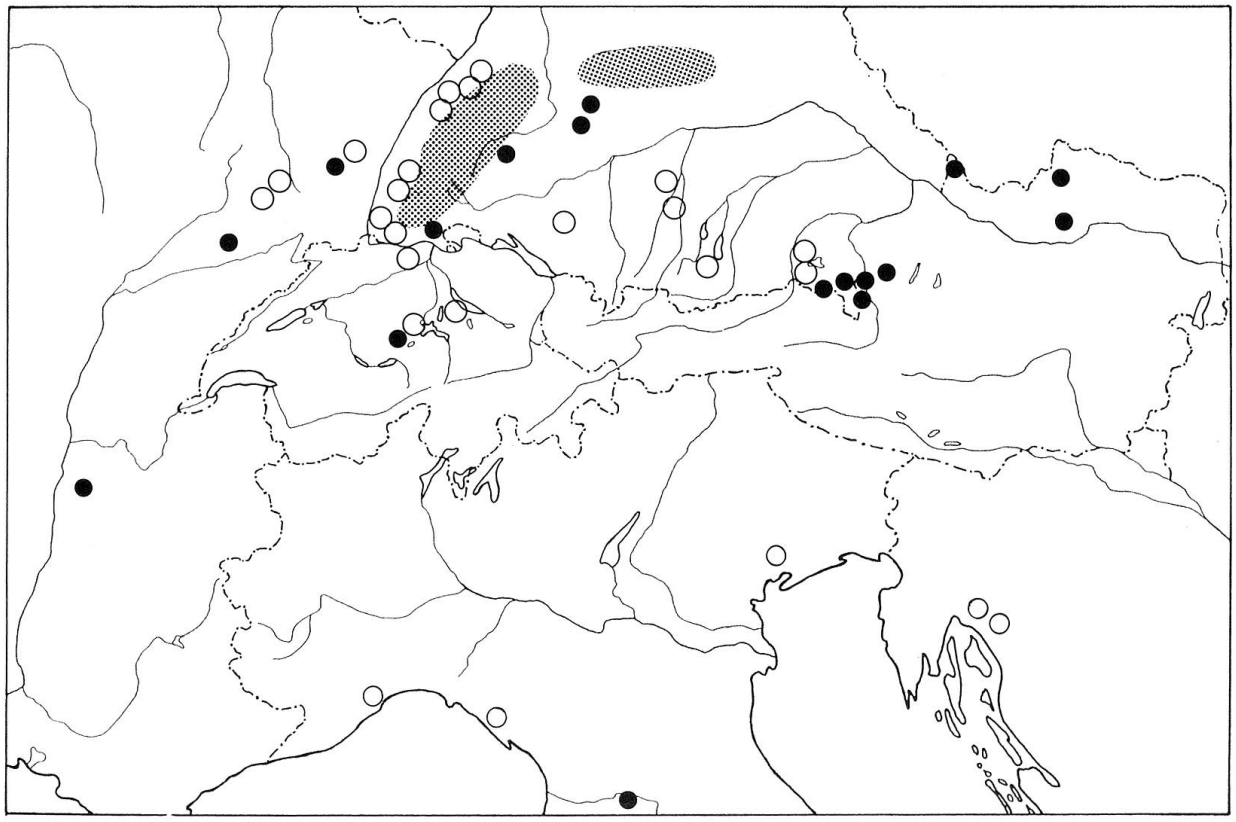

Abb. 4: Die Verbreitung von *Cladonia portentosa* im Alpenraum. o: nach 1960 nicht mehr nachgewiesen.

sie vor allem in den Vogesen, im Jura und Schwarzwald vor und ist in den Voralpengebieten noch vereinzelt in Mooren anzutreffen (Abb. 4). In den meisten mitteleuropäischen Gebieten sind ihre Standorte bedroht (RUOSS & CLERC 1987, TÜRK & WITTMANN 1986b, WIRTH 1987). Auch in Italien kommt *C. portentosa* vereinzelt in der Toskana, in Ligurien und in Sardinien vor. Die Mangelform ohne Usninsäure dürfte im gesamten Areal von *C. portentosa,* allerdings nur selten, anzutreffen sein.

Cladonia stellaris (OPIZ) POUZ. & VĚZDA

Preslia 43: 196 (1971). *Cenomyce stellaris* OPIZ, Böheims phan. crypt. Gew. 141 (1823)/OPIZ in Ponfinkl, Vollst. Umriss Topogr. Königr. Böhmen 493 (1823). Typus: homotypisch mit *Lichen rangiferinus* var. *alpestris* L. Synonym: *Cladonia alpestris* (L.) RABENH. Clad. Europ. 11 (1869), *Cladina stellaris* (Opiz) Brodo, Bryologist 79:363 (1976).

Untersuchte Proben: Insgesamt um 160, davon 18 mit TLC.

Inhaltsstoffe: Usnin-, Isousnin-, Perlatolsäure, oft auch Degradationsprodukte der Perlatolsäure. Flecktest: PD−, K−. Abweichende Chemorassen:

Proben ohne Perlatolsäure oder mit Psoromsäure (vgl. HUOVINEN & AHTI 1986) konnten in Mitteleuropa nicht nachgewiesen werden.

Morphologie/Anatomie: Farbe weissgrau bis weissgelb. Verzweigung isotom, vorherrschend tetrachotom (47%), trichotom (35%) und pentachotom (16%), sternförmig abstehende Enden, mit ± runden Achselöffnungen. Algenschicht dicht spinnwebig (um 100 µm), innere Medulla dünner (um 64 µm), Podetienwand 185 µm dick. Höhe zwischen 3 und 13 cm, selten höher (weitere

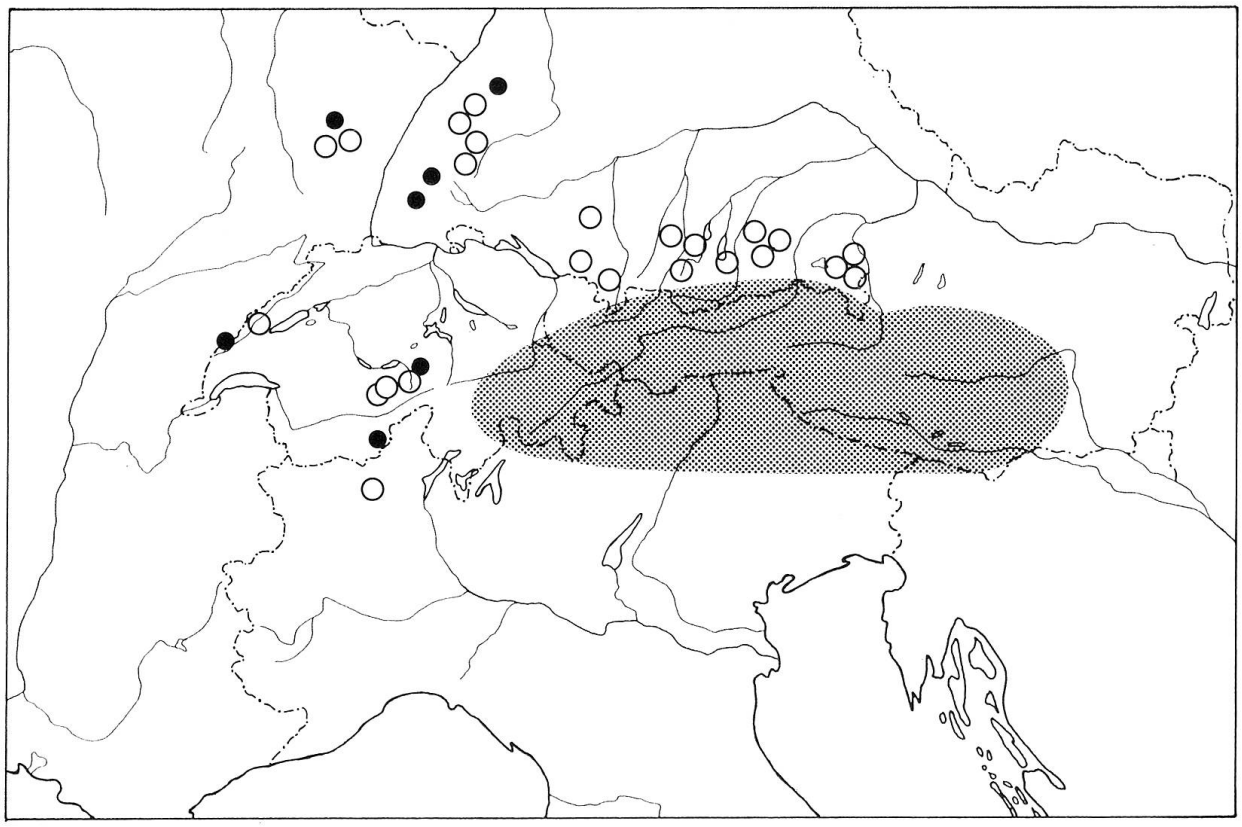

Abb. 5: Die Verbreitung von *Cladonia stellaris* im Alpenraum.

Eigenschaften vgl. DES ABBAYES 1939). Bei alpinen Proben konnten keine Apothezien beobachtet werden.

Ökologie: C. stellaris wächst an feuchten Standorten des mehr kontinentalen Alpengebietes und ist vor allem in den Zwergstrauchheiden, seltener in subalpinen Fichtenwäldern, anzutreffen. Sie bevorzugt kühle, schattige, oft nordexponierte Standorte in der subalpinen und alpinen Stufe. Zur Begleitflora gehören *C. rangiferina, C. stygia, C. macroceras, C. amaurocraea, C. bellidiflora, Alectoria ochroleuca, Cetraria cucullata, C. islandica, Vaccinium myrtillus, V. uliginosum, Arctostaphylos alpina, Empetrum nigrum, Loiseleuria procumbens.* Die pflanzensoziologische Einordnung der Bodenflechtengemeinschaften in den Alpen ist sehr unterschiedlich. FREY (1952) bezeichnete diese Gesellschaft als «Cladonietum alpestris», sie dürfte mit dem «Loiseleurio-Alectorietum ochroleucae» des Verbandes der arktisch-alpinen Strauchflechtengesellschaften (Cetrarion nivalis) identisch sein (ELLENBERG 1982). Vorkommen unterhalb der hochmontanen Stufe sind auf Hochmoore beschränkt. Aufgrund dieser Vorkommen wird *C. stellaris* von TÜRK & WITTMANN (1986a) als Glazialrelikt interpretiert, da im Alpengebiet die Hochmoore seit der Eiszeit unbewaldet waren. Die Ökologie von *C. stellaris*-Standorten in borealen Gebieten wurde bereits intensiv untersucht, u. a. von AHTI (1959, 1961, 1977), AHTI et al. (1968), FAHSELT (1981, 1984), KÄRENLAMPI (1970), OKSANEN (1981), OKSANEN & AHTI (1982).

Verbreitung: Gegenüber den anderen Rentierflechtenarten ist *C. stellaris* eher kontinental verbreitet (Abb. 5). In den borealen Zonen von Skandinavien und Osteuropa ist sie häufig anzutreffen. Sie fehlt hingegen in den Westalpen und in Kalkge-

bieten. Im Jura, in den Vogesen und im Schwarzwald kommt sie noch gelegentlich vor; ihre Standorte sind allerdings bedroht, und sie scheint dort auszusterben. Die westlichsten bekannten Vorkommen in den Alpen liegen an der Gemmi, im Unteraartal und am Susten (CH, Kt. Bern). Verbreitungskarten für Europa wurden von AHTI (1961: 50) publiziert. Angaben über die Verbreitung von *C. stellaris* in der Schweiz veröffentlichte FREY (1952 und 1959). Abgesehen von den Ostalpen, ist diese Art im Alpenraum bedroht oder bereits ausgestorben (TÜRK & WITTMANN 1986a,b, WIRTH 1987).

Sektion Crustaceae RABENH.

Die Arten der Sektion *Crustaceae* sind anisotom, 2- bis 4fach verzweigt. Die Inhaltsstoffe des Fumarprotocetrarsäurekomplexes sind meist vorhanden, gemeinsam mit Atranorin oder dem Usninsäurekomplex. Die Pykniden enthalten meist farblosen Schleim.

Cladonia arbuscula (WALLR.) FLOT. em. RUOSS

Bot. Helv. 97: 259 (1987). FLOTOW in Wendt, Thermen Warmbrunn 94 (in Sep. 5) (1839). *Patellaria foliacea* var. m. *Arbuscula* WALLR., Naturg. Säulch.-Fl. 169 (1829). Lektotyp: Deutsche Demokratische Republik. Thüringen: Nordhausen, leg. WALLROTH (STR). Inhaltsstoffe: Usninsäure, Psoromsäure, 2'-0-Demethylpsoromsäure. *Patellaria Arbuscula* (WALLR.) WALLR., Fl. Crypt. Germ. 1: 425 (1831). Synonym: *Cladonia sylvatica* (ACH.) RABENH., Clad. eur. 11 (1860) (nom. illegit.), *Cladonia sylvatica* HOFFM., Deutschl. Fl. 2: 114 (1796) (taxon vagum), *Cladina arbuscula* (WALLR.) HALE & CULB., Bryologist 73: 510 (1970).

Cladonia arbuscula hat einen bäumchenförmigen, anisotomen Habitus und wird durchschnittlich (2,2) 3,8–5,3 (11,8) cm hoch. Die Farbe ist grünweiss bis grüngrau, die Algenschicht dicht arachnoid. Die Verzweigungen sind mehrheitlich trichotom, häufig auch dichotom oder tetrachotom. Die Krone ist strauchig oder büschelig, die Enden einseitig gebogen bis allseitig sparrig abstehend. Neben dem stets vorhandenen Usninsäure-Komplex sind Depsidone der β-Orcinol-Serie oder Fettsäuren des Rangiformsäure-Komplexes meist vorhanden. Der Chemotyp, der nur Usninsäure enthält (O-Typ), ist nach HUOVINEN & AHTI (1986) eine bei vielen Arten der Gattung *Cladonia* vorhandene Mangelform und wird daher in neueren Arbeiten (AHTI 1984) ohne eigenen taxonomischen Status belassen. Die drei Unterarten subsp. *arbuscula,* subsp. *mitis* und subsp. *squarrosa* kommen an denselben Standorten vor und wachsen in separaten Polstern oder durchmischt im gleichen Polster.

Subsp. arbuscula

C. arbuscula s. str. in RUOSS & AHTI, Nova Hedwigia 41: 151 (1985).

Untersuchte Proben: Insgesamt 25, davon 22 mit TLC und 4 mit HPLC.

Inhaltsstoffe: Usnin-, Isousnin-, Psorom-, 2'-0-Demethylpsoromsäure. HPLC: zusätzlich Spuren von Fumarprotocetrar-, Protocetrarsäure, Cph-2 und unbekannte Substanzen. Flecktest: PD+ gelb, K–.

Morphologie/Anatomie: Der Habitus ist strauchig oder bäumchenförmig (bei 83%), die Enden sind meist nur leicht gebogen (ebenfalls 83%). Verzweigung trichotom (53%) oder dichotom (39%). Höhe 2,5–6,0 cm, Länge der Internodien 3–11 mm, Hauptstammdurchmesser 1,0–2,0 mm. Algenschicht ($\bar{x} = 72$ µm) ebenso dick wie innere Medulla ($\bar{x} = 76$ µm), Podetienwand durchschnittlich 148 µm (70–300 µm) dick. Bei vielen Proben fällt auf, dass mehrere Hauptstämme auftreten und dadurch eine abgerundete Krone ausgebildet wird.

Ökologie: Subsp. *arbuscula* ist selten und kommt vor allem in den Zwergstrauchheiden der alpinen Stufe Mitteleuropas vor. Die rezenten Funde aus den Westalpen stammen alle aus alpinen Zwergstrauchgesellschaften (1800–2400 m ü. M.) mit *Loiseleuria procumbens, Empetrum nigrum, Vaccinium uliginosum, V. myrtillus, Arctosta-*

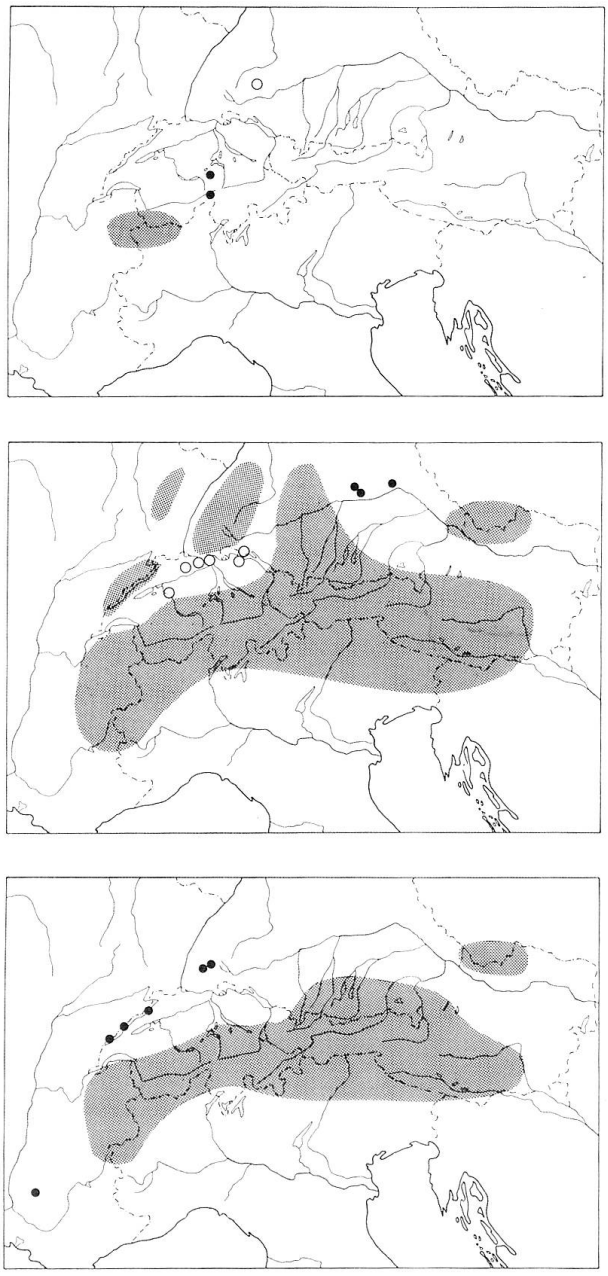

Abb. 6: Die Verbreitung von *Cladonia arbuscula* im Alpenraum. Oben: subsp. *arbuscula,* Mitte: subsp. *squarrosa,* unten: subsp. *mitis.*

phylos uva-ursi, Silene acaulis, Cetraria islandica, C. nivalis, Cladonia rangiferina, C. arbuscula subsp. *mitis* und subsp. *squarrosa.*

Verbreitung: Die Unterart *arbuscula* wurde für BR Deutschland, DR Deutschland, Schweden, die Schweiz und Frankreich nachgewiesen. Rezente Funde stammen alle aus dem Gebiet zwischen den Berner Alpen (Susten) und den französischen Alpen (Haute-Savoie, Chamonix) (Abb. 6 oben). Ausserhalb Europas ist lediglich ein Fund aus China bekannt.

Subsp. squarrosa (WALLR.) RUOSS
Bot. Helv. 97: 260 (1987). *Patellaria coccinea* var. g. *squarrosa* WALLR., Naturg. Säulchen.-Fl. 191 (1829). Lektotypus: Deutsche Demokratische Republik. Magdeburg: Harz, Brocken, leg. WALLROTH (STR). Inhaltsstoffe: Usninsäure, Fumarprotocetrarsäure, Protocetrarsäure, Cph-2, unbekannte Substanzen.

Untersuchte Proben: Insgesamt rund 720, davon 535 mit TLC und 103 mit HPLC.

Inhaltsstoffe: Usnin-, Isousnin-, Fumarprotocetrar-, Protocetrar-, Succinprotocetrarsäure, Cph-2, unbekannte Substanzen. Flecktest: PD+ orange-rot, K−. Abweichende Chemorassen:

O-Typ: enthält nur Usnin- und Isousninsäure. Diese Mangelform konnte im ganzen europäischen Verbreitungsgebiet nachgewiesen werden.

Ohne Usninsäure: enthält nur Fumarprotocetrar-, Protocetrarsäure, Cph-2 und unbekannte Begleitsubstanzen, Usninsäure fehlt. Diese graue Mangelform konnte im Schwarzwald (BR Deutschland) und in Espoo, Uusimaa (Südfinnland, leg. S. Hyvönen & T. Ahti; 1773, Herb. H) nachgewiesen werden.

Mit Protocetrarsäure: enthält neben Usnin- und Isousninsäure Protocetrarsäure als Hauptinhaltsstoff des Fumarprotocetrarsäurekomplexes. Die Probe stammt aus Südfinnland (NMLU-Ru 86/74).

Mit Atranorin: enthält neben den Säuren des Usnin- und Fumarprotocetrarsäurekomplexes zusätzlich Atranorin. Die Probe stammt aus dem Schweizer Jura (NMLU-Ru 83/700).

Morphologie/Anatomie: Die typische morphologische Form hat einseitig gebogene, büschelige Enden. Auch Formen mit allseitig abstehenden Enden sind häufig. Die Morphologie dieser Unterart ist sehr heterogen, die Messungen streuen sehr stark.

Höhe 3–10 cm, Länge der Internodien 3,2–11,2 mm, Hauptstamm 0,7–2,2 mm im Durchmesser. Die Algenschicht (104 µm) ist durchschnittlich dicker als die innere Medulla (68 µm) und an der Basis mehrheitlich kompakt. Farbe gelbweiss bis grüngrau. Krone strauchförmig oder büschelig, meist gebogen. Verzweigung trichotom (49%), dichotom (27%) oder tetrachotom (21%). Asci vom *Lecanora*-Typ, Sporen 7–9 × 2–4 µm, Pyknidenschleim farblos.

Ökologie: Subsp. *squarrosa* bevorzugt feuchte, schattige Standorte. Am häufigsten ist sie in Mooren und Heiden, Dünen mit Föhrenwäldern, montanen und subalpinen Nadelwäldern und in Zwergstrauchheiden anzutreffen. Sie ist an oligotrophe Standorte gebunden, kann aber an den ökologisch unterschiedlichsten Standorten vorkommen und ist in den Alpen auf allen Höhenstufen, von 800 m ü. M. bis zur nivalen Stufe, anzutreffen. Ihre Ansprüche an den Standort unterscheiden sich geringfügig von denjenigen von subsp. *mitis* (vgl. OKSANEN 1987).

Verbreitung: Subsp. *squarrosa* ist die häufigste Unterart von *C. arbuscula* und kommt auf der ganzen Nordhemisphäre vor (AHTI 1961: 104/115). In Europa ist sie gemeinsam mit *C. rangiferina* die am weitesten verbreitete Rentierflechte. In den Alpen ist sie vornehmlich in den nördlichen Vor- und Hochalpen zu finden (Abb. 6 Mitte). Aufgrund der vorliegenden Resultate bildet die Magadinoebene die südliche Arealsgrenze im Tessin. In den Westalpen kommt sie südlicher, bis in die «Hautes-Alpes» vor; vereinzelte Funde sind auch aus Italien bekannt (Südtirol, Sardinien).

Subsp. mitis (SANDST.) RUOSS
Bot. Helv. 97: 260 (1987). *Cladonia mitis* SANDST., Clad. exs. 55 (1918). Lektotyp: Bundesrepublik Deutschland. Oldenburg: Kronsberge bei Bösel, auf Sanddünen, 1916, H. SANDSTEDE, Clad. exs. 55 (BRNO, Isolektotyp: BERN, BRNO,H, NMLU). Inhaltsstoffe: Usnin-, Rangiform-, Norrangiform-, Fumarprotocetrar-, Protocetrarsäure, Cph-2, unbekannte Substanzen. – *Cladina mitis* (SANDST.) HUSTICH, Acta Geogr. Helsinki 12 (1): 27 (1951).

Untersuchte Proben: Insgesamt rund 500 Proben, davon 328 mit TLC und 31 mit HPLC.

Inhaltsstoffe: Usnin-, Isousnin-, Rangiform-, Norrangiformsäure als Hauptinhaltsstoffe. Fumarprotocetrar-, Succinprotocetrar-, Protocetrarsäure und Cph-2 meist in Spuren, mit HPLC nachweisbar; bei der sog. «Intermediären» in höheren Konzentrationen. Flecktest: PD– oder schwach orangerot, K–. Abweichende Chemorassen:

Ohne Fumarprotocetrarsäure: in 3% der Proben konnte überhaupt keine Substanz dieses Komplexes nachgewiesen werden. Mit TLC oder mit dem PD-Test sind sehr kleine Konzentrationen nicht erfassbar.

O-Typ: ohne Rangiformsäure und mit TLC keine Fumarprotocetrarsäure nachweisbar. Diese Mangelform kommt in Europa über das ganze Verbreitungsgebiet vor. Der O-Typ von subsp. *squarrosa* unterscheidet sich kaum von jenem von subsp. *mitis*.

Morphologie/Anatomie: Morphologisch sind die Proben dieser Unterart durch den etwas kleineren Wuchs und die mehr abstehenden Enden charakterisiert. Subsp. *mitis* ist morphologisch sehr variabel und gegenüber den anderen Unterarten nicht deutlich abgegrenzt. Höhe 2,2 bis 6 cm (maximal 11,8 cm), Länge der Internodien 2,4 bis 10,4 mm, Hauptstammdurchmesser 0,5 bis 2,2 mm. Die Algenschicht (± 72 µm) ist ungefähr gleich dick wie die innere Medulla (± 63 µm), Podetienwand durchschnittlich 137 µm, die Messungen streuen aber sehr stark. Farbe mehrheitlich gelbweiss oder gelbgrün, Enden mehr sparrig abstehend oder nur leicht gebogen. Krone strauchförmig, oft aber auch büschelig, nicht bäumchenförmig. Verzweigung trichotom (52%), dichotom (29%) oder tetrachotom (17%). Asci vom *Lecanora-Typ,* Pyknidenschleim farblos.

Ökologie: Subsp. *mitis* kommt bevorzugt an trockenen, windexponierten Standorten vor. Je ein Drittel der Proben stammt von Heiden und Mooren, Dünen mit Föhrenwäldern oder montanen und subalpinen Nadelwäldern und Zwergstrauchheiden. Wie

subsp. *squarrosa* kommt sie in den Alpen auf allen Höhenstufen, von 900 m ü. M. bis zur nivalen Stufe vor, meidet aber die feuchten Teile der Moore und ist nur vereinzelt an trockenen Bülten zu finden. Sie wächst in der alpinen und subalpinen Stufe vorwiegend an den gleichen Standorten wie subsp. *squarrosa*.

Verbreitung: Subsp. *mitis* ist über ganz Europa verbreitet (AHTI 1961: 120, 121), in ozeanischen Gebieten aber seltener als in kontinentalen. Mit zunehmender Höhe und nördlicher Breite ist sie häufiger als subsp. *squarrosa*. Die beiden Unterarten kommen aber oft gemeinsam, meist am gleichen Standort, vor. In den Alpen ist sie in der alpinen Stufe häufig, dagegen nur vereinzelt in den Mooren der Voralpen anzutreffen (Abb. 6 unten).

Cladonia rangiferina (L.) WEB. ex WIGG.

Fl. Holsatica 90 (1780). – *Lichen rangiferinus* L., Sp. pl.: 1153 (1753). Lektotypus: Schweden (?) (NOURISH & OLIVER 1974b). Synonym: *Cladina rangiferina* (L.) NYL., Not. Sällsk. Fauna Fl. Fenn. Förhandl. n.s. 5 (= Lich. orient.): 110 (1866).

Untersuchte Proben: Insgesamt rund 480, davon 119 mit TLC.

Inhaltsstoffe: Fumarprotocetrar-, Protocetrarsäure, Cph-2, Atranorin. Flecktest: PD+ orange-rot, K+ gelb. Abweichende Chemorassen (mit TLC überprüft):

Ohne Fumarprotocetrarsäure: enthält nur Atranorin und zeigt keine PD-Reaktion. Bisher konnten vier, sehr alte Proben dieser Chemorasse nachgewiesen werden.

Ohne Atranorin: enthält Fumarprotocetrar-, Protocetrarsäure, Cph-2 und unbekannte Substanzen.

Morphologie/Anatomie: C. rangiferina ist durch die graue Farbe und die stark gebogenen Enden charakterisiert und kann einzig mit *C. stygia* verwechselt werden. Die Morphologie von *C. rangiferina* ist u.a. von SANDSTEDE (1931), DES ABBAYES (1939) und AHTI (1961) ausgiebig diskutiert worden. Die Höhe der untersuchten Proben beträgt 2–12,5 cm, die Enden sind stark gebogen, meist braun, die Basis ebenfalls braun, oft ganz zuunterst leicht schwarz. Durchmesser des Hauptstammes 0,5–1,4 mm, Länge der längsten Internodien 7–17 mm. Die Verzweigung vorherrschend trichotom (52%) und tetrachotom (28%), seltener dichotom (17%). Asci vom *Lecanora*-Typ, Sporen 8–10 × 2–3 μm, Pyknidenschleim farblos.

Ökologie: C. rangiferina besiedelt alle oligotrophen Standorte. Besonders häufig kommt sie an Bülten in Mooren, auf Blockschutt in Nadelwäldern bis in die subalpine Stufe und in Zwergstrauchheiden vor. Sie besiedelt aber auch Baumstrünke, Fichtenzapfen und andere, langsam vermodernde Substrate. An windexponierten Standorten ist sie weniger häufig.

Verbreitung: C. rangiferina ist die am weitesten verbreitete und häufigste Rentierflechte (vgl. AHTI 1961: 88/93). In Europa kommt sie von Südspanien, Portugal und Italien bis Spitzbergen vor. Sie ist in intensiv bewirtschafteten Gebieten verdrängt worden, kommt aber sonst noch im ganzen Alpenraum ziemlich häufig vor (Abb. 7). Vollständig verschwunden ist sie in den Laubmischwäldern mit reichem Unterwuchs im Schweizer Mittelland.

Cladonia stygia (FR.) RUOSS

Bot. Helv. 95: 241 (1985). – *Cladonia rangiferina* f. *stygia* FRIES, Nov. sched. crit. 3: 22 (1826). *Cladina stygia* (FR.) AHTI, Beih. Nova Hedwigia 79: 45 (1984). Typus: Schweden. Småland, in bogs. Neotypus in AHTI & HYVÖNEN, Ann. Bot. Fenn. 22: 223 (1985): Schweden. Södermanland: St. Malm, Sörgölet, in sphagneto, 1918 G.A.O. MALME, MALME: Lich. Suec. Exs. 726 (H; Isoneotypus: UPS).

Untersuchte Proben: Insgesamt 50, davon 13 mit TLC.

Inhaltsstoffe: Atranorin, Fumarprotocetrar-, Protocetrarsäure, Cph-2 und unbe-

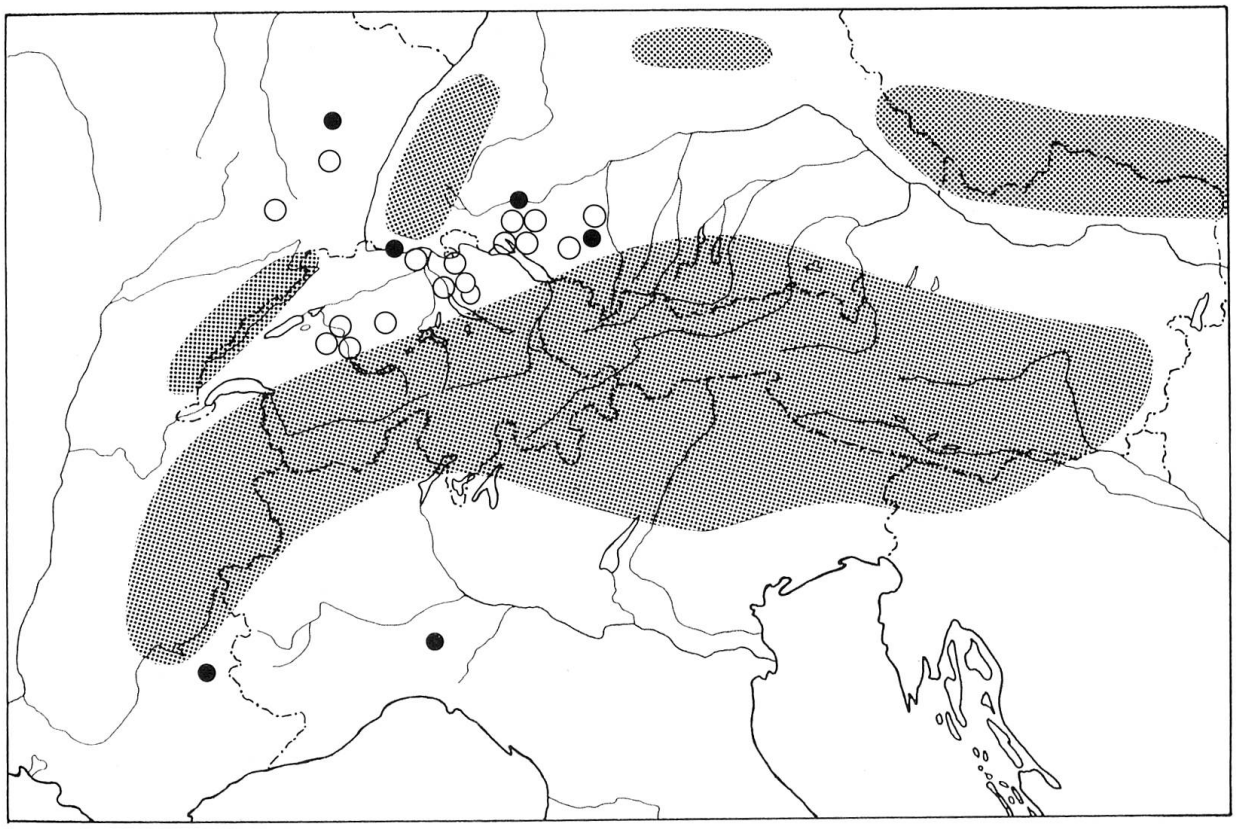

Abb. 7: Die Verbreitung von *Cladonia rangiferina* im Alpenraum.

kannte Substanzen. Flecktest: PD+ orangerot, K+ gelb.

Morphologie/Anatomie: C. stygia ist morphologisch ähnlich *C. rangiferina,* hat aber eine mehr olivgraue Farbe, weniger gebogene Enden und eine rauhere Podetienoberfläche. Die innere Medulla wird von innen her bis über die Hälfte des Podetiums nekrotisch schwarz. Unter der weissgrau granulösen Algenschicht scheint die nekrotische Schicht an der unteren Podetienhälfte durch. Die Enden sind leicht gebogen, laufen dünn aus und sind oft einseitig gebräunt. Verzweigung trichotom (58%) und tetrachotom (26%), seltener dichotom (14%). Asci vom *Lecanora*-Typ, Sporen $7-10 \times 2{,}5-4\,\mu m$, Pyknidenschleim rot. Der rote Pyknidenschleim gilt neben der nekrotischen Medulla als wichtigstes Unterscheidungsmerkmal.

Ökologie: C. stygia bevorzugt im Vergleich zu *C. rangiferina* eher feuchte, schattige Kleinstandorte. *C. rangiferina, C. arbuscula* subsp. *squarrosa, C. portentosa, Pinus mugo, Vaccinium oxycoccos, Calluna vulgaris, Andromeda polifolia, Aulacomnium palustre, Dicranum bergeri, Sphagnum capillifolium, S. magellanicum, S. rubellum* und *Polytrichum strictum* sind einige typische Begleiter an den Fundorten in den Mooren der Voralpen. Nach Angaben von WITTMANN & TÜRK (1986) stammen die Funde von Österreich (Salzburg) aus naturnahen Latschenhochmooren. Aufgrund dieser Beobachtungen dürfte *C. stygia* ein Zeiger für unberührte Moorkomplexe sein, gehört dadurch aber auch zu den gefährdetsten Flechten Österreichs. Dies entspricht den Beobachtungen in Mooren der Schweizer Voralpen und des Juras. Inzwischen konnte die Art auch in den subalpinen Zwergstrauchheiden nachgewiesen werden. Sie wächst dort an feuchten, schattigen Standorten

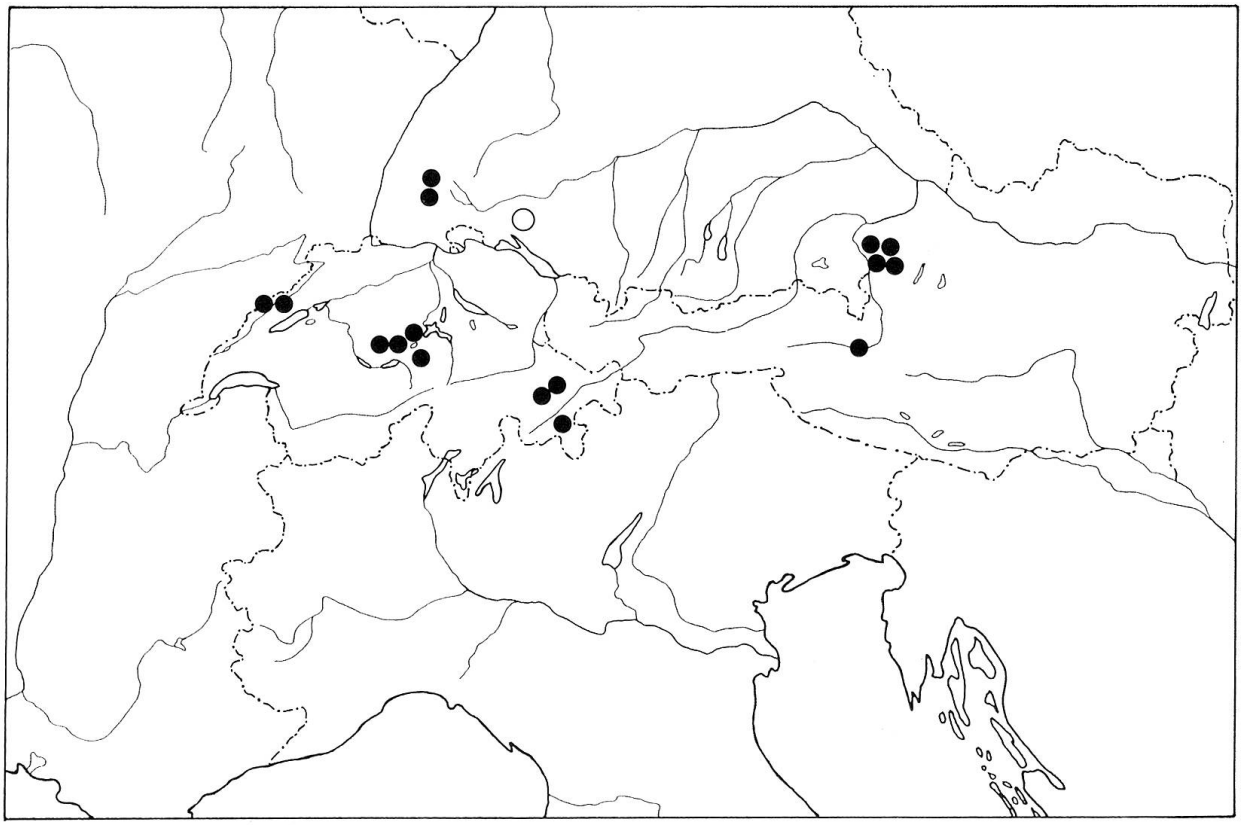

Abb. 8: Die Verbreitung von *Cladonia stygia* im Alpenraum.

gemeinsam mit *C. stellaris, C. rangiferina, C. amaurocraea, C. macroceras, Alectoria ochroleuca, Cetraria islandica, C. cucullata, C. nivalis, Vaccinium uliginosum, V. vitis-idaea, Loiseleuria procumbens.*

Verbreitung: C. stygia hat nach AHTI & HYVÖNEN (1985) eine holarktische Verbreitung und kommt im borealen Gebiet häufig vor. Im Alpenraum konnte sie bisher im Jura, im Schwarzwald, in den Schweizer Voralpen, in den Österreicher Voralpengebieten (Bundesland Salzburg, vgl. WITTMANN & TÜRK 1986) und in der Steiermark nachgewiesen werden. Während der vorliegenden Studien wurde sie mehrmals in den Schweizer Alpen gefunden (Abb. 8). Aufgrund der bisherigen Untersuchungen im Alpenraum sind Ökologie und Verbreitung derjenigen von *C. stellaris* ähnlich; sie dürfte demnach vor allem in kontinentalen Gebieten der Alpen noch zu finden sein.

Sektion Tenues DES ABB.

Die Arten der Sektion *Tenues* enthalten Inhaltsstoffe des Fumarprotectrarsäurekomplexes, kombiniert mit Usninsäure oder Atranorin. Die Verzweigung ist dominant dichotom und anisotom, oft aber auch isotom. Die Pykniden enthalten roten Schleim.

Cladonia ciliata STIRT.

Scott. Naturalist 3: 308 (1888). Typus: Scotland. New Galloway, Knockmalling Wood (BM). Inhaltsstoffe (Isotypus): Fumar-, Protocetrarsäure, Cph-2. Synonym: *Cladonia tenuis* (FLK.) HARM., Lich. France 3: 228 (1907/1908), *Cladonia leucophaea* DES ABB., Bull. Soc. Sci. Bretagne 13: 125 (1936), *Cladina ciliata* (STIRT.) TRASS, Folia Crypt. Eston. 11: 6 (1979) («1978»).

Untersuchte Proben: Insgesamt rund 170, davon 62 mit TLC.

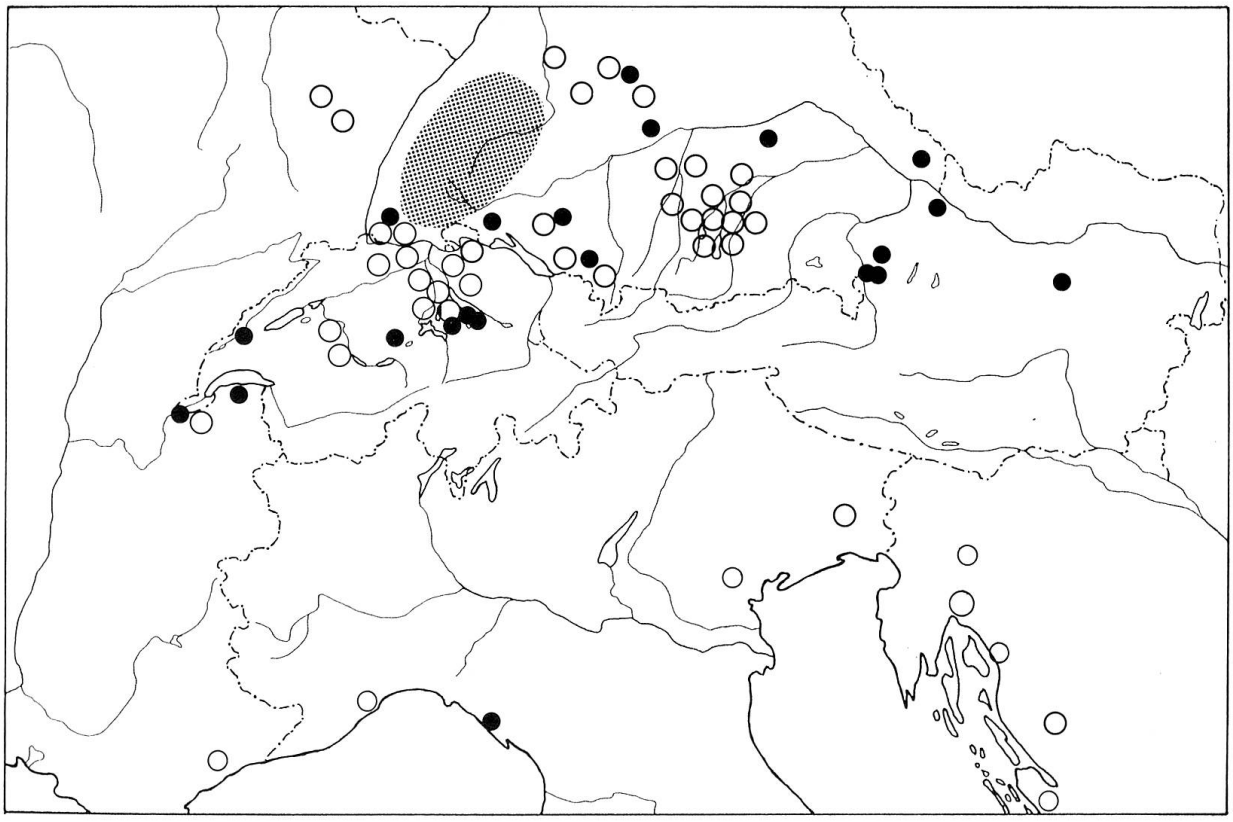

Abb. 9: Die Verbreitung von *Cladonia ciliata* im Alpenraum.

Inhaltsstoffe: Usnin-, Isousnin-, Fumarprotocetrar-, Protocetrarsäure, Cph-2 und unbekannte Begleitsubstanzen. Flecktest: PD+ orange-rot, K−. Abweichende Chemorassen:

Ohne Usninsäure: *C. leucophaea* wurde von RAMAUT et al. (1966) als Mangelform von *C. tenuis* erkannt. Diese Chemorassen werden in neueren Arbeiten als Formen von *C. ciliata* (f. *ciliata* und f. *tenuis*) unterschieden (AHTI 1984). *C. ciliata* f. *ciliata* konnte in der Schweiz erst einmal nachgewiesen werden.

Morphologie: C. ciliata bildet schlanke Podetien mit deutlichem Hauptstamm und einseitig, stark gebogenen, meist bräunlichen Enden. Farbe weissgelb bis graugrün, Höhe 2–9 cm, mit einer Algenschicht von 50–60 µm, einer inneren Medulla von ± 70 µm und einem Podetienwanddurchmesser von 120–130 µm. Die Algenschicht hat meist eine verdichtete Oberfläche, die an der Basis oft als rindenähnliche Schicht erscheint. Verzweigung deutlich dichotom (75%), seltener trichotom (22%). Pyknidenschleim rot. Kleine, grüngraue Formen mit viel trichotomen Verzweigungen sind leicht mit einer Form von *C. arbuscula* subsp. *squarrosa* zu verwechseln. Über 90% der untersuchten Proben zeigten Anteile von dichotomer Verzweigung von über 60%. Ein weiteres sicheres Bestimmungsmerkmal von *C. ciliata* ist der rote Pyknidenschleim, der oft als roter Tropfen an den Pykniden sichtbar ist.

Ökologie: C. ciliata wächst vor allem an Bülten in Hochmooren, auf moosreichem Boden in feuchten Schluchtwäldern, auf Felsblöcken, seltener in Weiden oder Dünen. In feuchten Teilen des Moores kommt meist die grossgewachsene, typisch gelbgrüne Form, gemeinsam mit *C. portentosa,* vor.

In den randlichen, austrocknenden Gebieten der Moore mit «Verheidung» (vgl. GRÜNIG et al. 1986) ist eine kleine, graue Form anzutreffen. Die beiden Chemorassen besiedeln dieselben Standorte.

Verbreitung: C. ciliata ist eine ozeanisch-subozeanisch verbreitete Art mit einer europäischen Verbreitung von den Kanarischen Inseln bis nach Nordnorwegen. Die Südgrenze liegt im Gebiet des nördlichen Mittelmeeres, die Ostgrenze im Westen der Sowjetunion. In Mitteleuropa ist diese Art vom Aussterben bedroht (RUOSS & CLERC 1987, WIRTH 1987). In den teilweise unter Naturschutz stehenden Moorgebieten der Schweizer Voralpen ist sie stark zurückgegangen (Abb. 9), was auf die zunehmende Austrocknung und den Nährstoffeintrag durch Düngung und nährstoffreichen Niederschlag zurückzuführen sein dürfte.

Diskussion

Probleme der Systematik und Taxonomie der Rentierflechten

Die grosse Variabilität der Rentierflechten hat bereits in früheren Jahren zu einer starken Aufsplitterung der Sippen geführt. Zu den zwei Arten von Linné wurden später für europäische Rentierflechten 180 Arten und infraspezifische Taxa beschrieben und in 19 Gattungen sowie 15 Untergattungen und Sektionen eingeordnet (u. a. VAINIO 1887 bis 1897, SANDSTEDE 1931). So wurden in den letzten 200 Jahren über 400 verschiedene Kombinationen für die in der vorliegenden Arbeit behandelten elf Taxa verwendet. Die taxonomische Einordnung dieser variablen Flechtengruppen mit wenigen, schwierig erfassbaren Unterscheidungsmerkmalen, ist heute, trotz zusätzlicher anatomischer, chemischer und ökophysiologischer Merkmale sowie statistischer Auswertungsmethoden immer noch mit Abgrenzungsproblemen verbunden.

Problematisch waren insbesondere die Taxonomie und die Nomenklatur von *Cladonia arbuscula*. Bei der Lektotypifizierung dieser Art zeigte sich, dass das Typusmaterial nicht den üblichen Fumarprotocetrarsäure-Komplex enthielt, sondern den Psoromsäure-Komplex (RUOSS & AHTI 1985). Sobald der Psoromsäure-Chemotyp einen taxonomischen Status erhielt, galt es, für den vormals als *C. arbuscula* (WALLR.) FLOT. oder *C. sylvatica* s. auct. bekannten Fumarprotocetrarsäure-Chemotyp einen neuen Namen zu suchen. Dabei erwies sich *C. squarrosa* (WALLR.) FLOT. als ältester Name.

Die Untersuchungen haben zudem ergeben, dass die beiden Arten *C. arbuscula* und *C. mitis* SANDST. aufgrund der Inhaltsstoffe nicht eindeutig unterscheidbar, die morphologischen Merkmale sehr variabel und regional verschieden, sowie die ökologischen und chorologischen Unterschiede sehr gering sind. Damit war eine Unterscheidung auf Artebene unmöglich (RUOSS 1987b). Weitere Beobachtungen zeigten, dass diese beiden Arten nah verwandt sind. Die beiden Taxa sind oft miteinander verwachsen, was bei klar getrennten Arten kaum vorkommt. Die Untersuchungen mit HPLC (RUOSS & HUOVINEN 1989) zeigten, dass die Konzentrationen der Inhaltsstoffe sehr stark variieren, dies sowohl in einem einzelnen Polster als auch an verschiedenen Standorten und verschiedenen Lokalitäten. Allen Chemotypen gemeinsam sind neben dem Usninsäure- auch der Fumarprotocetrarsäure-Komplex, wobei letzterer bei *«mitis»* in nur sehr geringer Konzentration vorkommt. Diese Variabilität der Fumarprotocetrarsäurekonzentration (das Fehlen dieser Säure galt als Hauptmerkmal der ursprünglichen Art *C. mitis*) bestätigte sich auch bei der Analyse des Typmaterials von *C. mitis:* die verschiedenen Flechtenstoffe konnten auch in unterschiedlichen Konzentrationen an diesem morphologisch einheitlichen Material nachgewiesen werden.

Aufgrund der vielen intermediären Morpho- und Chemotypen und damit der unklaren Abgrenzung der verschiedenen Gruppen wurde vorgeschlagen, diese unter einer Sammelart *C. arbuscula* zusammenzufassen.

Aufgrund der Resultate hätte sich eine Unterscheidung auf Varietätsebene ergeben. Auf dieser Ebene wäre – da bereits viele Namen existieren, die grossenteils schwierig typifizierbar sind – die Namensgebung sehr labil und kurzfristig gewesen. Daher wurde die unübliche Unterscheidung auf Unterartebene, mit entsprechenden Neukombinationen, vorgezogen. Neben den chemischen, morphologischen, ökologischen und geographischen Eigenschaften der Taxa wurden damit auch praktische taxonomische Kriterien berücksichtigt. Wichtige Kriterien hierfür sind die Stabilität der Nomenklatur, die Nachvollziehbarkeit und die Anwendbarkeit in der allgemeinen Botanik. Letztere hat vermehrt im Bereiche des Natur- und Umweltschutzes und in der Planung Eingang gefunden. Sie ist daher auf eine stabile und anwendbare Taxonomie und Nomenklatur angewiesen.

Cladonia stygia ist eine oftmals schwierig erkennbare Art. Bei der Überprüfung der Merkmale zeigte sich, dass die nekrotische Medulla (bis über die Hälfte des Podetiums) stets mit dem roten Pyknidenschleim korreliert ist. Bisher konnten in schleimhaltigen Pykniden mit TLC keine Spuren aussergewöhnlicher Substanzen gefunden werden. Die Abgrenzung gegenüber *C. rangiferina* ist oft schwierig. Die Frage nach der Artberechtigung von *C. stygia* (vgl. WIRTH 1987, WITTMANN & TÜRK 1986) ist nicht klar zu beantworten, da über die Entstehung der Merkmale noch nichts bekannt ist. Ökologische und chorologische Untersuchungen zeigen jedoch, dass standörtliche Unterschiede gegenüber *C. rangiferina* vorhanden sind, wie dies auch OKSANEN (1987) bestätigt. Die Art ist sicherlich ein wichtiger Indikator für oligotrophe, naturnahe Standorte (RUOSS et al. 1987, WITTMANN & TÜRK 1986).

Schutz von Rentierflechtenstandorten

Die Rentierflechtenvorkommen sind seit dem letzten Jahrhundert stark zurückgegangen. Die heutige Verbreitung der Rentierflechten zeigt, dass die Flechten oligotropher Standorte durch die Intensivierung der Landwirtschaft (Entwässerung, Düngereintrag) und Forstwirtschaft (Veränderung der Artenzusammensetzung der Baumschicht und des Unterwuchses) sowie durch Luftverunreinigung im Flachland ausgestorben und im Alpenvorland stark gefährdet sind (vgl. RUOSS & CLERC 1987). Auch in den Alpen werden Flechtenstandorte infolge der Intensivierung der Alpwirtschaft und der zunehmenden touristischen Erschliessung, besonders bei Pistenplanierungen, immer mehr verdrängt. Im Gegensatz zu den Blütenpflanzen, die wieder angepflanzt werden können oder wieder natürlicherweise aufkommen, brauchen die langsam wachsenden Bodenflechten an extremen Standorten weit mehr als 100 Jahre, bis sie wieder regeneriert sind. Eindrücklich dokumentieren auch die Roten Listen Deutschlands (WIRTH 1984) und Österreichs (TÜRK & WITTMANN 1986a) den Rückgang der Flechten oligotropher Standorte.

Um die Rentierflechtenflora zu erhalten, gilt es, die Hochmoore und nährstoffarmen alpinen Standorte zu schützen oder entsprechend schonend zu nutzen und zu pflegen. Der letzte bekannte Standort von *C. portentosa* in der Schweiz (RUOSS 1985, RUOSS & CLERC 1987), im Hochmoor Tällenmoos bei Escholzmatt (Kanton Luzern), konnte wegen seines Reichtums an Rentierflechten (zusätzlich mit *C. rangiferina, C. stygia, C. arbuscula*) vordringlich geschützt werden. Damit wurde wohl erstmals in Europa ein Biotop aufgrund von bedeutenden Flechtenvorkommen geschützt. Ob allerdings solche kleinen, isolierten Standorte mit dem Biotopschutz langfristig gerettet werden können, ist in Anbetracht der anthropogenen Einflüsse (lokal und global) auf die ursprünglichen Ökosysteme, erst in den kommenden Jahrzehnten absehbar.

Dank

Die vorliegende Arbeit basiert auf Untersuchungen, die in den Jahren 1983 bis 1988 am Systematisch-Geobotanischen Institut der Universität

Bern, am Department of Botany und an der School of Pharmacy der Universität Helsinki sowie am Natur-Museum Luzern durchgeführt wurden. Den beiden Leitern der Arbeit, Dr. K. Ammann (Bern) und Prof. T. Ahti (Helsinki) möchte ich an dieser Stelle für die Hilfsbereitschaft während den Untersuchungen, die zahlreichen Textkorrekturen und die vielen gemeinsamen Exkursionen herzlich danken. Zum Gelingen der Arbeit haben viele Kollegen beigetragen; bei ihnen allen möchte ich mich bedanken, ebenso bei den Kuratoren der Herbarien für die Ausleihe von Herbarproben. Speziell erwähnen möchte ich Prof. Dr. G. Lang (Bern), Prof. Dr. K. Huovinen (Helsinki) und Dr. P. Herger (Luzern), die mir die Infrastruktur ihrer Institutionen für die Untersuchungen sowie einen Arbeitsplatz zur Verfügung stellten und zusätzlich mit mancherlei Anregungen zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben. Unterstützt wurden die Studien durch ein Stipendium des finnischen Ministeriums für Erziehung (Helsinki).

LITERATURVERZEICHNIS

ABBAYES, H., DES (1939): *Révision monographique des Cladonia du sous-genre Cladina (Lichens).* – Bull. Soc. Sci. Bretagne 16, hors sér. 2, 154 S.

ABBAYES, H., DES (1959): *L'aire géographique de Cladonia mediterranea Duv. & des Abb. (Lichens) et son écologie d'après de nouvelles observations.* – *Rev. Bryol. Lichénol. 28/3–4, 355–358.*

ABBAYES, H., DES (1960): *L'aire géographique de Cladonia mediterranea Duv. & des Abb. (Lichens) et son écologie d'après de nouvelles observations.* Supplément. Rev. Bryol. Lichénol. 29/1–2, 117–118.

ABBAYES, H., DES & DUVIGNEAUD P. (1947): *Un nouveau Lichen méditerranéo-atlantique: Cladonia mediterranea Duvign. et des Abb.* – Rev. Bryol. Lichénol. 16, 95–104.

AHMADJIAN, V. (1960): *Some new and interesting species of Trebouxia, a genus of lichenized algae.* – Amer. Journ. Bot. 47, 677–683.

AHTI, T. (1959): *Studies on the caribou lichen stands of Newfoundland.* Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo 30, 1–44.

AHTI, T. (1961): *Taxonomic studies on reindeer lichens (Cladonia, subg. Cladina).* – Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo 32, 160 S.

AHTI, T. (1977): *Cladonia Wigg. subgen. Cladina (Nyl.) Leight.* – In: POELT, J. & VĚZDA, A. (1977): *Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten.* Ergänzungsheft 1. – Cramer, Vaduz, 45–49.

AHTI, T. (1984). *The status of Cladina as a genus segregated from Cladonia.* – Beih. Nova Hedwigia 79, 25–61.

AHTI, T. (1986): *New species of reindeer lichens (Cladina).* – Ann. Bot. Fennici 23, 221–227.

AHTI, T. & HYVÖNEN, S. (1985): *Cladina stygia, a common, overlooked species of reindeer lichen.* – Ann. Bot. Fennici 22, 223–229.

AHTI, T., HÄMET-AHTI, L. & JALAS, J. (1968): *Vegetation zones and their sections in north western Europe.* – Ann. Bot. Fennici 5, 169–211.

ANDREEV, V. N. (1954): *Prirost kormovyh lisajnikov i priemy ego regulirovanija.* – Trudy Bot. Inst. Akad. Nauk SSSR. Bot. Ser. 3/9, 11–74.

ASAHINA, Y. (1941): *Chemismus der Cladonien unter besonderer Berücksichtigung der japanischen Arten.* – Journ. Jap. Bot. 17, 620–630.

BRODO, I. M. (1976): *A new combination for Cladonia stellaris.* – Bryologist 79, 363–364.

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.* – J. Chromatogr. 46, 85–93.

ELLENBERG, H. (1982): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht.* – 3. verb. Aufl., Stuttgart, Ulmer, 989 S.

EVANS, A. W. (1943). *Microchemical studies on the genus Cladonia, subgenus Cladina.* – Rhodora 45, 417–438.

FAHSELT, D. (1981): *Lichen products of Cladonia stellaris and C. rangiferina maintained under artificial conditions.* – Lichenologist 13/1, 87–91.

FAHSELT, D. (1984): *Interthalline variability in levels of lichen products within stands of Cladina stellaris.* – Bryologist 87, 50–56.

FOLLMANN, G. (1976): *Lichen flora and lichen vegetation of the Canary Islands.* Monogr. Biol. 30, 267–286.

FREY, E. (1952): *Die Flechtenflora und -vegetation des Nationalparks im Unterengadin. I. Teil: Die diskokarpen Blatt- und Strauchflechten.* – Erg. wiss. Unters. Schweiz. Nationalparks N.F. 3/27, 377–504.

FREY, E. (1959): *Beiträge zur Lichenenflora der Schweiz. I. Familie der Cladoniaceae II. Parmeliaceae.* – Ber. Schweiz. Bot. Ges. 69, 155–245.

GÄRTNER, G. (1985): *Die Gattung Trebouxia Puymaly (Chlorellales, Chlorophyceae).* – Arch. Hydrobiol. Suppl. 71/4, 495–548.

GRÜNIG, H., VETTERLI, L. & WILDI, O. (1986): *Die Hoch- und Übergangsmoore der Schweiz.* – Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Ber. 281, 62 S.

HALE, M.E. & CULBERSON, W.L. (1970): *A fourth checklist of the lichens of the continental United States and Canada.* – Bryologist 73, 499–544.

HILDRETH, K.C. & AHMADJIAN, V. (1981): *A study of Trebouxia and Pseudotrebouxia isolates from different lichens.* – Lichenologist 13, 65–86.

HUOVINEN, K. (1986): *Chromatographic studies on the aromatic substances in Cladina and Cladonia, section Unciales.* – Diss. Univ. Helsinki.

HUOVINEN, K. & AHTI, T. (1986): *The composition and contents of aromatic lichen substances in the genus Cladina.* – Ann. Bot. Fennici 23, 93–106.

HUOVINEN, K., HILTUNEN, R. & VON SCHANTZ, M. (1985): *A high performance liquid chromatographic method for the analysis of lichen compounds from the genera Cladina and Cladonia.* – Acta Pharm. Fenn. 94, 99–112.

JAHNS, H.M. & BELTMAN, H.A. (1973): *Variations in the ontogeny of fruiting bodies in the genus Cladonia and their taxonomic and phylogenetic significance.* – Lichenologist 5, 349–367.

KÄRENLAMPI, L. (1970): *Morphological analysis of the growth and productivity of the lichen Cladonia alpestris.* – Rep. Kevo subarctic Res. Stat. 7, 9–15.

KLEMENT, O. (1965): *Zur Kenntnis der Flechtenvegetation der Kanarischen Inseln.* – Nova Hedwigia 9, 503–582.

MATTICK, F. (1938): *Systembildung und Phylogenie der Gattung Cladonia.* – Bot. Zentralbl. 58B, 215–234.

MEISCH, J.P. (1981): *Beiträge zur Isolation, Kultur und Systematik von Flechtenalgen.* – Diss. Univ. Innsbruck, 160 S.

NOURISH, R. & OLIVER, R.W.A. (1974). *Chemotaxonomic studies on British lichens. I. Cladonia subgenus Cladina.* – Lichenologist 6, 73–95.

NYLANDER, W. (1866): *Prodromi Lichenographiae Scandinaviae supplementia. Lichenes Lapponiae Orientalis.* – Not. Sällsk. F. Fl. Fenn. Förhandl., nova ser. 5, 99–152.

OKSANEN, J. (1981): *Reindeer lichen (Cladina) vegetation of rock outcrops on a coast-inland transect in South Finland.* – Ann. Bot. Fennici 18, 133–154.

OKSANEN, J. (1987): *Problems of joint display of species and site scores in correspondence analysis.* – Vegetatio 72, 51–57.

OKSANEN, J. & AHTI, T. (1982): *Lichen-rich pine forest vegetation in Finland.* – Ann. Bot. Fennici 19, 275–301.

RAMAUT, J., SCHUMACKER, R., LAMBINON, J. & BAUDUIN, C. (1966). *Dosage spectrophotométrique et signification chimiotaxonomique de l'acide usnique chez Cladonia tenuis (Flk.) Harm., C. leucophaea des Abb. et C. impexa Harm.* – Bull. Jard. Bot. de l'Etat (Bruxelles) 36, 399–414.

RUOSS, E. (1985): *Die Rentierflechte Cladonia stygia in den Alpen.* – Bot. Helv. 95, 239–245.

RUOSS, E. (1987a): *Species differentiation in a group of reindeer lichens (Cladonia subg. Cladina).* – Bibl. Lichenol. 25, 197–206.

RUOSS, E. (1987b): *Chemotaxonomische und morphologische Untersuchungen an den Rentierflechten Cladonia arbuscula und C. mitis.* – Bot. Helv. 97, 239–263.

RUOSS, E. (1989): *Die Verzweigung als Unterscheidungsmerkmal bei Rentierflechten (Cladonia subg. Cladina).* – Herzogia 8, 125–136.

RUOSS, E. & AHTI T. (1985): *Die Rentierflechten (Cladonia subg. Cladina) im Herbarium Wallroth, Strassburg.* – Nova Hedwigia 41, 147–158.

RUOSS, E. & AHTI T. (1989): *Systematics of some reindeer lichens (Cladonia subg. Cladina) in the Southern Hemisphere.* – Lichenologist 21, 29–44.

RUOSS, E. & CLERC, P. (1987): *Bedrohte Flechtenrefugien im Alpenraum.* – Verh. Gfö (Graz 1985) XV, 121–128.

RUOSS, E. & HUOVINEN, K. (1989): *Die intraspezifische Variabilität der phenolischen Inhaltsstoffe bei der Rentierflechte Cladonia arbuscula.* – Nova Hedwigia 48, 253–297.

RUOSS, E., MAYRHOFER, H. & PONGRATZ, W. (1987): *Eine Rentier- und eine Becherflechte, neu für die Steiermark.* – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 117, 105–110.

SANDSTEDE, H. (1931): *Die Gattung Cladonia.* – Rabenhorst's Krypt. Flora 9, Bd. 4/2, Leipzig, 531 S.

TAVARES, C.N. (1947): *Distribution de Cladonia mediterranea au Portugal.* – Rev. Bryol. Lichénol. 16, 103–104.

THOMSON, J.W. (1968, [1967]): *The lichen genus Cladonia in North America.* – Toronto: Univ. Toronto Press.

TRASS, H. (1978): *New and rare taxa of Cladoniaceae in the lichen-flora of the U.S.S.R.* – Fol. Crypt. Est. 11, 1–8.

TÜRK, R. & WITTMANN, H. (1984): *Atlas der aktuellen Verbreitung von Flechten in Oberösterreich.* – Stapfia 11, 1–98.

TÜRK, R. & WITTMANN, H. (1986a): *Die Floristische Flechtenkartierung in Österreich – ein Zwischenbericht.* – Sauteria 1, 159–177.

TÜRK, R. & WITTMANN, H. (1968b): *Rote Liste gefährdeter Flechten (Lichenes) Österreichs.* In: Niklfeld, H. (1986): *Rote Liste gefährdeter Pflanzen Österreichs.* – Grüne Serie des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz Bd. 5, 207 S.

TÜRK, R. & WITTMANN, H. (1987): *Flechten im Bundesland Salzburg (Österreich) und im Berchtesgadener Land (Bayern, Deutschland) – Die bisher beobachteten Arten und deren Verbreitung.* – Sauteria 3, 1–313.

VAINIO, E.A. (1887–1897): *Monographia Cladoniarum*

Universalis. – Acta Soc. Fauna et Fl. Fenn. I (1887), 1–509; II (1894), 1–499; III (1897), 1–268.

VARTIA, K. O. (1950): *On antibiotic effects of lichens and lichen substances.* – Ann. Med. Exptl. Biol. Fenniae (Helsinki) 28, 1–82.

WHITE, F. J. & JAMES P. W. (1985): *A new guide to microchemical techniques for the identification of lichen substances.* – Bull. Brit. Lich. Soc. 57 (suppl.), 53 S.

WIRTH, V. (1984): *Rote Liste der Flechten (Lichenisierte Ascomyceten).* 2. Fassung, Stand Ende 1982. – In: BLAB, J. et al.: *Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland.* – Kilda-Verlag, Greven, 152–162.

WIRTH, V. (1987): *Die Flechten Baden-Württembergs.* – Ulmer, Stuttgart, 528 S.

WITTMANN, H. & TÜRK, R. (1986): *Die Rentierflechte Cladonia stygia (Fr.) Ruoss neu für Salzburg.* – Ber. Bayer. Bot. Ges. 57, 159–161.

Dr. Engelbert Ruoss
Natur-Museum Luzern
Kasernenplatz 6
6003 Luzern