

Chemotaxonomie und stammesgeschichtliche Differenzierung des Formenkreises von *Parmelia prolixa* in Europa (Lichenes, Parmeliaceae)*

Von Christian Leuckert, Berlin, Josef Poelt, Graz,
Ingrid Schultz, Berlin und Brigitte Schwarz, Berlin

Mit 2 Tabellen und 20 Abbildungen im Text

(Eingegangen am 18. 1. 1974)

Kurzfassung

Aus dem Formenkreis von *Parmelia prolixa* s. l. in Europa wurden 345 Proben untersucht. Es wurden mehrere phenolische Inhaltsstoffe gefunden (Divaricatsäure, Stenosporäsure, Glomellifersäure, Norstictinsäure u. a.) und zum Teil isoliert.

Die Reihenuntersuchungen erfolgten mittels Dünnsschichtchromatographie, großenteils kombiniert mit Flechtmassenspektrometrie und Chromatogramm-Spektralphotometrie. Die Anwendbarkeit der beiden zuletzt genannten Methoden wird diskutiert.

Der Formenkreis enthält mehrere chemische Rassen, wobei diejenigen Sippen, die sich allein oder teilweise vegetativ (durch Isidien oder Fragmente) fortpflanzen, weniger und keine anderen Rassen enthalten als die adnaten nicht isidiösen Sippen mit rein sexueller Fortpflanzung.

Die stammesgeschichtliche Differenzierung wird — auf der Grundlage des Konzepts der Artenpaare — diskutiert; ferner werden Taxonomie und Nomenklatur dargestellt.

Abstract

345 specimens of the group of *Parmelia prolixa* in Europe have been studied by means of thin layer chromatography, and to a great extent also by lichen mass spectrometry. Further the chromatogram spectral photometry method has been used. The application of lichen mass spectrometry and of chromatogram spectral photometry is discussed.

Several phenolic substances have been found (divaricatic acid, stenosporic acid, glomelliferic acid, norstictic acid etc.) and isolated in part.

There are several „chemical strains“ in the European material of the group. Taxa which show more or less apomictic behaviour — propagation by isidia or by fragmentation — contain only such chemical strains which are also present in the non isidioid adnate taxa with sexual behaviour; furthermore in the latter there are still other chemical strains which could not be found in the apomictic taxa.

The phylogenetic differentiation is discussed on the basis of the concept of „species pairs“ (Artenpaare). Taxonomy and nomenclature have been considered.

* Herrn Prof. Dr. M. STEINER zum 70. Geburtstag gewidmet.

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
1. Einleitung	2
2. Die Inhaltsstoffe der Gruppe	4
2.1. Bisher beschriebene Stoffe	4
2.2. Im Rahmen eigener Untersuchungen nachgewiesene Inhaltsstoffe	5
2.3. Zur Methodik	7
2.3.1. Die Untersuchungsverfahren	7
2.3.2. Ergebnisse und Probleme methodischer Art	9
2.4. Diskussion der chemischen Ergebnisse	20
3. Die Verteilung und die Kombinationen der Inhaltsstoffe bei den verschiedenen Morphotypen	21
4. Die systematische Gliederung und die stammesgeschichtliche Differenzierung der Gruppe	24
5. Taxonomie und Nomenklatur	25
6. Verzeichnis der untersuchten Proben	29
7. Zusammenfassung	34
Literatur	34

1. Einleitung

Flechtensystematik betreiben heißt auch heute noch überwiegend mühevoll anhand morphologisch-anatomischer und chemischer Kriterien Sippen und Modifikanten zu trennen versuchen, um schließlich zunächst ein Nebeneinander von Sippen zu erreichen, zu deren Bewertung noch wenige allgemeine anerkannte Kriterien gegeben sind. Die Frage nach Evolutionswegen und Differenzierungsmustern nur zu stellen, bedeutet häufig nichts anderes als blanke Theorie zu betreiben. So ist denn — im spezifischen und infraspezifischen Bereich — bisher erst sehr wenig versucht worden, wenigstens an glücklichen Beispielen die eine oder andere Denkmöglichkeit durchzuspielen. (Erörterungen über großsystematische Zusammenhänge müssen hier außer Betracht bleiben.) THOMSON (1961) versuchte etwa für die Gattung *Physcia* eine Bewertung morphologischer und chemischer Merkmale durchzuführen und damit ursprünglichere und abgeleitete Sippen zu unterscheiden.

Die Analyse der Flechtenstoffe hat bei verschiedenen Flechtengruppen wichtige Einblicke eröffnet. Das Verfolgen der Syntheseschritte von Stoffgruppen erbrachte recht überzeugende Ableitungen, die sich manchmal sogar erfreulich mit morphologischen Differenzierungen korrelieren ließen. HALE (1966) kam z. B. zu dem Schluß, daß O-Methylierung von Flechtenstoffen als abgeleitet zu betrachten sei; er konnte anhand eines reichen Datenmaterials zeigen, daß in der sehr artenreichen Gattung *Parmelia* (etwa 600 sp.) morphologisch schwach differenzierte Verwandtschaftsgruppen hauptsächlich Substanzen ohne O-Methylgruppen enthalten, während Serien mit komplizierteren morphologischen Strukturen überwiegend O-methylierte Stoffe synthetisieren.

Eine Möglichkeit, Sippendifferenzierung im Artenbereich anhand morphologisch-biologischer Kriterien zu beurteilen, eröffnet das Konzept der Artenpaare, das von POELT (1970 und 1972), aufbauend auf DU RIETZ (1924) entwickelt worden ist. Unter Artenpaaren sind Paare von morphologisch identischen, in der Reproduktion in ihren Organen aber abweichenden Sippen zu verstehen, deren eine, die Primärart, regelmäßige Apothecien und Sporen entwickelt, zur Neubildung eines Thallus also jeweils einer Kombination von Spore und Algen bedarf, während die andere, die

Sekundärart, sich als weitgehender oder vollständiger Apomikt mit Hilfe vegetativer Diasporen fortpflanzt und selten oder nie funktionsfähige Ascocarpien entwickelt.

Es lag nun nahe, nach systematischen Gruppen zu suchen, die sowohl eine gewisse Vielfalt von Inhaltsstoffen wie die besprochenen Unterschiede in den Fortpflanzungsformen zeigen, um an ihnen aus der Kombination phyletisch bewertbarer Merkmale aus beiden Merkmalsbereichen neue Einsichten zu gewinnen. Leider enthält Europa innerhalb der Gattung *Parmelia*, die sich für derlei Studien besonders empfiehlt, nur wenige vollständige Artenpaare. Die Primärarten zu manchen sorediösen und isidiösen Sippen dürften in Europa im Zusammenhang mit den pleistozänen Vereisungen ausgestorben sein (POELT 1963), haben sich aber vielfach in Nordamerika oder Ostasien halten können. Die weniger gestörte Flechtenflora des östlichen Nordamerika bietet günstigere Beispiele. So konnten W. & C. CULBERSON (1973) überzeugend darstellen, daß in der Artengruppe von *Parmelia perforata* zu zwei nur chemisch verschiedenen Primärsippen 2 entsprechende sorediöse Sekundärsippen existieren, die bisher als eine Art betrachtet wurden, aber offenbar konvergent entstanden sind.

Für Europa empfahl sich für ähnliche Untersuchungen die Gruppe der gesteinbewohnenden *Parmelia prolixa*. Sie umfaßt primäre und sekundäre Sippen, die ohne Fortpflanzungsorgane zu unterscheiden schwerfallen dürfte, und sollte nach der Literatur (siehe zuletzt C. CULBERSON (1969 und 1970a) eine Reihe verschiedener Flechtenstoffe enthalten. Sie wäre für Europa — amerikanische und südhemisphärische Proben haben wir nicht geprüft — kurz folgendermaßen zu definieren:

Gesteinsbewohnende, seltener auf Erde übergehende, kräftige, vergleichsweise breit- und flachlobige, durch „*Glomellifera-Braun*“ hell- bis dunkelbraun gefärbte Arten der Sect. *Melaenoparmelia* ZAHLBR. des westlichen, mittleren und südlichen Europa.

Wir rechnen zu der Gruppe: nach der Auffassung von HILLMANN (1936) folgende Species: *Parmelia prolixa* und *P. glomellifera*; gleiche Auffassung und Nomenklatur bei TAVARES (1945). Bei POELT (1969) sind die Taxa der Gruppe verteilt auf folgende Arten: *P. locarnensis*, *P. ryssolea*, *P. pulla*, *P. isidiotyla* und *P. glomellifera*. OZENDA & CLAUZADE (1970) fassen *P. prolixa*, *P. delisei* incl. *locarnensis*, *P. glomellifera* und *P. isidiotyla* als Arten. LAUNDON (1970, S. 303) verteilt die isidiösen Sippen ebenfalls auf 2 Arten, bereinigt dabei aber die Nomenklatur in *P. loxodes* und *P. isidiotyla*. RASSADINA (1971) führt an Arten auf: *P. delisei*, *P. glabrans*, *P. glomellifera*, *P. isidiotyla*, *P. pulla* und *P. ryssolea*. DAHL & KROG (1973) behandeln die Arten *P. prolixa*, *P. loxodes* und *P. isidiotyla* für Nordeuropa.

In einer nach Fertigstellung des Manuskripts unserer Arbeit erschienenen vorläufigen Studie revidierte ESSLINGER (1973) unter starker Berücksichtigung chemischer Merkmale die verworrene Nomenklatur einiger Arten der Gruppe. Insbesondere legte er dar, daß dem Typus gemäß der lange Jahrzehnte für eine corticole Flechte verwandte Name *Parmelia verruculifera* NYL. an die Stelle von *P. isidiotyla* zu treten hat. Diese Änderung wird sicher neue Verwirrung stiften, ist aber kaum zu umgehen und wird im folgenden durchgehend berücksichtigt, ausgenommen den historischen Teil, in dem dies aus mehreren Gründen nicht tunlich erschien.

Es ergaben sich folgende Fragen:

1. Welche Flechtenstoffe kommen in der Gruppe vor.
2. Sind die chemischen Charakteristika mit morphologischen Merkmalen korreliert.

3. Wie ist die Gruppe unter Berücksichtigung der Untersuchungen für Europa zu gliedern.
4. Welche Aussagen ergeben sich für die stammesgeschichtliche Differenzierung der Gruppe.

Eine Monographie der braunen *Parmelia*-Arten (Sect. *Melaenoparmelia* ZAHLBRUCKNER 1907, S. 212; HILLMANN 1936, S. 109) wird von anderer Seite vorbereitet. Einige der in unserer Studie behandelten Sippen sind, nach der Literatur, in anderen Erdteilen weit verbreitet. Es erschien uns deshalb hier nicht empfehlenswert, endgültige Gliederungen und damit Benennungen geben zu wollen. Auch haben wir einige schlecht bekannte und beschriebene Sippen nicht revidiert. Der Schwerpunkt der Arbeit sollte in dem Versuch der Klärung des stammesgeschichtlichen Differenzierungsmusters liegen.

Es erwies sich beim Studium der chemischen Verhältnisse, daß methodisch einige wichtige Vorarbeiten zu leisten waren, die in die vorliegende Abhandlung aufgenommen werden mußten, um eine Reproduktion der Ergebnisse zu ermöglichen.

Den Leitern bzw. Besitzern folgender Sammlungen gebührt unser Dank für die leihweise Überlassung von Material: Botanisches Museum Berlin-Dahlem (B); G. CLAUZADE; E. FREY; H. HERTEL; Staatsherbar M ü n c h e n (M); H. SCHINDLER; C. TAVARES; Naturhistorisches Museum Wien (W); A. VĚZDA; H. WUNDER.

Herrn Dr. habil. S. HUNECK (Halle) und Herrn Prof. Dr. H. RIMPLER (Berlin) danken wir sehr für die Beratung in einigen chemischen Fragen, Herrn Prof. Dr. H. HERTEL für die Diskussion verschiedener Probleme. Herrn Dr. habil. S. HUNECK und Frau Dr. C. F. CULBERSON sind wir für die Überlassung von Testsubstanzen zu großem Dank verpflichtet.

Für die Aufnahme von Massenspektren danken wir Herrn Prof. Dr. K. REHSE und Mitarbeitern vom Pharmazeutischen Institut der FU Berlin, sowie Herrn Dr. SEEGER (Physikalische Abteilung der Fa. Schering AG.) und Herrn Dr. HOLZMANN (Org.-chem. Institut der FU Berlin).

Schließlich danken wir Frau R. KATHMEYER-DUDAT (Techn. Ass.) und Frau C. MÜLLER (Techn. Ass.) sowie Herrn cand. rer. nat. H. G. ZIEGLER für die sorgfältige Durchführung verschiedener Versuche, Frau C. MÜLLER und Frau I. EGGERT auch für ihre Hilfe bei der Vorbereitung des Manuskriptes.

2. Die Inhaltsstoffe der Gruppe

2.1. Bisher beschriebene Stoffe

G l o m e l l i f e r s ä u r e wurde von ZOPF (1899, 1902) erstmalig in *P. glomellifera* entdeckt. ASAHPINA & NOGANI isolierten den Stoff ebenfalls aus *P. glomellifera*, um die Struktur zu studieren (1937). In jüngster Zeit hat J. SANTESSON (1967) den gleichen Stoff aus der Art isoliert. KROG (1951) gibt Glomellifersäure für *P. isidiotyla* und *P. pulla* an. HALE (1969) fand die Verbindung in nordamerikanischem Material von *P. loxodes*.

G l o m e l l s ä u r e wurde von ZOPF (1902) aus *P. glomellifera* isoliert; die Struktur des Stoffes wurde kürzlich von HUNECK & FOLLMANN (1973) aufgeklärt.

Ferner fand ZOPF (1902) eine Substanz in sehr geringer Menge in *P. glomellifera*, bei der es sich nach seiner Vermutung um Sphaerophorin handelt.

D i v a r i c a t s ä u r e wird von KROG (1951b) für Material von *P. pulla* angegeben; der Nachweis wurde mit dem Mikrokristalltestverfahren geführt.

I m b r i c a r s ä u r e wird von ZOPF (1901) für *P. locarnensis* angegeben. DAHL (1952) bezieht sich mit seiner Angabe von Imbricarsäure für eine Varietät von *P. pulla* auf KROG (1951). Ein Vergleich mit dem Originalzitat bei KROG läßt jedoch unschwer erkennen, daß hier ein Abschreibfehler unterlaufen ist. KROG nennt nämlich die oben erwähnte Divaricatsäure, nicht aber Imbricarsäure für die Sippe.

Gyrophorsäure wurde von ZOPF (1901) aus *P. locarnensis* isoliert.

Es werden in der älteren Literatur ferner für die eine oder andere Art der Gruppe folgende nicht näher definierte Stoffe angegeben (zusammengestellt bei C. CULBERSON 1969): „Olivaceinsäure“, „Olivacein“, „Parmeliabraun“, „Lecanorarot“.

2.2. Im Rahmen eigener Untersuchungen nachgewiesene Inhaltsstoffe (Abb. 1)

Glomellifersäure. Der Stoff ist von anderer Seite wiederholt und mit verschiedenen Methoden in der Gruppe nachgewiesen worden, so daß wir auf eine Isolierung verzichten und uns im Nachweis auf Routinemethoden beschränken konnten. Flechtenmassenspektrum s. Abb. 3 und Fragmentierungsschema s. Abb. 4. Als Vergleich wurde ein Massenspektrum von Glomellifersäure (mis. HUNECK) aufgenommen (Abb. 2). — UV-Spektrum (Extrakt auf DC getrennt und gemessen), s. Abb. 11. Maxima der Absorption: 219, 271, 305 nm. Der Stoff verändert sich rasch auf dem DC (vgl. Abschnitt 2.3.2. und Abb. 11 und 12); vergleichshalber wurde ein Spektrum authentischer Substanz auf DC vermessen. — Dünnschichtchromatographie. R_f-Werte s. Tab. 1; Farbreaktionen s. Tab. 2 (Cochromatographie mit authentischer Testsubstanz).

Glomellsäure (Nebeninhaltsstoff). Verglichen wurde mit der aus der von uns untersuchten Flechtengruppe isolierten Originalsubstanz von ZOPF. — UV-Spektrum (Extrakt auf DC getrennt und gemessen). Maxima der Absorption: 217, 272, 305 nm. Die Substanz verändert sich auf dem DC noch rascher als Glomellifersäure. Das Spektrum von gealterter Glomellsäure stimmt mit dem gealterter Glomellifersäure überein (vgl. Abschnitt 2.3.2.). — Dünnschichtchromatographie. R_f-Werte s. Tab. 1; Farbreaktionen s. Tab. 2 (Cochromatographie).

Divaricatsäure. Isolierung s. 2.3.1. — Fp 132—134° aus Benzol. Literaturwert: 129—129,5° (aus Äthanol-Wasser) (C. CULBERSON 1970, S. 843). — Massenspektrum s. Abb. 5 und Fragmentierungsschema s. Abb. 7. Das Spektrum war identisch mit dem authentischer Testsubstanz (mis. HUNECK). — UV-Spektrum (auf DC gemessen). Maxima der Absorption: 219, 271, 301 nm; als Vergleich wurde ein Spektrum der authentischen Testsubstanz aufgenommen. — Dünnschichtchromatographie. R_f-Werte s. Tab. 1. Farbreaktionen s. Tab. 2 (Cochromatographie mit authentischer Testsubstanz). — Hydrolyse (Verfahren nach C. CULBERSON 1972). Die Hydrolyseprodukte des isolierten Stoffes und der authentischen Testsubstanz erwiesen sich nach DC (in mehreren Systemen) als identisch.

Stenosporäure. Isolierung s. 2.3.1. Fp 113—115° (aus Benzol). Literaturwert: 112—113° (aus Äthanol-Wasser) (C. CULBERSON 1970, S. 843). — Massenspektrum s. Abb. 8 und Fragmentierungsschema s. Abb. 10. Das Spektrum war identisch mit dem authentischer Testsubstanz (mis. C. CULBERSON). — UV-Spektrum s. Abb. 13 (auf DC gemessen). Maxima der Absorption: 219, 271, 301 nm; vergleichshalber wurde ein Spektrum der authentischen Substanz aufgenommen. — Dünnschichtchromatographie. R_f-Werte s. Tab. 1; Farbreaktionen s. Tab. 2 (Cochromatographie mit authentischer Substanz).

Gyrophorsäure (Nebeninhaltsstoff). Massenspektrum. Eine kleine Probe der von ZOPF isolierten Gyrophorsäure (aus *Parmelia locarnensis*) wurde nach dem üblichen Verfahren mit Diazomethan methyliert und anschließend massenspektrometisch untersucht. Es fanden sich von HUNECK et al. (1968, S. 2727 f.) für methylierte Gyrophorsäure angegebene auffällige Peaks bei m/e 343, 196, 179, 165,

164. — UV-Spektrum (Extrakt auf DC getrennt und gemessen). Maxima der Absorption: 217, 273, 301 nm; als Vergleich wurde ein Spektrum von authentischer Testsubstanz vermessen (aus *Placopsis gelida*). — Dünnschichtchromatographie, Papierchromatographie. R_f -Werte s. Tab. 1; Farbreaktionen s. Tab. 2; weitere verwendete Systeme: DC I/4; PC V/12 (s. 2.3.1.) (Cochromatographie mit authentischer Testsubstanz aus *Placopsis gelida*).

S t o f f Q (N e b e n i n h a l t s t o f f). Der in geringer Menge vorkommende phenolische Stoff soll vorläufig nicht mit einem Eigennamen belegt werden, bis ausgeschlossen ist, daß es sich um einen bekannten Stoff handelt. — UV-Spektrum (Extrakt auf DC getrennt und gemessen). Maxima der Absorption: 217, 271, 302 nm. Offensichtlich handelt es sich um ein Depsid. — Dünnschichtchromatographie. Die Substanz verhält sich chromatographisch ähnlich wie Glomellifersäure, doch läßt sich mit dem System DC I/1 bzw. II/1 eine Trennung von letzterer erzielen. R_f -Werte und Farbreaktionen s. Tab. 1 u. 2.

N o r s t i c t i n s ä u r e. UV-Spektrum (Extrakt auf DC getrennt und gemessen), s. Abb. 14. Maxima der Absorption: 213, 249, 314 nm; als Vergleich wurde ein Spektrum authentischer Testsubstanz auf DC vermessen (mis. HUNECK). — Dünnschichtchromatographie, Papierchromatographie. R_f -Werte s. Tab. 1; Farbreaktionen s. Tab. 2; ferner fanden folgende Systeme Anwendung: DC IV/11; PC V/12 (s. „Zur Methodik“) (Cochromatographie mit authentischer Testsubstanz).

Z u r F r a g e d e s S p h ä r o p h o r i n - V o r k o m m e n s. Das von ZOPF (1902) vermutete Auftreten von Sphärophorin in geringer Menge konnten wir weder bestätigen noch sicher ausschließen. In der ZOPFschen Flechtenstoffsammlung in B ist das Isolat nicht vorhanden. Wir konnten nur so viel mit Sicherheit feststellen, das Sphärophorin als Hauptinhaltsstoff oder wenigstens in größeren Mengen in den von uns untersuchten Aufsammlungen nicht vorhanden ist. Wir fanden in den meisten Proben der „Glomellifersäure-Sippe“ Spuren von einer Substanz, die offenbar mit dem von ZOPF erwähnten „Sphärophorin“ identisch ist. Das UV-Spektrum (auf DC gemessen) des betreffenden Stoffes weist auf ein Depsid (Maxima der Absorption: 218, 272, 302 nm). Chromatographisch ließ sich die Substanz von authentischem Sphärophorin nicht trennen. Allerdings halten wir es aus biogenetischen Gründen für eher wahrscheinlich, daß es sich dabei um Perlatolsäure und nicht um Sphärophorin handelt. Beide Stoffe verhalten sich chromatographisch gleich. Doch könnte nur eine Neuisolierung, die sich aus Materialmangel verbot, Gewißheit bringen.

Z u r I d e n t i t ä t d e r „ I m b r i c a r s ä u r e n “ v o n Z O P F . ZOPF (1901) gibt für *P. locarnensis* — außer Gyrophorsäure — Imbricarsäure an „anknüpfend an den Gattungsnamen *Imbricaria*“ (für *Parmelia*). Später hielt ZOPF (1902) einen Stoff aus „*Parmelia perlata*“ für identisch mit der Imbricarsäure aus *P. locarnensis* und benannte ihn konsequenterweise ebenso. Die Strukturaufklärung seitens ASAHLINA & FUZIKAWA (1935) wurde an „Imbricarsäure“, die von den genannten Autoren aus „*P. perlata*“ (= *Cetrelia cetrariooides* (DEL. ex DUBY) W. CULB. et C. CULB.) isoliert worden war, vorgenommen. An diesen Stoff ist heute der Name Imbricarsäure geknüpft.

Wir untersuchten beide „Imbricarsäuren“ von ZOPF aus B und konnten sie chromatographisch unterscheiden (System DC II/2) (s. 2.3.1.).

Die massenspektrometrische Analyse ergab, daß der ZOPFsche Stoff aus „*Parmelia perlata*“ mit der Imbricarsäure von ASAHLINA & FUZIKAWA identisch ist. (Massenspektrometrische Daten: m/e 221 (Ring A), 220 (Ring A), 196 (Ring B), 178 (Ring

B), 164 (Ring A), 152 (Ring B), 150 (Ring B)). Dagegen ist ZOPFS Substanz aus *P. locarnensis* identisch mit Stenosporäure.

Bei Berücksichtigung der zeitlichen Priorität müßte Stenosporäure den Namen Imbricarsäure erhalten, während die heutige Imbricarsäure anders bezeichnet werden müßte. Eine solche Änderung der inzwischen eingeführten Nomenklatur würde jedoch zu Verwirrungen führen und ist daher nicht wünschenswert.

Weitere Inhaltsstoffe. In einigen westmediterranen Proben fanden sich auf dem DC „Flecken“, die – in Anbetracht des spärlichen Materials – chemisch vorläufig nicht zugeordnet werden konnten.

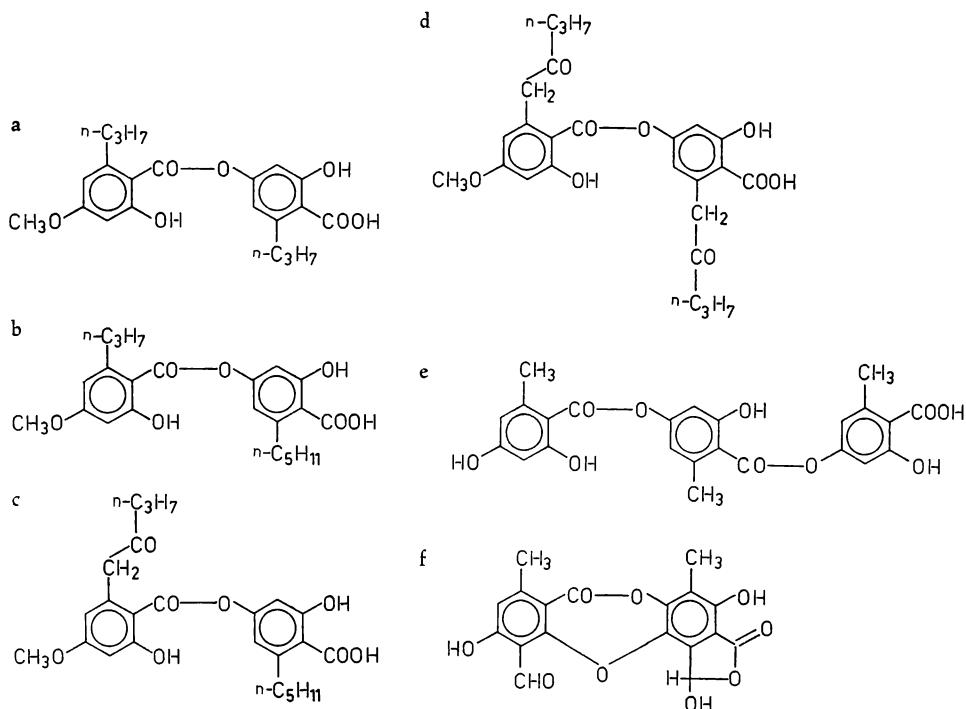


Abbildung 1. Strukturen von Divaricatsäure (a), Stenosporäure (b), Glomellifersäure (c), Glomellsäure (d), Gyrophorsäure (e), Norstictinsäure (f).

2.3. Zur Methodik

2.3.1. Untersuchungsverfahren

Thallusreaktionen

An den Flechtenproben wurden die üblichen Thallusreaktionen mit K, C, KC, P und teilweise D (Dimroths Reagenz, unter UV-Lampe) durchgeführt.

Dünnschichtchromatographie, Papierchromatographie

A) Aufarbeitung des Flechtenmaterials. 0,5 bis 1 cm² (bei spärlichen Proben nur 0,25 cm²) Flechtenthallus wurde von der Unterlage abpräpariert, mechanisch zerkleinert und ca. 1 Minute in 1 ml Aceton gekocht. Davon wurden jeweils 10–20 mm³ auf einen Startpunkt aufgetragen.

B) Laufmittel. 1. Toluol-Eisessig 85:15; 2. n-Hexan-Diäethyläther-Ameisensäure 50:40:10; 3. Benzol-Dioxan-Eisessig 90:25:4; 4. Diäethyläther-Eisessig 50:1; 5. Dichlormethan-Eisessig 90:10; 6. Dichlormethan; 7. Dichlormethan-Aceton-Eisessig 60:10:10; 8. Cyclohexan-Chloroform-Äthylmethylketon 30:15:2; 9. Tetrachlorkohlenstoff-Äthylmethylketon-Eisessig 60:20:10; 10. Toluol-Cyclohexan 40:10; 11. n-Butanol-Aceton-Wasser 50:10:20; 12. n-Butanol (wasser-gesättigt).

C) Sorbentien. DC: I. Fertigplatten Kieselgel F (254) (0,25 mm) (Merck); II. Fertigplatten Kieselgel 254/366 (0,25 mm) (Woelm); III. Plastikfolien Kieselgel F 254 (0,25 mm) (Merck) (vor Gebrauch 15 Minuten bei 105° aktiviert); IV. Kieselgel H (0,25 mm) (Merck) (Verfahren nach STAHL). PC: V. Papier Schleicher & Schüll 2043 bM (gepuffert mit Dinatriumphosphat; Vorschrift nach WACHTMEISTER 1959, S. 136).

D) Folgende Kombinationen Sorbens/Laufmittel fanden Anwendung: DC I bzw. II/1,2; DC I/3; als Standardsysteme der Reihenuntersuchungen. Zum Nachweis von Gyrophorsäure wurde darüber hinaus regelmäßig benutzt: DC I/4; zum Nachweis von Norstictinsäure: DC IV/11. Die folgenden Systeme fanden von Fall zu Fall zur Bestätigung zusätzlich zu den Standardkombinationen Anwendung: DC I, III/6, 7, 8, 9, 10; PC V/12. Es wurde soweit möglich stets mit authentischen Testsubstanzen verglichen (Cochromatographie). Gearbeitet wurde — außer bei Verwendung von ätherhaltigen Laufmitteln — mit „Kammerübersättigung“. Die Entwicklung erfolgte bei DC stets „aufsteigend“ (Laufhöhe mindestens 18 cm), bei PC teils „aufsteigend“ (Papierlänge 20 cm), teils „absteigend“ (Papierlänge 60 cm). Bei PC wurde in zahlreichen Fällen zusätzlich die „Keilstreifentechnik“ angewandt.

E) Sprühmittel. 1. Anisaldehyd-Schwefelsäure (nach dem Sprühen auf 110° erhitzt) (Vorschrift bei RANDERATH 1965); 2. Echtblaualsalz B in Wasser (nach dem Sprühen auf 80° erhitzt); 3. p-Phenyldiamin in Alkohol; 4. 10%ige Schwefelsäure (nach dem Sprühen auf 110° erhitzt). — Sprühmittel für die Reihenuntersuchungen: 1, 2, 3.

Isolierung von Divaricatsäure und Stenosporäure

Von zahlreichen Flechtenproben, die den jeweils zu isolierenden Stoff nach den chromatographischen Ergebnissen enthalten mußten, wurde ein kleines Fragment abgenommen. Verschiedene Aufsammlungen konnten allerdings nicht dazu verwendet werden, weil sie zu spärlich waren. Die dc hinsichtlich Divaricatsäure oder Stenosporäure jeweils einheitlichen Thallusstücken wurden vereinigt, zerrieben und anschließend mehrfach mit kochendem Aceton extrahiert. Die abdekantierten Acetonextrakte wurden jeweils vereinigt, eingeengt und durch Abnutzen von den Thallusresten befreit. Die Lösungen wurden bandförmig auf Kieselgel HF₂₅₄₊₃₆₆-Platten (Verfahren nach STAHL, Schichtdicke 0,5 mm) aufgetragen. Entwickelt wurde mit Toluol-Eisessig 85:15. Die Kieselgelzone, die Divaricatsäure (bzw. Stenosporäure) enthielt, wurde abgekratzt und mehrfach mit heißem Aceton extrahiert. Die nach Einengen ausfallenden farblosen Kristalle wurden mehrfach aus heißem Benzol umkristallisiert.

Massenspektrometrie, Flechtenmassenspektrometrie

Die Massenspektren wurden teils mit einem Atlas CH 4-Gerät, teils mit einem Varian CH 7 bzw. MAT 111 („Gnom“)-Gerät vermessen. Ionisierungsenergie: 70 bzw. 80 eV. Die Proben wurden in der Ionenquelle verdampft. Massenspektren wurden sowohl von verschiedenen Reinsubstanzen als auch — nach der von J. SANTESSON (1969) eingeführten Methode — von zahlreichen Flechtenthalli aufgenommen („Flechtenmassenspektrometrie“).

UV-Spektralphotometrie

Zur Aufnahme der UV-Spektren stand ein Chromatogramm-Spektralphotometer Zeiss PMQ II zur Verfügung. Es wurde die Remission in der Anordnung Probe — Monochromator — Empfänger gemessen. Der Vergleich wurde jeweils mit einer substanzfreien Zone des gleichen Chromatogramms geführt. (Zur Methode vgl. STAHL & JORK 1968). Der Abstand der Meßpunkte betrug 5 nm, im Maximum- und Minimumbereich 1 nm. Zusätzlich wurden die Spektren der authentischen Testsubstanzen aufgenommen. DC-System: I/1. Bei der Ausmessung wurde die Konzentration der Stoffe auf dem DC nicht berücksichtigt; daher liegen die Maxima bei den verschiedenen Kurven (Abb. 11 bis 14) in unterschiedlichen Remissionsbereichen. Die graphische Darstellung gleicht der bei JORK & STAHL (1968).

Testsubstanzen

Atranorin (aus *Stereocaulon alpinum* LAURER); Glomellifersäure (HUNECK); Divaricatsäure (HUNECK); Gyrophorsäure (aus *Placopsis gelida* (L.) NYL.); Norstictinsäure (HUNECK); Usninsäure (EGA-Chemie); Sphaerophorin (aus *Sphaerophorus fragilis* (L.) PERS.); Glomellsäure (ZOPF, aus *P. glomellifera*); Stenosporsäure (C. CULBERSON).

2.3.2. Ergebnisse und Probleme methodischer Art

Thallusreaktionen

Bedeutsam für die vorliegenden Flechtengruppen sind vor allem die K+rot und P+gelb Reaktionen im Falle der Norstictinsäure-Sippe. Diese Reaktionen waren stets gut zu beobachten.

Ferner geben C+rosa bzw. KC+rosa Reaktionen Hinweise auf die des öfteren als Nebeninhaltsstoff auftretende Gyrophorsäure. Doch sind bekanntlich C und KC Reaktionen sehr rasch verblassend und nicht immer gut zu beobachten. Beim Vorliegen nur geringer Mengen Gyrophorsäure verlief zuweilen nur die KC Reaktion positiv, die C Reaktion jedoch negativ. Die Beobachtung wird zudem erschwert durch die tiefbraune Eigenfarbe des Thallus sowie dadurch, daß sich der entsprechende braune Farbstoff offensichtlich teilweise in den Reagenzien lösen und eine Gelbbraunfärbung des Marks verursachen kann — ein Umstand, auf den bereits HILLMANN (1936, S. 126) hinwies.

Die Glomellifersäure-Sippe zeigt zumeist eine C+ bzw. KC+gelb, zuweilen auch KC+rosa Reaktion (ohne daß Gyrophorsäure vorliegt). Diese Reaktion ist auf Glomellifersäure bzw. Glomellsäure zurückzuführen.

Alles in allem läßt sich sagen, daß C und KC Reaktionen zwar Hinweise geben können, doch gerade in unseren Flechtengruppen von recht begrenztem Aussagewert sind.

Wir testeten ferner eine Reihe von Aufsammlungen mit Dimroths Reagenz; die Reaktion verlief stets negativ.

Dünnschichtchromatographie, Papierchromatographie

Unterscheidung von Glomellifersäure, Divaricatsäure, Stenosporsäure bei den Reihenuntersuchungen. Während Glomellifersäure einerseits, Divaricatsäure und Stenosporsäure andererseits gut und in verschiedenen Systemen dc trennbar sind, ergeben sich zunächst Schwierigkeiten bei der „routinemäßigen“ Trennung von Stenosporsäure und Divaricatsäure. Es zeigte sich jedoch, daß sich die Stoffe mit den

Tabelle 1. R_f-Werte.

Abkürzungen: Glof = Glomellifersäure, Glo = Glomellsäure, Div = Divaricatsäure, Sten = Stenosporäsure, Gyr = Gyrophorsäure, Q = Stoff Q, Norst = Norstictinsäure; I = Fertigplatten Kieselgel F (254) Merck; 1 = Toluol-Eisessig 85:15; 2 = n-Hexan-Diäthyläther-Ameisensäure 50:40:10.

System	Glof	Glo	Div	Sten	Gyr	Q	Norst
I/1	38,0	26,1	40,8	43,0	17,6	35,2	20,4
I/2	42,8	32,4	55,2	57,9	39,3	42,8	34,7

Tabelle 2. Sprühreaktionen zum chromatographischen Nachweis.

AS = Anisaldehyd-Schwefelsäure, EB = Echtblaualsalz B, P = p-Phenyldiamin. Abk. der Substanzen s. Tab. 1.

Substanz	AS	EB	P
Glof	zinnoberrot	rotbraun	—
Glo	hell-violett	rotbraun	—
Div	zinnoberrot	rotbraun	—
Sten	zinnoberrot	rotbraun	—
Gyr	zinnoberrot	rotbraun	—
Q	rot	rotbraun	—
Nor	gelb	schwach-rötlich	gelb

von C. CULBERSON & HÖR-DUR KRISTINSSON (1970) angegebenen Fließmitteln (Systeme I/1, 2 bzw. II/1, 2) hinreichend im R_f-Wert unterscheiden, so daß — wenn man jeweils beide Systeme benutzt — bei einer Laufhöhe von wenigstens 18 cm — die Ergebnisse eindeutig sind. Das gilt allerdings nur, wenn die beiden in Frage kommenden Stoffe vikariierend oder in der gleichen Probe in etwa gleicher Menge vorliegen; die Frage, ob jeweils die andere Substanz in Spuren neben dem Hauptinhaltsstoff vorliegt, ist damit nicht einwandfrei zu beantworten.

Trennung von Glomellifersäure und Stoff Q. Beide Stoffe verhalten sich dc sehr ähnlich, sind aber in den Systemen I/1 bzw. II/1 zu unterscheiden.

Flechtenmassenspektrometrie (FMS)

Die Methode der FMS wurde wie bereits erwähnt von J. SANTESSON (1969) in die Lichenologie eingeführt. Sie hat sich — wenn gleichzeitig mit anderen Methoden wie DC angewandt — vor allem auf dem Gebiet der Xanthone und Anthrachinone bewährt.

Wir versuchen, FMS mit zur Lösung unserer Fragen einzusetzen. Nun sind der Methode hier von vornherein dadurch Grenzen gesetzt, daß die Depsid-Spektren praktisch keine oder sehr schwache Molekülpeaks zeigen und man bei der Diagnose auf mehr oder weniger charakteristische Fragmentpeaks angewiesen ist. Wir studierten die Fragmentierung zunächst an den betreffenden Reinsubstanzen (vgl. Abb. 2, 5, 8; Fragmentierungsschemata Abb. 4, 7, 10). Flechtenmassenspektren wurden dann von etwa jeder vierten chromatographisch untersuchten Probe aufgenommen (vgl. Abb. 3, 6, 9). Es zeigte sich dabei überraschenderweise, daß die Spektren in fast allen Fällen — bei vorliegender konkreter Fragestellung nach dem Hauptinhaltsstoff — gut zu interpretieren waren. Die für den jeweiligen Hauptinhaltsstoff (Glomellifersäure oder Divaricatsäure oder Stenosporäsure) charakteristischen Peaks waren im allgemeinen — allerdings mit Unterschieden bezüglich der relativen Inten-

sität gegenüber dem Reinstoff — gut zu erkennen. In keinem einzigen Fall traten Widersprüche zu den chromatographisch gewonnenen Ergebnissen auf.

Glomellifersäure (u. a. mit den Peaks bei m/e 234, 206) ist im Flechtenmassenspektrum relativ leicht von Stenosporsäure bzw. Divaricatsäure zu unterscheiden (vgl. Abb. 2, 5, 8). Dagegen stimmen die Spektren der beiden zuletzt genannten Säuren in vielen Peaks überein (so u. a. mit m/e 193, 192), so daß für Divaricatsäure vorzüglich nur der Peak bei m/e 196, für Stenosporsäure die Peaks bei m/e 224 und 206 (nach Ausschluß von Glomellifersäure) charakteristisch, d. h. zur Unterscheidung beider Verbindungen geeignet, sind. Abb. 6 zeigt ein Flechtenmassenspektrum mit Divaricatsäure, Abb. 9 mit Stenosporsäure (im letzteren Fall ist möglicherweise eine Spur Divaricatsäure zusätzlich vorhanden). Wir betrachten die FMS bei unserer Fragestellung als eine Ergänzung der Festigung der chromatographisch gewonnenen Resultate. Die Methode gibt hier Hinweise auf die — mit anderen Mitteln — in der Flechtengruppe grundsätzlich nachgewiesenen Hauptinhaltsstoffe, dient also (in Ergänzung der Chromatographie) der Unterscheidung von bekannten chemischen Rassen. Es scheint uns auf diese Weise nicht möglich zu sein, über das Vorhandensein oder Fehlen von Nebeninhaltsstoffen sichere Aussagen zu machen. So halten wir die Frage, ob neben Stenosporsäure Spuren von Divaricatsäure auftreten bzw. umgekehrt, wie es auf einigen Flechtenmassenspektren den Anschein hat, nicht für eindeutig beantwortbar.

Unter Berücksichtigung der genannten Einschränkungen erweist sich die Methode jedoch als sehr nützlich. Für uns war es wertvoll, feststellen zu können, daß der Routine-Nachweis der drei genannten Depside als Hauptinhaltsstoff unabhängig mit zwei Methoden (DC und FMS) geführt werden konnte und dabei stets die gleichen Ergebnisse erhalten wurden.

Trotz zahlreicher Versuche gelang es uns nicht, die Norstictinsäure durch FMS nachzuweisen. Der Stoff gab im FMS weder den Molpeak (beim Reinstoff der Basepeak im Bereich der höheren Massen) noch die bekannten charakteristischen Bruchstücke. Offensichtlich ist FMS keineswegs zum Nachweis aller derjenigen Flechtenstoffe, die als Reinsubstanzen sonst durchaus mehr oder weniger charakteristische Spektren liefern, brauchbar.

UV-Spektralphotometrie (Chromatogramm-Spektralphotometrie)

In der Flechtenchemie wird hier das erste Mal von der Methode der Chromatogramm-Spektralphotometrie Gebrauch gemacht.

Es wurden außer den Reinstoffen eine Reihe von chromatographierten Flechtenextrakten mittels Chromatogramm-Spektralphotometrie geprüft. Einige typische Absorptionskurven sind in Abb. 11 bis 14 dargestellt.

Die Untersuchungen ergaben, daß alle von uns geprüften Depside drei Maxima der Absorption (Minima der Remission) in den gleichen Bereichen aufwiesen: 215—220 nm; 270—275 nm; 300—305 nm. Das Spektrum des Depsidons Norstictinsäure zeigte dagegen andere Werte (s. o.).

Allgemein machten wir die Erfahrung, daß Chromatogramm-Flecken, auf denen viel Substanz haftete, wesentlich „schlechtere“ Kurven ergaben als Flecken mit weniger Substanz: die Maxima waren im ersten Fall sehr breit, und ihre genaue Ausmessung war dann häufig nicht möglich. Eine Verschiebung der Maxima hinsichtlich der Wellenlänge trat dadurch jedoch nicht ein.

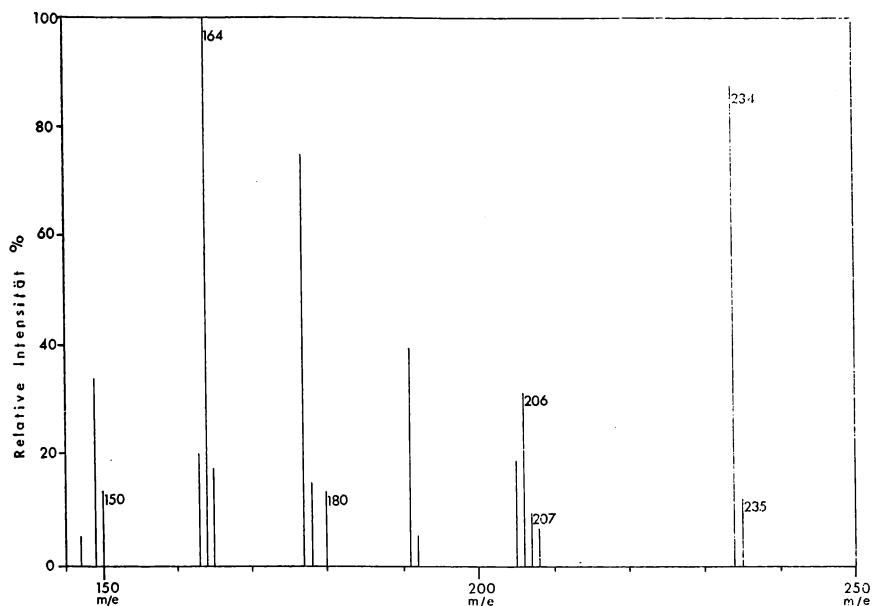
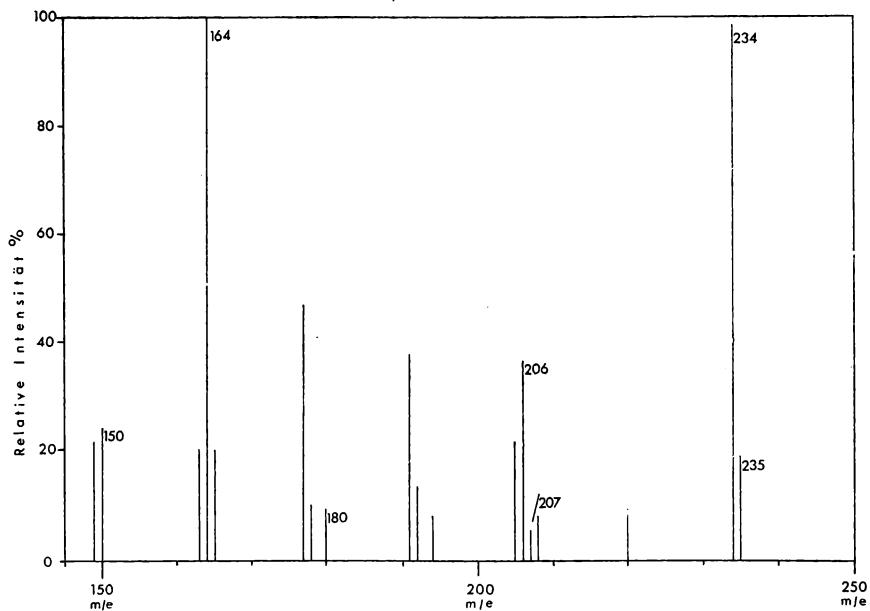


Abbildung 2. Massenspektrum von Glomellifersäure.

Abbildung 3: Flechtenmassenspektrum von *Parmelia prolixa* mit Glomellifersäure.

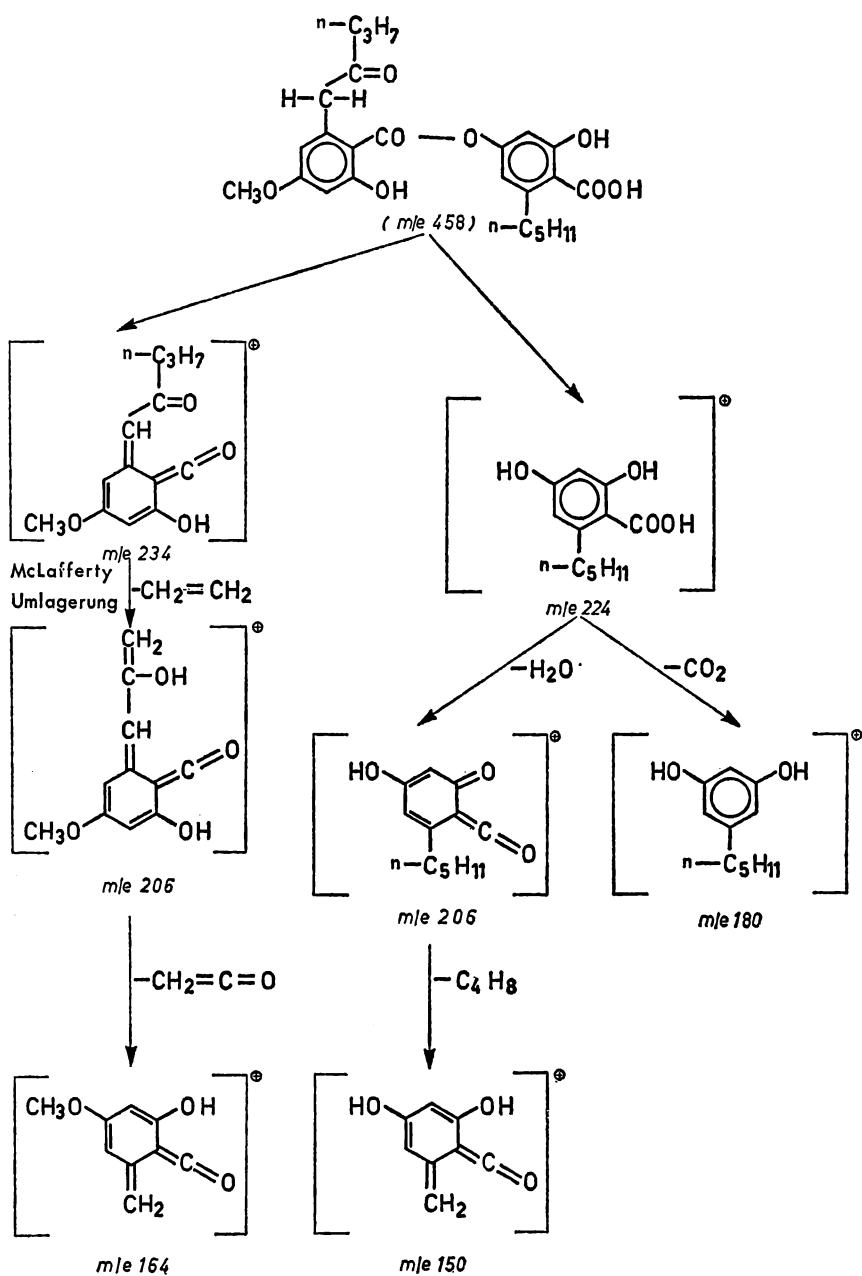


Abbildung 4. Fragmentierung von Glomellifersäure.

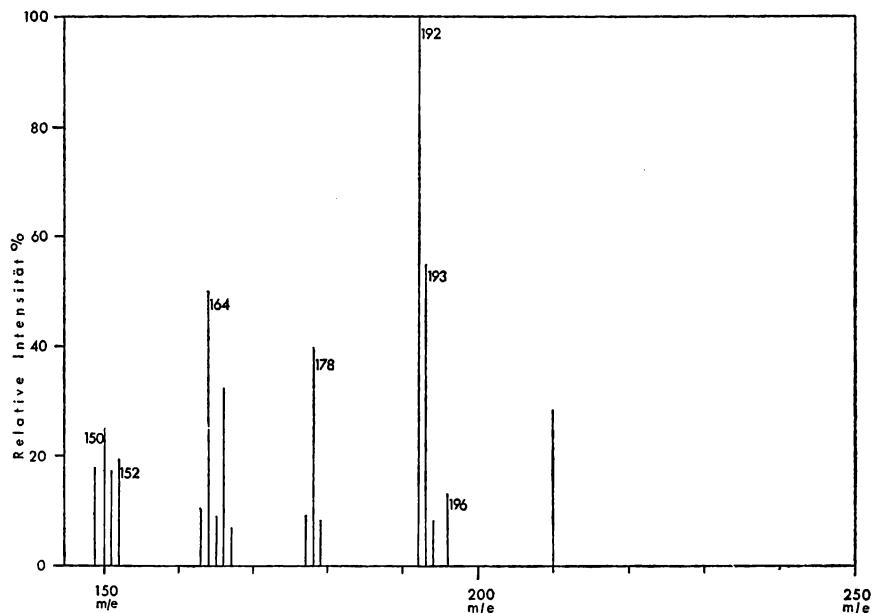
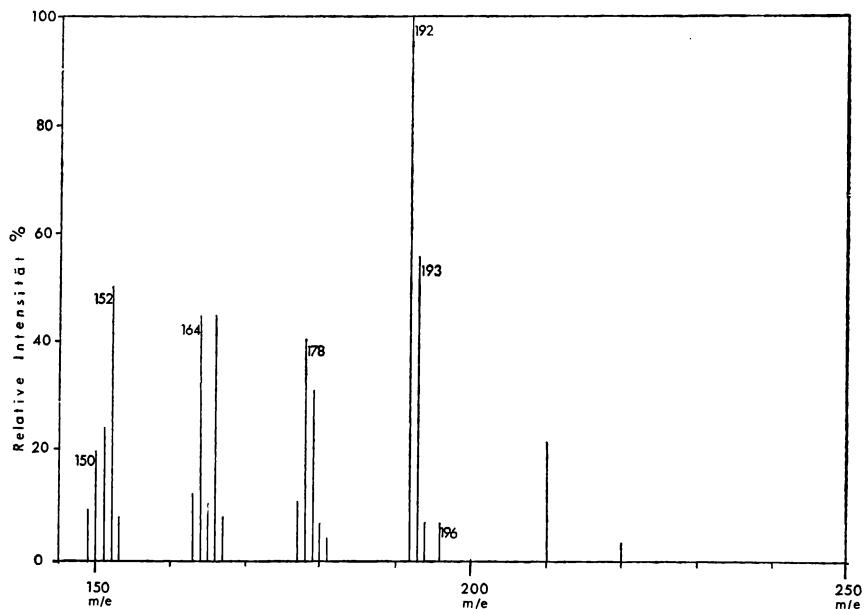


Abbildung 5. Massenspektrum von Divaricatsäure.

Abbildung 6. Flechtenmassenspektrum von *Parmelia prolixa* mit Divaricatsäure.

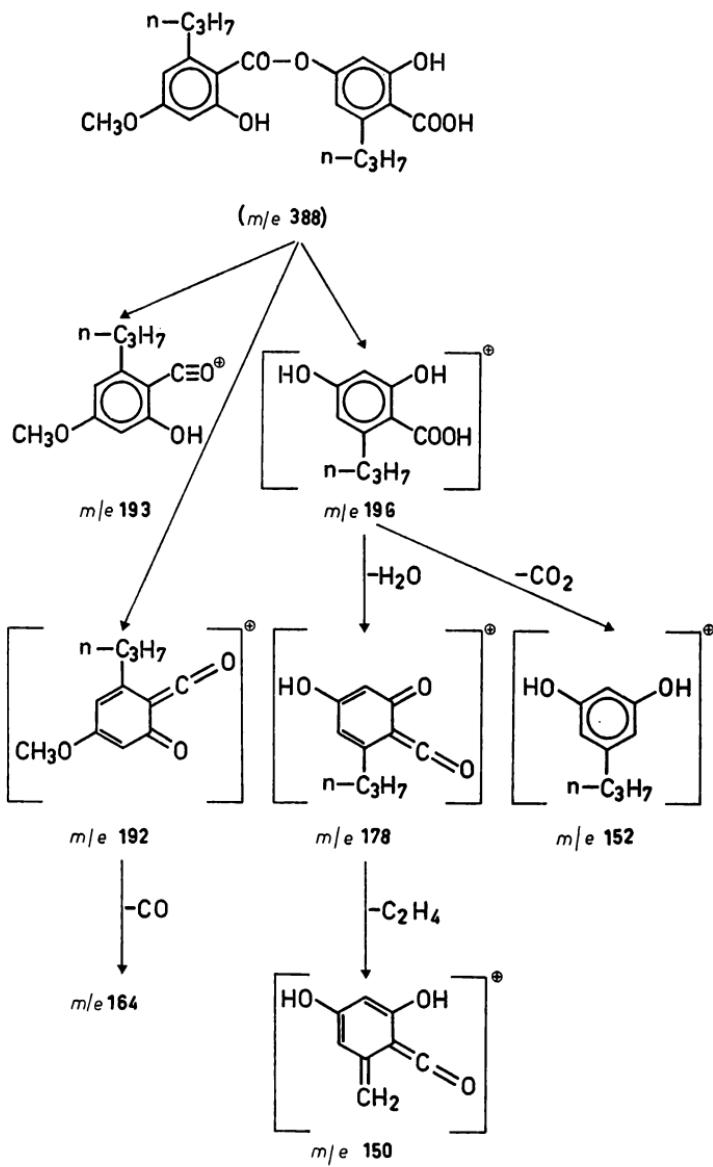


Abbildung 7. Fragmentierung von Divaricatsäure.

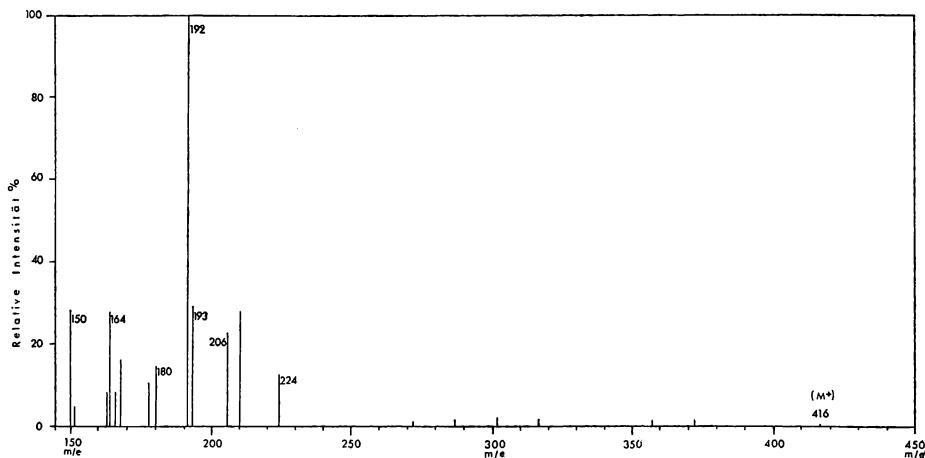


Abbildung 8. Massenspektrum von Stenosporäure.

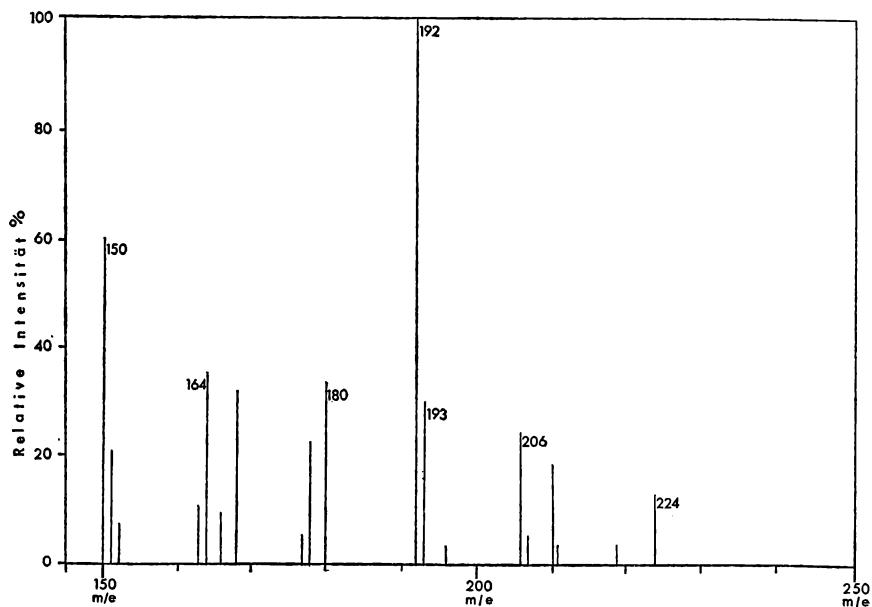


Abbildung 9. Flechtenmassenspektrum von *Parmelia prolixa* mit Stenosporäure.

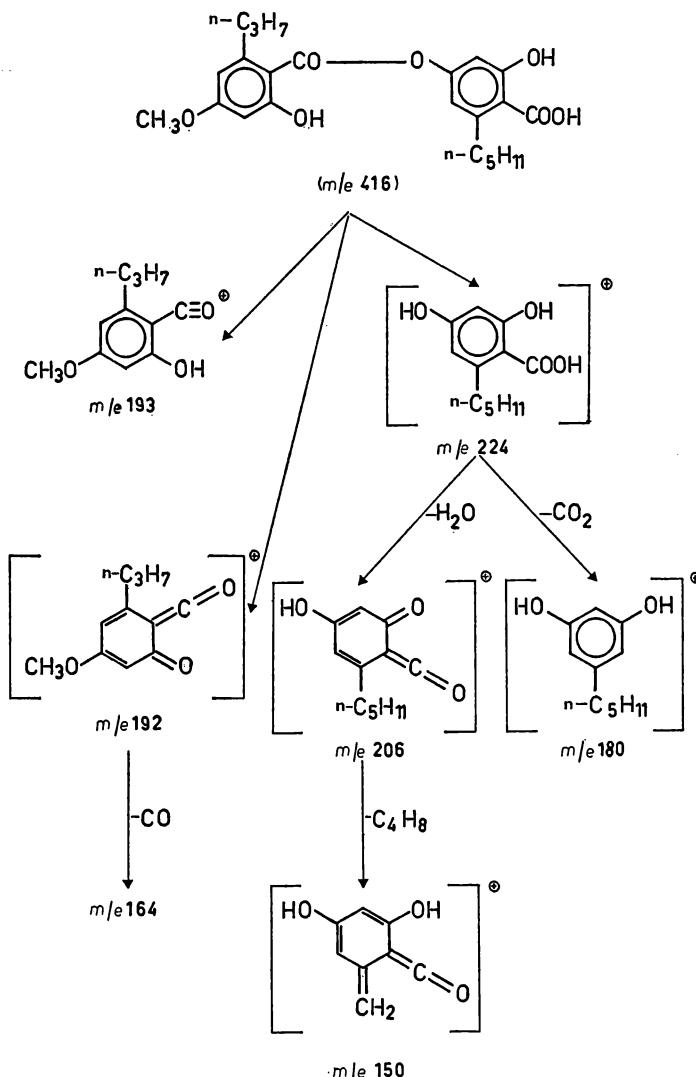


Abbildung 10. Fragmentierung von Stenosporäsuren.

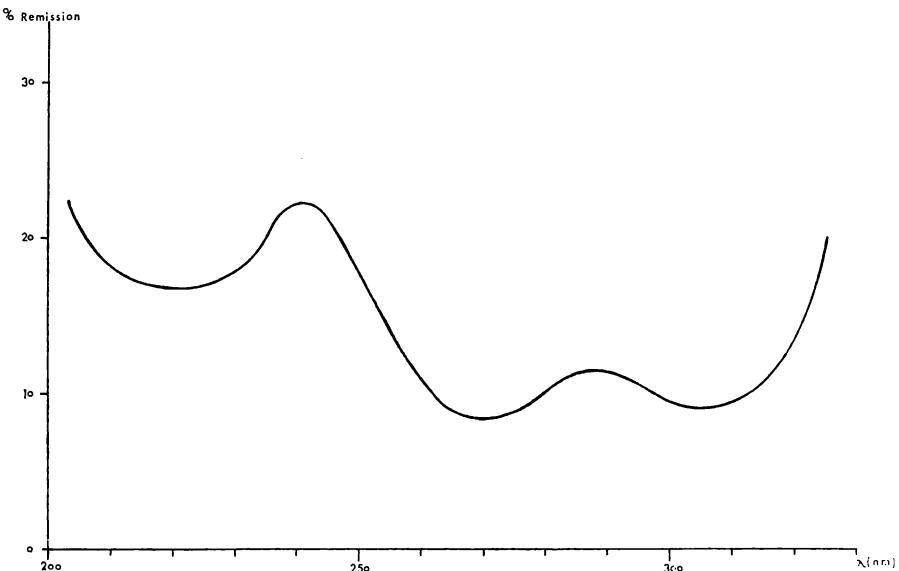


Abbildung 11. Remissionsspektrum von Glomellifersäure auf DC.

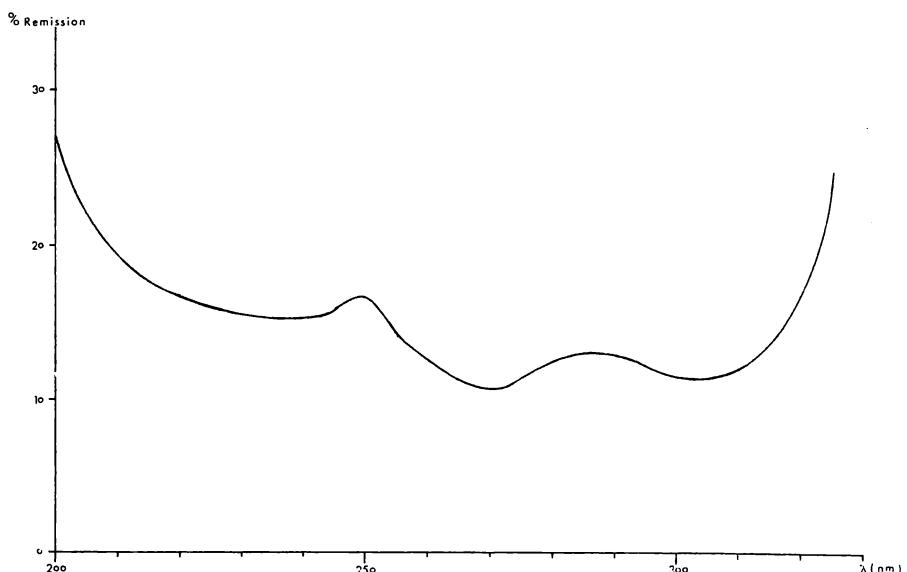


Abbildung 12. Remissionsspektrum von Glomellifersäure auf DC (gealtert).

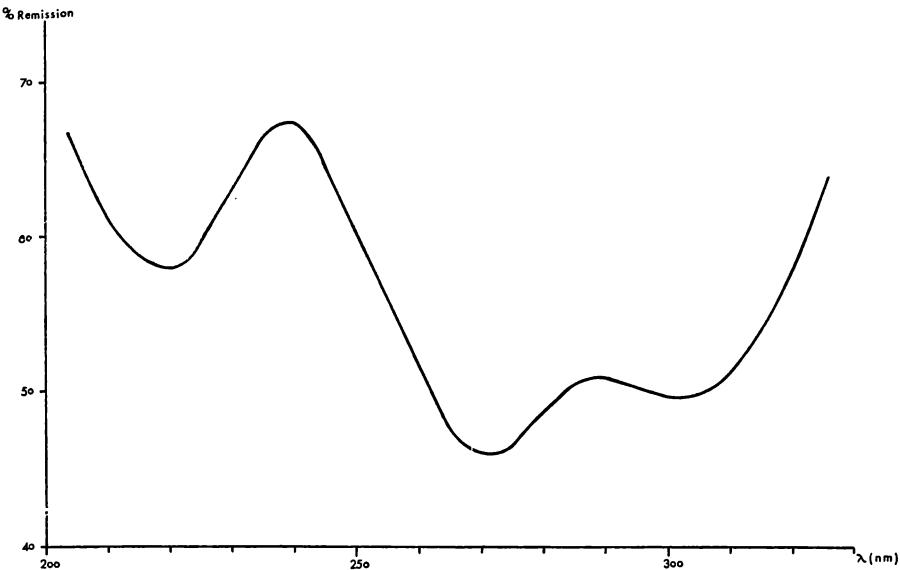


Abbildung 13. Remissionsspektrum von Stenosporinsäure auf DC.

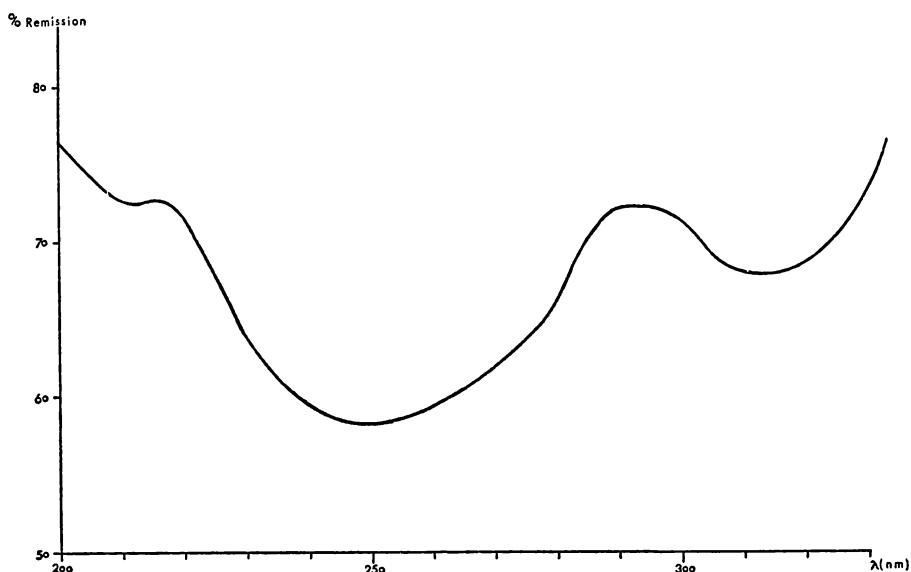


Abbildung 14. Remissionsspektrum von Norstictinsäure auf DC.

Ferner fanden wir, daß manche Substanzen auf dem Chromatogramm einem Altersprozeß unterliegen. Dabei fällt auf, daß — soweit es sich um die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung geprüften Stoffe handelt — nur solche Verbindungen eine spontane Veränderung im UV-Verhalten erfuhrten, die Carbonylgruppen in den aliphatischen Seitenketten besitzen: Glomellifersäure (1 Carbonylgruppe in der in 6-Stellung befindlichen Seitenkette) und Glomellsäure (je 1 Carbonylgruppe in beiden Seitenketten der 6- bzw. 6'-Stellung). Bei Glomellifersäure gaben nur Flecken auf frisch entwickelten Chromatogrammen einwandfreie Kurven: „alte Flecken“ von Glomellifersäure zeigten durchweg andere Maxima als „frische“ (vgl. Abb. 11 u. 12). Die Zersetzungsfähigkeit der Glomellsäure ist noch ausgeprägter. Wir erhielten hier nur dadurch ein brauchbares Spektrum, daß wir das DC — bei raschem Arbeiten — bis unmittelbar vor Beginn der Messung im Dunkeln aufbewahrten. Die Spektren „gealterter“ Glomellifersäure und Glomellsäure gleichen sich. In beiden Fällen ist das bei 219 bzw. 217 nm liegende Maximum der Absorption bathochrom verschoben (nach 240 nm), während die beiden anderen — im längerwelligen Bereich liegenden — Maxima erhalten bleiben (Lage der Maxima s. Abschnitt 2.2).

Unter Berücksichtigung dieser Tatsachen ist jedoch eine gute Reproduzierbarkeit gewährleistet und bei den meisten der von uns getesteten Stoffe zeigten die Chromatogrammflecken noch nach Tagen und Wochen und mehrmaliger Messung die gleichen Maxima.

K o m m t n e b e n D i v a r i c a t s ä u r e a u c h S t e n o s p o r s ä u r e i n S p u r e n v o r (b z w . u m g e k e h r t) ?

Die Frage, ob neben dem Hauptinhaltsstoff Divaricatsäure auch Spuren von Stenosporsäure (und vice versa) im gleichen Thallus vorkommt, ist zur Zeit noch nicht sicher zu beantworten. Auf verschiedenen Chromatogrammen fanden wir entsprechende schwach ausgeprägte „Flecken“ und auch einige FMS deuten darauf hin. Eine sichere Aussage dürfte nur durch Isolierung des jeweils „in Spuren“ auftretenden Nebeninhaltsstoffes möglich sein; das setzt allerdings voraus, daß größere Materialmengen, als sie uns zur Verfügung standen, verarbeitet werden können.

2.4. Diskussion der chemischen Ergebnisse

Die als Hauptinhaltsstoffe auftretenden Stenosporsäure, Divaricatsäure, Glomellifersäure und der Nebeninhaltsstoff Glomellsäure sind biogenetisch nahe verwandt. Es handelt sich um p-Depside vom Orcintyp mit gleichem Substitutionsmuster, die sich nur in der Länge (bzw. im Oxydationsgrad) der aliphatischen Seitenketten unterscheiden. In dieser Tatsache scheint uns doch ein gewisses Charakteristikum der untersuchten Flechtengruppe als Ganzes zu liegen.

Auf die besonders enge Verwandtschaft von Glomellsäure und Glomellifersäure wurde bereits hingewiesen, ebenfalls darauf, daß wahrscheinlich als dritter Stoff (stets in Spuren) Perlatolsäure in der „Glomellifersäure-Sippe“ vorliegt (alle drei Stoffe mit gleicher Grundstruktur und nur im Oxydationsgrad einer Seitenkette verschieden).

Die in einer Sippe als Hauptinhaltsstoff vorliegende Norstictinsäure ist ein Depsidon vom β -Orcin-Typ, das keine nähere Beziehung zu den bisher genannten Stoffen zeigt. Allerdings handelt es sich hierbei um einen außerordentlich weit verbreiteten Stoff, zu dessen Bildung zahlreiche nicht miteinander verwandte Flechten befähigt sind. Immerhin ist bemerkenswert, daß die oben als Hauptinhaltsstoffe ge-

nannten Depside einerseits und Norstictinsäure andererseits auch nicht in Spuren nebeneinander gefunden wurden, daß also von einem „vikarierenden“ Vorkommen gesprochen werden muß. Beachtenswert ist ferner, daß wir die Sippen mit Norstictinsäure und mit Stenosporäure nebeneinander am gleichen Fundort sammeln konnten. Das verschiedentlich als Nebeninhaltsstoff auftretende in seiner Struktur unbekannte Depsid „Q“ gehört möglicherweise dem gleichen Typ an wie die zuerst genannten Inhaltsstoffe.

Das des öfteren als Nebeninhaltsstoff vorkommende einfache Tridepsid Gyrophorsäure ist weit verbreitet bei den Flechten, speziell auch bei der Gattung *Parmelia* und sicher im allgemeinen von geringerem taxonomischen Interesse; auch in unserer Gruppe möchten wir der Fähigkeit, Gyrophorsäure zu bilden, nur untergeordnete Bedeutung beimessen.

Wie sich aus den Untersuchungen ergeben hat, tritt, nur mit zweifelhaften Ausnahmen, jeweils nur ein Hauptinhaltsstoff pro Thallus auf. Alle Indizien sprechen dafür, daß die Individuen mit gleichem Hauptinhaltsstoff enger unter sich als mit chemisch abweichenden Individuen verwandt sind. Wir glauben, daß die jeweiligen Individuen zusammen systematische Einheiten bilden, die wir zunächst als Sippen unbekannter Rangstufe bezeichnen.

Was nun die Erkennung der von uns gefundenen Sippen betrifft, so ist leider nur die Norstictinsäure-Sippe (durch die bekannten Thallusreaktionen mit K und P) ohne weitere Hilfsmittel zu identifizieren. Stenosporäure, Divaricatsäure und Glomellifersäure lassen sich am Thallus weder als Stoffgruppe erkennen noch voneinander unterscheiden (die KC Reaktion ist praktisch unbrauchbar). Bezuglich Gyrophorsäure s. o.

Hinsichtlich der Erkennung und Unterscheidung von Glomellifersäure, Divaricatsäure und Stenosporäure als Charakteristika einzelner Sippen s. o.

3. Die Verteilung und die Kombinationen der Inhaltsstoffe auf die verschiedenen Morphotypen

Bei *Parmelia prolixa* coll. (isidienfreie Formen) haben wir folgende Chemosippen gefunden.

1. Glomellifersäure-Sippe:

Glomellifersäure als Hauptinhaltsstoff
Glomellsäure als Nebeninhaltsstoff
wahrscheinlich Perlatolsäure (Spuren)

2. Divaricatsäure-Sippe:

Divaricatsäure als Hauptinhaltsstoff
Stoff Q als Nebeninhaltsstoff (nicht immer nachgewiesen — geringe Mengen)
a) nur diese Kombination von Stoffen
b) zusätzlich Gyrophorsäure als Nebeninhaltsstoff

3. Stenosporäure-Sippe:

Stenosporäure als Hauptinhaltsstoff
Stoff Q als Nebeninhaltsstoff (nicht immer nachgewiesen — geringe Mengen)
a) nur diese Kombination von Stoffen
b) zusätzlich Gyrophorsäure als Nebeninhaltsstoff

4. Norstictinsäure-Sippe:

Norstictinsäure allein als Inhaltsstoff

5. „Gyrophorsäure-Gruppe“:

Gyrophorsäure und andere, nicht identifizierte Stoffe

Die untersuchten Aufsammlungen von *P. prolixa* coll. verteilen sich folgendermaßen auf die Chemosippen:

1. Glomellifersäure-Sippe:

47 Proben

2. Divaricatsäure-Sippe:

- a) 49 Proben
- b) 8 Proben

3. Stenosporsäure-Sippe:

- a) 23 Proben
- b) 26 Proben

4. Norstictinsäure-Sippe:

27 Proben

5. „Gyrophorsäure-Gruppe“:

6 Proben

Einige wenige Proben sind in dieser Aufstellung nicht erfaßt, da sie ein ungewöhnliches Stoffmuster aufwiesen: Nr. 61 mit Glomellifersäure, Glomellsäure, Divaricatsäure; Nr. 12 und Nr. 57 mit Stenosporsäure, Divaricatsäure; Nr. 24 mit Glomellifersäure, Glomellsäure, Gyrophorsäure; ferner Nr. 11 mit (unterschiedlichen) unbekannten Stoffen. Eine Überprüfung zeigte, daß in mehreren Fällen Mischproben, d. h. ineinander gewachsene Thalli verschiedener chemischer Sippen untersucht worden waren. In zwei Fällen ließ sich weder dies noch ein einwandfreies Vorkommen zweier Hauptinhaltsstoffe im gleichen Thallus nachweisen. Ein Anlaß auf diese fragwürdigen Umstände Spekulationen aufzubauen, scheint uns nicht gegeben.

In der Gruppe der isidiösen Formen konnten wir folgende Chemosippen nachweisen:

1. Glomellifersäure-Sippe:

Glomellifersäure als Hauptinhaltsstoff

Glomellsäure als Nebeninhaltsstoff (in ± gut nachweisbarer Menge)
wahrscheinlich Perlatolsäure (in Spuren)

2. Divaricatsäure-Sippe:

Divaricatsäure als Hauptinhaltsstoff

Stoff Q als Nebeninhaltsstoff in geringer Menge, manchmal nicht nachgewiesen

a) nur diese Inhaltsstoffe

b) außerdem Gyrophorsäure als weiteren Nebeninhaltsstoff.

Die Kombinationen 3., 4., 5. von *P. prolixa* treten nicht auf.

In mehreren Flechtenexemplaren wurden die Inhaltsstoffe verschiedener Chemosippen gefunden: 17, 18, 22. Hier gilt das Vorstehende für gleichartige Fälle bei *P. prolixa*. Gesagte sinngemäß.

Die untersuchten isidiösen Proben teilen sich zahlenmäßig folgendermaßen in die Chemosippen auf:

1. Glomellifersäure-Sippe:

64 Proben

2. Divaricatsäure-Sippe:

- a) 45 Proben
- b) 42 Proben

Die drei oben gesondert genannten Aufsammlungen sind in der Aufzählung nicht mit erfaßt.

Parmelia rysolea: 5 Aufsammlungen wurden geprüft; sie gehörten der Stenosporäure-Sippe an.

Die hier als *P. prolixa* coll. und als „isidiöse Proben“ zusammengefaßten Typen sind morphologisch alles andere als einheitlich. Dies gilt zunächst schon für die festgehefteten, isidienlosen Formen. Sie variieren in der Farbe — gelbbraun, fast kupferbraun bis schwarzbraun — im Glanz — matt oder ± deutlich glänzend — in der Oberflächenstruktur — glatt, fein netzig-grubig verunebnet, grobwulstig — in Form und Größe der Loben, in der Anheftungsweise — sehr eng oder locker anliegend — in der Brüchigkeit. Wir sahen nebeneinander deutlich verschiedene Typen wachsen, deren Unterschiede nicht modifikativer Natur sein konnten. DEGELIUS (1939, S. 173) berichtet über 2 ökologisch etwas abweichende, in ausgeprägter Form stark verschiedene Typen von der schwedischen Westküste. Ähnliches beschreibt KROG (1951, S. 65) mit dem Hinweis, daß hier morphologische Kriterien mit chemischen korreliert seien (die Autorin drückte allerdings später in litt. Zweifel an der sicheren Trennbarkeit aus). Wir konnten allerdings trotz vieler Versuche nirgends scharfe Grenzen in der morphologischen Variabilität finden und ebensowenig Korrelationen zwischen morphologischen und chemischen Merkmalen und sind daher der Meinung, daß es vorderhand nicht möglich ist, Arten primär nach morphologischen Prinzipien zu unterscheiden; auch die in Mitteleuropa kaum diskutierte *Parmelia perrugata* NYL. mit groben Querrunzeln läßt sich nicht scharf trennen. Wir halten es zwar für möglich, daß anhand eingehender Standortbeobachtungen zwischen Populationen faßbare Differenzen gefunden werden können; wir hatten keine Gelegenheit hierzu. Orientierende Studien über Lageranatomie und Sporengröße ergaben keine hoffnungsvollen Resultate.

Demgegenüber erwiesen sich die chemischen Unterschiede als sehr durchgreifend und konstant. Es dürfte sich vorderhand empfehlen, innerhalb der breit gefaßten Art *Parmelia prolixa* eine Anzahl von Chemotypen zu unterscheiden, wobei deutlich zwischen Haupt- und Nebeninhaltsstoffen differenziert werden muß. Die bis dato für Sippentrennung hochgeschätzte Gyrophorsäure erweist sich dabei allerdings als bei fast allen Chemotypen gelegentlich auftretender Begleitstoff, der unmöglich für die Definition von Sippen verwendet werden kann. Die hier vorläufig als „Gyrophorsäure-Gruppe“ zusammengefaßten Thalli mit Gyrophorsäure als einzigm Inhaltsstoff oder Gyrophorsäure kombiniert mit noch unbekannten Stoffen westmediterraner Herkunft sind noch sehr ungenügend studiert. Die Gruppe darf auf keinen Fall als gleichwertig mit den oben definierten Sippen angesehen werden.

Schwierigkeiten ganz anderer Art ergeben sich für die Beurteilung der Wanderformen, die vorstehend in *P. prolixa* coll. eingeschlossen worden sind. Sie gehören alle dem Chemotyp „Stenosporsäuresippe“ an; Gyrophorsäure kann vorhanden sein oder fehlen. Diese Wanderformen sind in erster Linie aus dem südöstlichen und östlichen Europa beschrieben worden. Es werden dabei, in sehr verschiedenen Rangstufen, ein Typ „pokornyi“ und ein Typ „rysolea“ getrennt; der Typ „taurica“ wurde von uns nicht untersucht. Die vom sicher der Gruppe ursprünglichen Gesteinssubstrat teilweise oder ganz losgelösten Wanderformen sind gekennzeichnet durch

den teilweisen (*pokornyi*) oder fast vollständigen (*ryssolea*) Verlust der Dorsiventralität des Lagers. Bei „*pokornyi*“ sind die Loben noch teilweise festgewachsen und dann deutlich dorsiventral gebaut, mit dunkler Unterseite und reichlich entwickelten Rhizinen. Die freien Loben sind zumindest partienweise im Schnitt abgerundet, die faktische Unterseite ist dann heller, und mehr radiär strukturiert, ohne Rhizinen oder mit nur wenigen Rhizinen besetzt. Die Dorsecentralität herrscht aber eindeutig vor. „*Ryssolea*“, ein unseres Wissens nie angehefteter Typus extremerer standörtlicher und geographischer Bereiche, hat weitestgehend radiär gebaute, oft aufrecht wachsende Loben, an denen doch immer wieder Abschnitte mit stärker dorsiventraler Struktur, dunklerer Unterseite und Rhizoidengruppen zu bemerken sind. Von einer strengen Scheidung gegenüber dem Typ „*pokornyi*“ kann keine Rede sein. Über ihre Lebensweise vgl. KELLER (1930, Taf. 46). Bezuglich der Diskussion dieser und anderer Wanderformen von *Parmelia* vgl. KLEMENT (1950). Die Entscheidung, was von den beiden Typen systematisch zu halten ist, ist schwierig. HILLMANN (1936, S. 128) gliedert „*pokornyi*“ in *P. prolixa* ein; aus seinen Ausführungen ist zu entnehmen, daß er diese „Steppenform, die auf Kalkböden sonniger Hügel oder auf Gestein . . . gefunden worden ist“ eher als Modifikante denn als Sippe betrachtet. RASSADINA (1971, S. 321) führt umgekehrt „*pokornyi*“ als forma bei der als Art aufgefaßten „*ryssolea*“. Ein biologischer Unterschied scheint zwischen beiden vorzuliegen: „*pokornyi*“ fruchtet häufig, „*ryssolea*“ scheint außerordentlich selten Apothecien zu entwickeln. Wir sahen fruchtendes Material nur bei VĚZDA Lich. sel. 285. „*Ryssolea*“ könnte man dementsprechend als eine sich meist als vegetativer Klon fortpflanzende weitgehend apomiktische Sippe betrachten.

Glücklicher liegen die Dinge bei den isidiaten Morphotypen. Hier stehen sich in weiten Teilen des Areals, vor allem im westlichen Europa, zwei Typen gegenüber, die nicht selten zusammen wachsen und anhand von Merkmalen des Lagers wie der Isidien gewöhnlich deutlich unterschieden werden können. Ein Typ mit kräftigem, gelblichbraunem, netzig gezeichnetem locker angeheftetem Lager und sehr kräftigen, meist in Gruppen zusammenstehenden, oft keulig verdickten und ± hohlen, nicht leicht aufbrechenden Isidien steht einem zweiten mit dunklem, eng anliegendem, schwächerem Lager und zarteren, aber in ausgedehnten Gruppen zusammenstehenden und leicht aufbrechenden Isidien entgegen. Es sei hier auf die Ausführung bei HARMAND (1905, S. 538, Fußnote) sowie auf LAUNDON (1970, S. 303) verwiesen. Allerdings liegen die Dinge in Mitteleuropa nicht so einfach. Der erstgenannte Typ scheint sich hier phänotypisch oft mehr dem zweitgenannten zu nähern. Es kommen jedoch nur selten Formen vor, die sich, gut entwickeltes Material vorausgesetzt, nicht eindeutig zuordnen lassen. Nun entsprechen alle typischen Individuen oder besser Klone des ersten Typs dem Glomellifersäurestamm, die des zweiten Typs dem Divaricatsäurestamm, die morphologisch unklaren oder auch nur fragmentarischen Stücken können ohne Ausnahme dem einen oder anderen Chemotypus zugewiesen werden: wir sind der Meinung, daß hier zwei gute Arten unterschieden werden können, für deren Bestimmung in der Regel bereits morphologische Merkmale genügen; in Zweifelsfällen sollte der Nachweis der Inhaltsstoffe den Ausschlag geben.

4. Die stammesgeschichtliche Differenzierung der Gruppe

Die folgende Diskussion kann nur vorläufiger Art sein, weil die disjunkten Formenkreise der Gruppe in Amerika, Südafrika und Australien nicht berücksichtigt werden konnten.

Als Ausgangsgruppe der stammesgeschichtlichen Entwicklung ist die gesteinsbewohnende Sippengruppe *Parmelia prolixa* zu bewerten, deren Phänotypen sicher großenteils modifikativer Natur sind; die Vielfalt ihrer Formen läßt sich aber nicht nur als Ergebnisse der Umwelteinflüsse verstehen. Die Sippe muß sich schon sehr früh in chemisch großenteils nur schwach, dafür aber abrupt verschiedene Sippen aufgespalten haben, von denen allerdings nur die Norstictinsäure synthetisierende sowohl chemisch wie geographisch so streng abgesetzt ist, daß sie (schon jetzt) als Taxon behandelt werden sollte. Die Stämme mit *Glomellifer*-, mit *Divaricat*- und mit *Stenosporsäure* finden sich offenbar durch das ganze europäische Verbreitungsgebiet der Art hindurch, wenn man davon absieht, daß die *Divaricatsäuresippe* — nach den derzeitigen Kenntnissen — Nordeuropa nicht erreicht hat. Das zusätzliche Vorkommen von Gyrophorsäure, das Anlaß gegeben hat, eigene Arten (*P. delisei*, *P. locarnensis*) aufzustellen, scheint systematisch ziemlich bedeutungslos zu sein, mit ihr die C und KC Reaktionen, die zu ihrem Nachweis dienen.

Einzig vom *Stenosporsäure*-Stamm her scheint sich die Entwicklung von Wanderformen vollzogen zu haben, der var. *pokornyi* und schließlich der *P. ryssolea*, die von der Varietät nicht grundsätzlich, sondern nur durch die verstärkte Tendenz zur radiären Struktur der Loben verschieden ist und sich dabei offensichtlich überwiegend vegetativ fortpflanzt.

Die beiden isidiösen, abgeleiteten Sippen dagegen lassen sich mit ausreichender Sicherheit an den *Glomellifer*- bzw. den *Divaricatsäure*-Stamm der *P. prolixa* anschließen. Es ist anzunehmen, daß sie sich jeweils als Teilapomikten aus charakteristisch unterschiedenen Populationen dieser Stämme heraus entwickelt und infolge ihrer überwiegend vegetativen Fortpflanzung dann den Chemismus streng beibehalten haben. Das Vorkommen von Gyrophorsäure als Nebeninhaltsstoff bei *P. verruculifera* wird man eher als gelegentlich durchschlagende Tendenz, die der ganzen Gruppe eigen ist, betrachten können, denn als Hinweis, es könnte sich *P. verruculifera* in zwei Linien separat aus den entsprechenden Stämmen von *P. prolixa* entwickelt haben.

Die Norstictinsäure-Sippe und die vorläufig so genannte (sicher nicht einheitliche) Gyrophorsäure-Gruppe haben offenbar weder isidiöse noch Wanderformen hervorgebracht.

Schematisch ließen sich die hier skizzierten Zusammenhänge wie in Abb. 15 darstellen. Hierzu auch Abb. 16 bis 20.

5. Taxonomie und Nomenklatur

Eine Monographie der braunen *Parmelia*-Arten (Sect. *Melaenoparmelia* ZAHLBR. 1907, S. 212, HILLMANN 1936, S. 109) wird von anderer Seite vorbereitet. Einige der in dieser Studie behandelten Sippen sind, nach der Literatur, in anderen Erdteilen weit verbreitet. Es erschien uns deshalb nicht empfehlenswert, endgültige Gliederungen und damit Benennungen geben zu wollen. Auch haben wir einige schlecht bekannte und beschriebene Sippen nicht revidiert. Der Schwerpunkt der Arbeit sollte in dem Versuch liegen, das stammesgeschichtliche Entwicklungsmuster der Gruppe aufzuklären.

Eine streng nach phylogenetischen Prinzipien ausgerichtete systematische Gliederung müßte zudem folgerichtigerweise die chemisch einander entsprechenden isidiolosen und isidiaten Taxa in Artenpaaren zusammenstellen oder auch subspezifisch

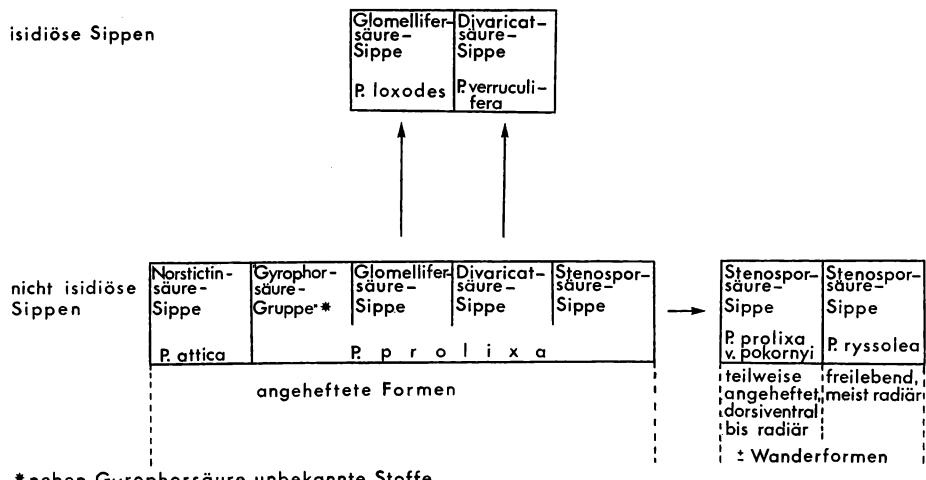
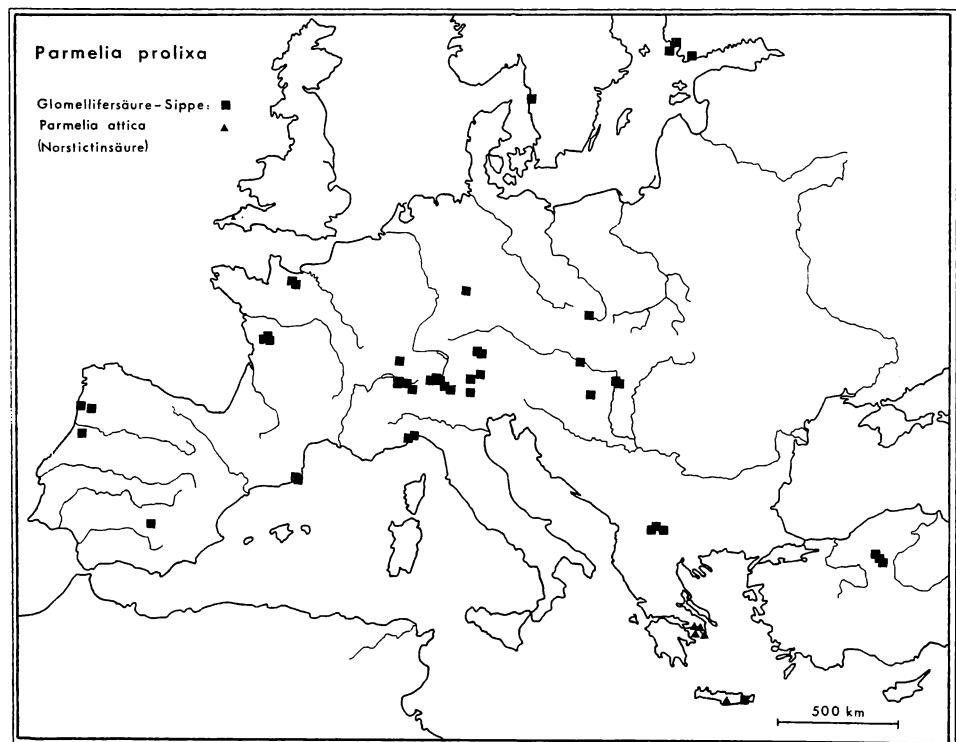


Abbildung 15. Schematische Darstellung der stammesgeschichtlichen Differenzierung.

Abbildung 16. Vorkommen der untersuchten Proben von *Parmelia prolixav. prolix* (Glomellifersäure-Sippe) und von *Parmelia attica*.

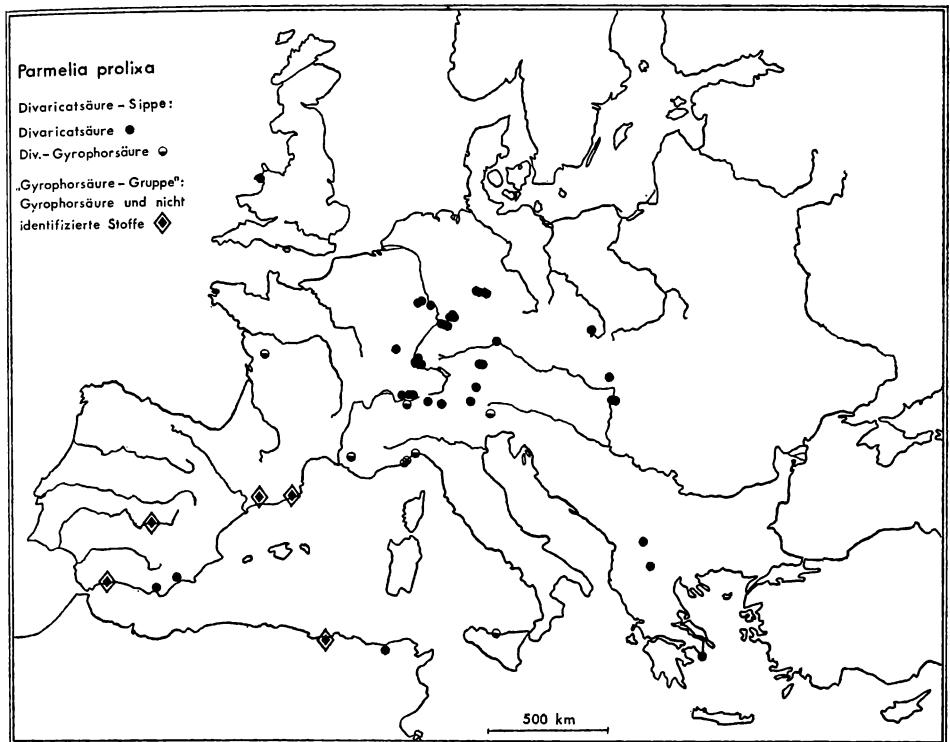


Abbildung 17. Vorkommen der untersuchten Proben von *Parmelia prolixia* (Divaricatsäure-Sippe und „Gyrophorsäure-Gruppe“).

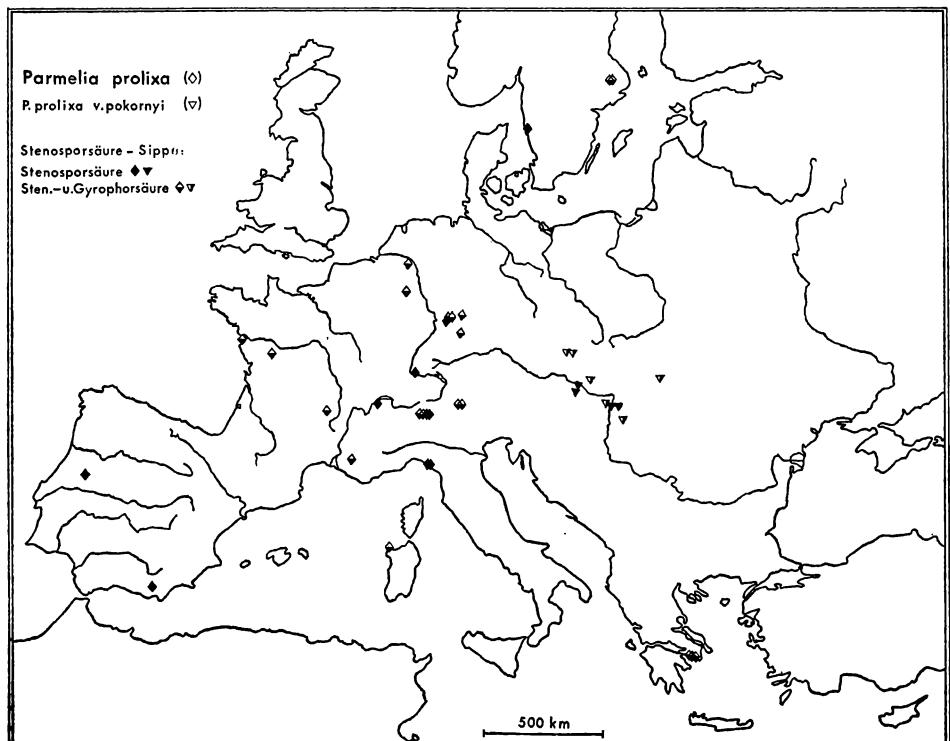


Abbildung 18. Vorkommen der untersuchten Proben von *Parmelia prolixia* (Stenosporäsäure-Sippe).

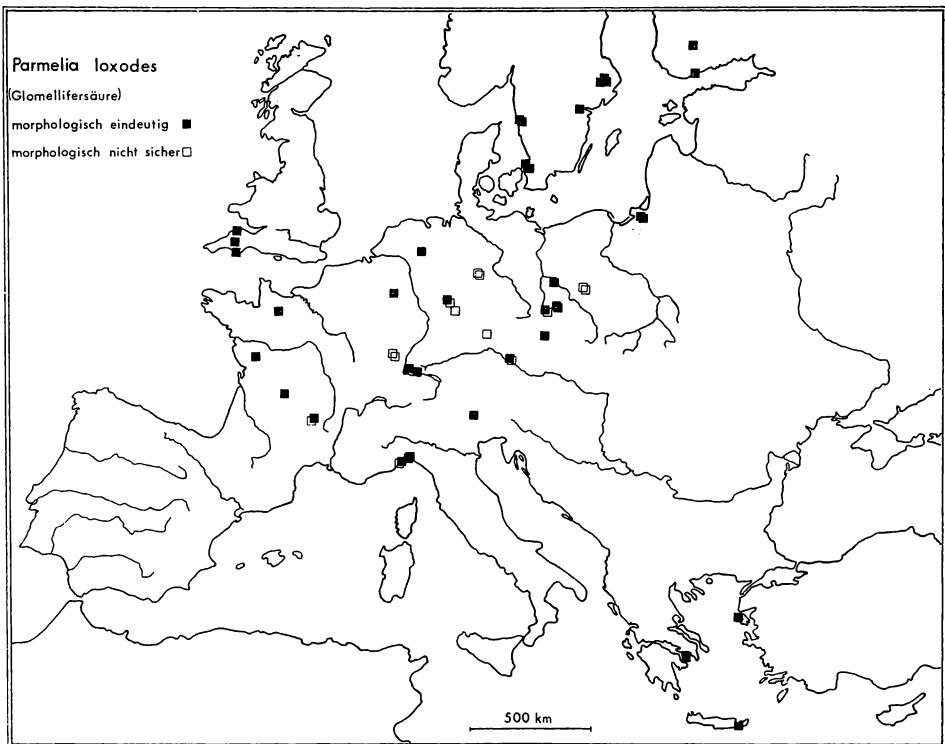


Abbildung 19. Vorkommen der untersuchten Proben von *Parmelia loxodes*.

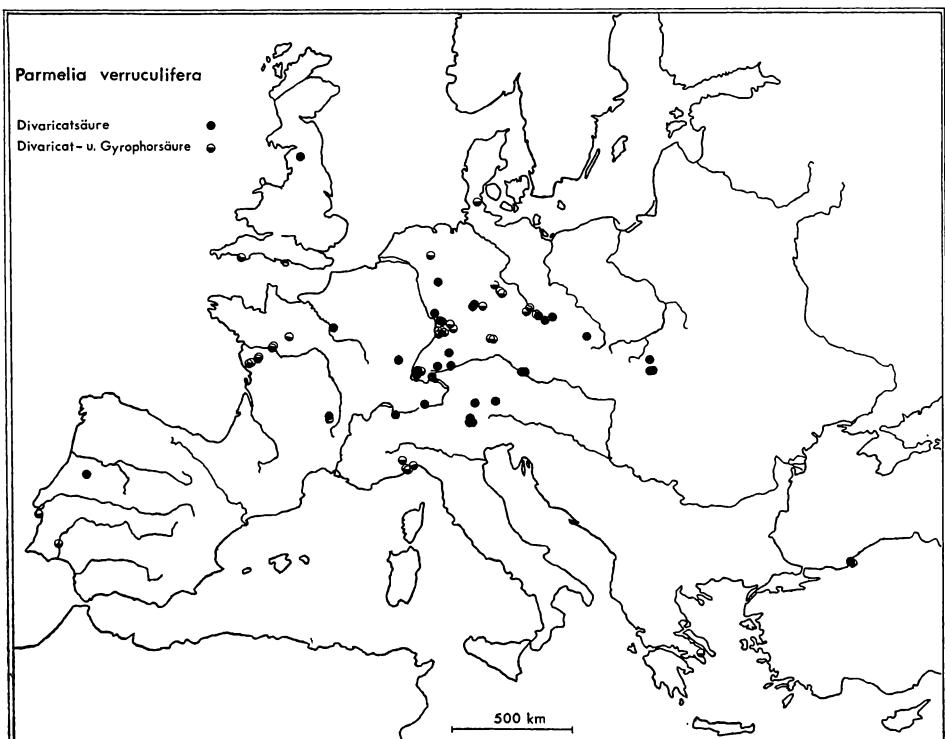


Abbildung 20. Vorkommen der untersuchten Proben von *Parmelia verruculifera*.

vereinigen, entsprechend *P. prolixa* selbst in chemisch definierte Arten aufteilen (vgl. POELT 1972). Dies scheint uns eventuell bei noch genauerer Kenntnis der Gruppe ein gangbarer Weg. Er würde hier allerdings in voller Konsequenz bedeuten, daß Artbestimmungen nur noch anhand von Chromatogrammen möglich sein würden. Wir schlagen deshalb, nicht zuletzt wegen der vielen noch notwendigen Typifizierungen, vorläufig vor, die isidiolosen adnaten Formen in einer Art beisammen stehen zu lassen und die Chemotypen vorläufig nicht nomenklatortisch zu trennen, ausgenommen die stärker abweichende und durch eine einfache Tüpfelreaktion sicher zu scheidende Norstictinsäure-Sippe. Die beiden isidiaten Taxa lassen sich dagegen als zumindest partielle Apomikten von ausreichender morphologischer Trennbarkeit gut als Arten führen (eine weitere, morphologisch unterscheidbare isidiöse Form haben wir in Griechenland in leider zu fragmentarischem Material gesammelt). Die Wanderformen seien wie bei anderen Autoren verteilt auf die nur teilweise und angenähert radiär strukturierte und dabei meist reich fruchtende var. *pokornyi* der *P. prolixa* und die extremere, dabei gewöhnlich apothecienlose *P. ryssolea*. Diese Trennung ist sicher irgendwie inkonsistent. Wir kennen aber gerade diese osteuropäische Gruppe noch viel zu wenig und schrecken davor zurück, aus nomenklatortischen Gründen u. U. den Namen *P. ryssolea* für die ganze Gruppe verwenden oder ihn völlig verschwinden lassen zu müssen, bis er vielleicht eines Tages als Epitheton für die Stenosporäure-synthetisierenden Formen der Gesamtart wieder aufersteht.

Das hier vorläufig vorgeschlagene System ist nomenklatortisch folgendermaßen zu fassen:

Parmelia prolixa (Ach.) CARROLL

var. *prolixa*. Syn. *P. delisei* (DUBY in DC.) NYL., *P. locarnensis* ZOPF, *P. pulla* auct., *P. perrugata* NYL.

Chemotypen: Glomellifersäure-Sippe
 Divaricatsäure-Sippe
 Stenosporäure-Sippe
 „Gyrophorsäure-Gruppe“

var. *pokornyi* (KOERB.) ZAHLBR.; an die Stenosporäure-Sippe der var. *prolixa* anschließende halbfreie bis freie Wanderform.

Parmelia attica (LEUCKERT, POELT et B. SCHWARZ) ESSLINGER 1973, S. 306). Syn. *P. perrugata* NYL. ssp. *petitmenginii* HARMAND ap. HARMAND et MAIRE (1929, S. 153) (nicht var. *p.*, wie bei ZAHLBRUCKNER 1930, S. 103 angegeben). Chemotyp: Norstictinsäure-Sippe.

Parmelia ryssolea (Ach.) NYL.; an die var. *pokornyi* anschließende stärker abgeleitete, gewöhnlich apothecienfreie Wanderform.

Parmelia loxodes NYL.; an die Glomellifersäure-Sippe von *P. prolixa* anschließende, isidiolate Sippe.

P. verruculifera NYL.; an die Divaricatsäure-Sippe von *P. prolixa* anschließende isidiolate Sippe.

6. Verzeichnis der untersuchten Proben

Zeichenklärung: B = Botanisches Museum Berlin Dahlem; GZU = Inst. f. syst. Bot. d. Univ. Graz; Her = Vergleichssherbar H. Hertel; M = Staatssherbar München; Vi = Naturhistorisches Museum Wien; Div = Divaricatsäure; Glo = Glomellsäure; Gloc = Glomellifersäure; Gyr =

Gyrophorsäure; Norst = Norstictinsäure; Q = Stoff Q; Sten = Stenosporsäure; + = reichlich; (+) = in Spuren; (?) = vielleicht in Spuren.

Die folgende Aufführung umfaßt von den insgesamt 340 untersuchten Proben (*P. prolixa* coll. 190, *P. verruculifera* u. *P. loxodes* 150) nur die Exsiccate sowie geographisch oder hinsichtlich des Stoffmusters herausfallende bzw. anderweit bemerkenswerte Proben. Eine vollständige Liste aller untersuchten Proben befindet sich im Institut für Systematische Botanik der FU Berlin und im Botanischen Institut der Universität Graz.

Vorbemerkung: In der Glomellifersäure-Rasse wurde vielfach neben Glomellifersäure und Glomellsäure ein Stoff in sehr geringen Spuren gefunden, bei dem es sich möglicherweise um Perlatsäure handelt; dieses Vorkommen wird hier nicht mit aufgeführt.

Parmelia prolixa coll.

1. Großbritannien: North Wales, Barmouth (M — LEIGHT., Lich. Britann. exs. 291) Div +, Q (+). —
2. Schweden: Bohuslän, Marstrand, NW Göteborg, 8. 1970, HERTEL & DEGELIUS (Her 11601). Glof +, Glo (?). —
3. Finnland: Ostrobotnia borealis: Simo, Simonkylä, Huttula, 10. 1941, RÄSÄNEN (M — Lich. Fenniae exs. 710) Glof +, Glo (+). —
4. Finnland: Schärenkopf von Turku, S Kulm bei Korppo, Lohm, 8. 1965, POELT (POELT 4240). Glof +, Glo (?). —
5. Finnland: Nyland, Ekenäs, Schärenhof Storsunsharun, 7. 1956, HENSSSEN, 680 (B). Glof +, Glo (+). —
6. Frankreich: Calvados, Noron, près de Falaise (M — MALBR., Lich. Normandie, 271). Glof +, Glo (+). —
7. Frankreich: Calvados, Falaise, (M — OLIV., Lich. exs., 65). Glof +, Glo (+). —
8. Frankreich: Loire inférieure, Pornic, Viand-Grand-Marais, (B — HARM., exs. 261). Sten +, Gyr (+). —
9. Frankreich: Deux-Sèvres, Thouars, (B — HARM., exs. 262). Sten +, Gyr +. —
10. Frankreich: Route de Docelles à Bendon, 4. 1891, V. & H. CLAUDEL (M — HARM., Lich. Loth. exs. 306). Sten +, Gyr +, Q (+). —
11. Frankreich: Roussillon, Porte-Vendres, 4. 1958, PRIN (Clauzade). Nicht identifizierte Inhaltsstoffe. —
12. Frankreich: Corse, Porto à Calvi, 7. 1960, DUVA (Clauzade), Sten +, Div + (Mischprobe?). —
13. Baden-Württemberg: Heidelberg, Heiligenberg, 5. 1880, v. ZWACKH-HOLZH. (B). Div +, Q (?). —
14. Bayern: München, östl. Mühltal, 10. 1893, ARNOLD (M — ARNOLD, Lich. Monac. exs. 325). Div +, Q (+). —
15. var. *pokornyi*; CSSR: Moravia occid., Mor. Krumlov, in valle fluvii, Rokytná, 270 m, 4. 1956, VĚZDA (M — VĚZDA, Lich. Bohemoslov. exs. 50). Sten +, Gyr (+), Q (?). —
16. var. *pokornyi*; CSSR: Moravia occid., Mor. Krumlov, in valle fluvii Rokytná, loco dicto Tabór, prope pagum Rokytná, 280—300 m, 4. 1973, POELT & VĚZDA (Poelt 12130). Sten +, Gvr +. —
17. var. *pokornyi*; CSSR: Moravia centralis, Brno, prope pagum Pravlov ad flumen Jihlavka, 200 m, 1926, SUZA (M — SUZA, Lich. Bohemoslov. 24). Sten +, Gyr +, Q (?). —
18. var. *pokornyi*; CSSR: Slovakia merid., Tribecké vrchy, in colle Zobor supra oppidum Nitra, 500—550 m, 1929, SUZA (M — SUZA, Lich. Bohemoslov. 110). Sten +, Gyr (+), Q (+). —
19. CSSR: Slovakia merid., Levice, in valle Horsianska dolina, 180 m, 8. 1965, PISUT & WAGNER (B — Lich. Slov. exs. 120). Div +, Gyr (?). —
20. Schweiz: Wallis, Mattmark im Saastal, zwischen Schwarzberg- und Allaling-Gletscher, 2200 m, 7. 1919, FREY (Frey 2674). Glof +, Glo (+). —
21. Schweiz: Graubünden, Hohenrätién bei Thusis, 950 m, 6. 1919, LETTAU (B). Glof +, Glo (+). —
22. Schweiz: Graubünden, Averser Rheintal, über Juf, 2250 m, 8. 1958, FREY (Frey 22174). Div +, Q (+). —
23. Schweiz: Graubünden, Alpe d'Agnelli über Julierpaß, 2500 m. 8. 1927, FREY (Frey 1853). Glof +, Glo (+). —
24. Schweiz: Poschiavo, Campasc sopra Viano, 1580 m, 8. 1958, FREY, (Frey 22015). Glof +, Glo (+), Gyr (?) (Mischprobe?). —
25. var. *pokornyi*, Österreich: Niederösterreich, „Spitzer Berg“ bei Hainburg, 250 m, BAUMGARTNER (M — Kryptogamae exs. 1248). Sten +, Gyr (?), Q (+). —

26. var. *pokornyi*, Österreich: Burgenland, Hachelsberg bei Jois, 10. 1960, POELT (M). Sten +. —
27. var. *pokornyi*, Österreich: Burgenland, Haglersberg am Nordrand des Neusiedlersees, 190 m, 8. 1930, BAUMGARTNER (Frey 1891). Sten +. —
28. Ungarn: Plattensee, Halbinsel Tihany, 180 m, 8. 1931, REDINGER (B). Glof +, Glo (+). —
29. var. *pokornyi*, Ungarn: Pilisense, prope pagum Budaörs, in montibus Csiki Hegyek, 300 m, 11. 1911, TIMKÓ (Frey 7465). Sten +, Gyr (+). —
30. var. *pokornyi*, Ungarn: comitat. Pest. Budaörs, prope „Rossberg“ 280 m, 9. 1911, TIMKÓ (M — Flora Hung. exs. 20). Sten +, Gyr (?), Q (+). —
31. wie 30. (GZU). Sten +, Gyr (+), Q (?). —
32. var. *pokornyi*, Ungarn: comitat. Pest, prope pagum Monor, TOMEK (M — Kryptogamae exs. 1248 b). Sten +, Gyr (?), Q (+). —
33. Ungarn: Lipótmező prope Budapest, 11. 1880, LOJKA (B — LOJKA, Lich. Hung. exs. 119). Div +, Q (?). —
34. wie 33. (B) Div +, Gyr (?), Q (+). —
35. wie 33. (M) Glof +, Glo (+). —
36. Ungarn: Budapest, Gellarthegey (Blocksberg), 11. 1880, LOJKA (M — LOJKA, Lich. Hung. exs. 168). Glof +, Glo (+). —
37. Ungarn: Budapest, „Vadaskert“, 350 m, 6. 1911, TIMKÓ (M — Flora Hung. exs. 19). Div. +, Q (+). —
38. wie 37. (GZU). Div +, Q (+). —
39. var. *pokornyi*; Ungarn: Zemplén, Némahegy pr. opp. Sátoralja-újhely, 100 m, 9. 1916, FORISS (M). Sten +, Gyr (+), Q (+). —
40. var. *pokornyi*, Ungarn: comitat. Bács-Kiskun, „Kisasszony-erdő“ prope Jakubszállás 130 m, 5. 1961, BOROS (M — VĚZDA, Lich. sel. exs. 116). Sten +, Gyr (+), Q (+). —
41. Portugal: prope Sá circa Ponte de Lima, 1917, JORGE (Tavares). Glof +, Glo (+). —
42. Portugal: Minho, Serra do Gerez-Vidoal, 6. 1947, TAVARES (Tavares 2130). Glof +, Glo (+). —
43. Portugal: Beira-Alta, Estrada da Gralheira para a Aldeia, 7. 1943, PALHINHA (Tavares). Glof +, Glo (+). —
44. Portugal: Beira-Alta, Serra da Estrela, Caldas de Manteigas, nos penedos do Rio Zézere, 8. 1944, TAVARES (Tavares 1098). Sten +, Q (+). —
45. Spanien: Neukastilien, Sierra Pocito, südl. Madridejos, 4. 1953, POELT (M). Gyr +, weitere nicht identifizierte Inhaltsstoffe. —
46. Spanien: Sierra Morena-Paß bei Venta de Cardena, südl. Valdepeñas, 4. 1953, POELT (M). Glof +, Glo (+). —
47. Spanien: Küste westl. Malaga, 4. 1953, POELT (M). Gyr +, weitere nicht identifizierte Inhaltsstoffe. —
48. wie 47. (M). Gyr +, weitere nicht identifizierte Inhaltsstoffe. —
49. Spanien: Sierra Nevada, über Rasthaus an Straße, 2300 m, 4. 1953, POELT (M.). Sten +, Gyr (?). —
50. Spanien: Tabernas nördl. Almeria, 4. 1953, POELT (M). Div +, Q (+). —
51. Spanien: Huercas Overa, zwischen Murcia u. Almeria, 4. 1953, POELT (M). Div +, Q (+). —
52. Spanien: Tarragona, Vimbodi bei Montblanch, 450 m, 4. 1934, FREY (Frey 9898). Gyr +, weitere nicht indentifizierte Inhaltsstoffe. —
53. Spanien: Gerona, Blanes, Mar i Murtra, 80 m, 4. 1934, FREY (Frey 4236). Glof +, Glo (+). —
54. Spanien: Gerona, Bosche del Vilar bei Blanes, 7. 1951, FREY (Frey 17544). Gyr +, weitere nicht identifizierte Inhaltsstoffe. —
55. Spanien: Gerona, Tossa de Mar, 8. 1967, JÜLICH (Wunder 837). Glof +, Glo (+). —
56. Italien: Liguria, Cima Baldassare bei Alassio, 300 m, 4. 1958, M. STEINER, (B — Crypt. exs. Mus. Hist. Nat. Vind. 4325). Div +, Gyr +, Q (?). —
57. Italien: Liguria, Savona, Spotorno, Torr Lapillicola, 12. 1951, SBARBARO (Clauzade). Div +, Sten +, Q (?). (Mischprobe?). —
58. Italien: Südtirol, Vintschgau, Tartscher Büchl bei Tartsch, unterhalb Mals, 1010—1020 m, 9. 1970, POELT (Poelt 8968). Sten +, Gyr +, Q (?). —
59. Italien: Sardinia, Cap Falcone, 4. 1971, WUNDER (Wunder). Sten +, Gyr (+), Q (?). —
60. Jugoslawien: Makedonien, Sar Planina, Popova Sapka oberhalb Tetovo, Bergstation, 1700—1800 m, 6. 1971, POELT (Poelt 10241). Div +, Gyr (?), Q (?). —
61. Jugoslawien: Makedonien, Schlucht der Pčinja, 35 km südl. Skopje, 5. 1971, POELT (Poelt 10239). Div +, Glof +, Glo (+). (Mischprobe?). —

62. Griechenland: Attika, Nordseite des Penteli, bei Dionissos, 4. 1971, LEUCKERT & SCHWARZ (Leuckert). 12 Aufsammlungen: Norst +; 2 Aufsammlungen: Sten +, Gyr +; 3 Aufsammlungen: Sten +, Q (+) bzw. Sten +, Q (?); 1 Aufsammlung: Sten +. —
63. Griechenland: Attika, Nordseite des Penteli, bei Dionissos, 4. 1971, POELT (Poelt 10282). 2 Aufsammlungen: Sten +, Gyr +, Q (?). —
64. Griechenland: Attika, Imittos, östl. Kloster Kaissariani, 4. 1971, LEUCKERT & SCHWARZ (Leuckert). 6 Aufsammlungen: Norst +. —
65. Griechenland: Attika, westl. Lavrion, 4. 1971, LEUCKERT & SCHWARZ (Leuckert). 3 Aufsammlungen: Norst +. —
66. Griechenland: Attika, nordwestl. Kap Sounion, 4. 1971, LEUCKERT & SCHWARZ (Leuckert). 2 Aufsammlungen: Div +, Q (?); 1 Aufsammlung: Norst +. —
67. Griechenland: Insel Ägina, bei Monasteri, 4. 1971, LEUCKERT & SCHWARZ (Leuckert). 3 Aufsammlungen: Norst +. —
68. Griechenland: Insel Ägina, bei Monasteri, 4. 1954, POELT (M). Norst +. —
69. Griechenland: Insel Ägina, Tempel der Aphaia, 4. 1954, POELT (M). Norst +. —
70. Griechenland: Kreta: Hierapetra, Aphendi Kavusi-Gebirge, zwischen Thrifti und Katochorio, 5. 1942, RECHINGER (M). Glof +, Glo (+). —
71. Griechenland: Kreta: Monophatsi, Asterusi-Gebirge bei Kapetaniana, 800 m, 7. 1942, RECHINGER (M). Norst +. —
72. Türkei: Hacikadital bei Ankara, 3. 1955, WALTER (M). Glof +, Glo (+). —
73. Türkei: Hacikadin deresi bei Ankara, 1. 1955, WALTER (M). Glof +, Glo (+). —
74. Türkei: Kizilca Hamam, 1850 m, 11. 1957, MARKGRAF (M). Glof +, Glo (+). —
75. Algerien: „au phare d' Afia“, Djidjelli, (M-FLAG., Lich. Alger., 13) Gyr +, weiterer nicht identifizierter Inhaltsstoff. —
76. Tunesien: Les Chênes, 7 km südl. Ain Draham, 730—760 m, 4. 1968, POELT (Poelt 5880). Div +. —

Parmelia verruculifera (= *P. ve.**), *Parmelia loxodes* (*P. lox.**)

1. *P. ve.*, Großbritannien: England, Cumberland, Penrith, 8. 1886, MARTINDALE (M). Div +, Q (+). —
2. *P. lox.*, Großbritannien: England, North Devon, Braunton, Croyde, Croyde Bay, 9. 1971, HERTEL (Her 12428). Glof +, Glo (+). —
3. *P. lox.*, Großbritannien: England, S-Devon, Dartmoor Park, westl. Postbridge, 9. 1971, POELT (Poelt). Glof +, Glo (+). —
4. *P. ve.*, Großbritannien: England, S-Devon, Salcombe, Gammon Head, 9. 1971, POELT (Poelt). Div +, Gyr +, Q (+). —
5. *P. lox.*, Großbritannien: England, S-Devon, Salcombe, Gammon Head, 9. 1971, POELT (Poelt). Glof +, Glo (+). —
6. *P. lox.*, Schweden: Skane, Kullen, 8. 1905 (nach Handschrift:), ZOPF (B). Glof +, Glo (+). —
7. *P. lox.*, Schweden: Norrköping, Vrinnevid, 12. 1924, ISSEN (B). Glof +, Glo (+). —
8. *P. lox.*, Finnland: Tavastia australis, Hattula, Sattula, 9. 1959, HAKULINEN (M — HAKULINEN, Lich. Fenn. exs., 1254). Glof +, Glo (+). —
9. *P. lox.*, Frankreich: Calvados, Falaise, com. MALBRANCHE, Handschrift ARNOLD, „190“ (M). Glof +, Glo (+). —
10. *P. ve.-lox.*, Frankreich: Maine-et-Loire, Angers, DECUILLÉ (B — CLAUD. & HARM., Lich. Gall. 264). Div +, Gyr +, Q (+). —
11. *P. ve.*, Frankreich: Vogesen, Docelles, CLAUDEL & HARMAND (B — CLAUD. & HARM., Lich. Gall. 68). Div +, Q (+). —
12. *P. lox.?*, Frankreich: Vogesen, ohne Ortsangabe, MOUGEOT (M — C. ROUMEGUÈRE, Lich. Gall. exs. 186). Glof +, Glo (+). —
13. *P. ve.*, Baden-Württemberg: Schwarzwald, Belchen, 1000—1200 m, 5. 1967, POELT & WIRTH (Poelt 4450). Div +, Q (+). —
14. *P. lox.*, Baden-Württemberg: Schwarzwald, Belchen, Gipfel, 5. 1911, LETTAU, 816 (B). Glof +, Glo (+). —

* Die Bezeichnungen „*P. ve.*“ u. „*P. lox.*“ beziehen sich hier auf die morphologische Ausprägung der Proben.

15. *P. ve.?*, Bayern: Oberpfalz, Weg von Neuhaus nach Krottensee, 9. 1882, ARNOLD, (B — ARNOLD, Lich. exs. 919 b). Glof +, Glo (+). —
16. *P. ve.*, Bayern: Oberpfalz, Weg von Neuhaus nach Krottensee, 9. 1882, ARNOLD (B — ARNOLD, Lich. exs. 919 b). Div +, Gyr +, Q (?). —
17. *P. lox.*, Bayern: Oberpfalz, Galgenberg bei Cham, 9. 1963, C. & J. POELT (M.). Glof +, Glo (+), Div (+), Gyr (+). Mischprobe? —
18. *P. ve.*, Bayern: Niederbayern, Aletsberg bei Deggendorf, 1920, GERSTLAUER (M.). Glof +, Glo (+), Div +. Mischprobe? —
19. *P. lox.* (a), *P. ve.* (b), Bayern: Niederbayern, Aletsberg bei Deggendorf, 1920, GERSTLAUER (M.). a: Glof +, Glo (+); b: Div +, Q (+). —
20. *P. ve.*, Bayern: Niederbayern, Bayrisch-Böhmischer Wald, Krs. Wolfstein, Haidl. Grainet, 670—800 m, 8. 1971, POELT (Poelt). Div +, Q (+). —
21. *P. ve.*, Sachsen: Müglitztal, hinter Bahnhof Burkhardswalde, 1. 1925, RIEHMER (B — SCHADE, STOLLE & RIEHMER, Lich. sax. exs. 308). Div +, Gyr +, Q (+). —
22. *P. lox.?*, CSSR: Böhmen, Reichenberg, SIEGMUND jun. (M — RABH., Lich. Eur. exs. 448). Glof +, Glo (?), Div +. (Mischprobe?). —
23. *P. lox.*, CSSR: Böhmen, Reichenberg, SIEGMUND jun. (M — RABH., Lich. Eur. exs. 448). Glof +, Glo (+). —
24. *P. ve.*, CSSR: Moravia austro-occ., Distr. Moravsky Krumlov, in valle fluvii Rokytnà, loco dicto Tabór, prope pagum Rokytnà, 280—300 m, 4. 1973, POELT et VĚZDA (Poelt 12129). Div +, Q (+). —
25. *P. ve.*, CSSR: SW-Mähren, Distr. Náměst nach Oslavou, Jihlava-Tal, bei Mohelno, 250—320 m, 4. 1973, POELT & VĚZDA (Poelt 12128). Div +, Q (+), Gyr (+). —
26. *P. ve.*, CSSR: Slowakei, Presov, 1882, LOJKA (B — ZWACKH-HOLZH., Lich. exs. 750 „Kahler Strázs bei Eperies“). Div +, Q (?). —
27. wie 26. (B). Div +, Q (+). —
28. *P. ve.*, Tirol: Rhätische Alpen, Samnaungruppe, oberhalb Fiss, 1500—1600 m, 9. 1972 POELT (Poelt). Gyr +, nicht identifizierter Stoff. —
29. *P. ve.*, Portugal: Beira Alta, Serra da Estréla, entre Caldas de Manteigas e o Curral da Nave, 8. 1944, TAVARES (Tavares 1090). Div +. —
30. *P. ve.*, Portugal: Estremadura, Sezimbra, 7. 1943, TAVARES (Tavares). Div +, Gyr +, weitere nicht identifizierte Inhaltsstoffe. —
31. *P. ve.*, Portugal: Baixo Alentejo, Monte da Corredoura, S. Miguel do Pinheiro, Mertola, 9. 1954, PALMINHA (Tavares 5603). Div +, Gyr +. —
32. *P. lox.*, Italien: Südtirol, Dolomiten, westl. Bindelweghütte, 8. 1968, WUNDER (Wunder 707). Glof +, Glo (+). —
33. *P. lox.*, Griechenland: Insel Lesbos, Kloster Ypsilo bei Antissa, 5. 1934, RECHINGER (Vi 18549). Glof +, Glo (+). —
34. *P. ve.*, Griechenland: Attika, Nordseite des Penteli, östl. Dionissos, 4. 1971, POELT (Poelt). Div +, Gyr +. —
35. *P. lox.*, Griechenland: Insel Ägina, Monasteri, Ag. Triados, 4. 1971, POELT). Glof +, Glo (+). —
36. *P. lox.*, Griechenland: Kreta, Hierapetra, Aphendi Kavusi-Gebirge, zwischen Thripti und Katochorio, 5. 1942, RECHINGER (Vi 18549). Glof +, Glo (+). —
37. *P. ve.*, Türkei: Bithynien, Eregli, 3. 1917, PIETSCHMANN (Vi 6660). Div +, Gyr +. —
38. *P. ve.*, Türkei: Bithynien, Eregli, 3. 1917, PIETSCHMANN (Vi 6785). Div +, Gyr (?). —
39. *P. lox.?*, USA: Colorado, Dakota sandstone ridge just WNW of Boulder, 6000 ft, 4. 1963, WEBER & ANDERSON (Poelt — Lich. exs., Univ. of Colorado Museum, Boulder 155). Glof +, Glo (+). —

Paramelia ryssolea

1. Rumänien: Dobrogea, distr. Constanta: in valle fl. Casimcea, prope domum Lasual dictum, 80—100 m, 8. 1970, VĚZDA (Poelt 8730). Sten +, Gyr (?). —
2. Rumänien: Dobrogea, distr. Tulcea: in valle fl. Casimcea, inter Gura Dobrogei et Tigrusor, 100 m, 7. 1973, VĚZDA (Poelt). Sten +. —
3. Sowjetunion: Gouv. Astrachan, Baskuntschaksee, 7. 1927, TUMIN (B). Sten +, Gyr (?). —
4. Sowjetunion: Kasachstan, distr. Adajevskij, „Mangyschlak“ inter Halga-Baba et Alexandrovsk, 9. 1926, SPIRIDONOV (B). Sten +, Gyr (?). —
5. Sowjetunion: Rossia europaea orientalis, regio Orenburgensis: Orsk, prope vicum Mozcharovka. 7. 1961. SKARLYGINA, comm. ABRAMOV (Poelt — VĚZDA, Lich. sel. 285). Sten +, Gyr (?). —

7. Zusammenfassung

1. 345 Proben des Formenkreises von *Parmelia prolixa* s. l. in Europa wurden auf ihre Inhaltsstoffe untersucht, davon 190 nichtisidiöse Proben, 150 isidiöse Proben und 5 Aufsammlungen von *P. ryssolea*. Die Reihenuntersuchungen wurden mittels Dünnschichtchromatographie, teilweise kombiniert mit Flechtenmassenspektrometrie und Chromatogramm-Spektralphotometrie, durchgeführt. Die Anwendbarkeit der beiden zuletzt genannten Methoden wird diskutiert.
 2. Folgende Inhaltsstoffe wurden gefunden und zum Teil aus einer größeren Anzahl Proben isoliert: Divaricatsäure, Stenosporäsure, Glomellifersäure, Glomellsäure, Gyrophorsäure, Norstictinsäure und ein nicht identifiziertes Depsid Q.
 3. In diesem Zusammenhang ergab eine Überprüfung der Original-Substanzen von ZOPF die Identität von Imbricarsäure ZOPF aus „*Parmelia locarnensis*“ mit Stenosporäsure C. CULBERSON und von Imbricarsäure ZOPF aus „*Parmelia perlata*“ (nicht zum Formenkreis gehörend) mit Imbricarsäure ASAHIKA et FUZIKAWA.
 4. Es zeigte sich, daß verschiedene „chemische Rassen“ im Formenkreis — bezeichnet nach dem Hauptinhaltsstoff — vorliegen. *P. prolixa* coll.: Glomellifersäure-Sippe, Divaricatsäure-Sippe, Stenosporäsure-Sippe, Norstictinsäure-Sippe. Ferner enthielten einige westmediterrane Proben unbekannte Substanzen bzw. Gyrophorsäure (vorläufige Bezeichnung: „Gyrophorsäure-Gruppe“ — diese „Sippe“ ist nicht einheitlich und bedarf weiterer Untersuchungen).
- Isidiöse Formen: Glomellifersäure-Sippe, Divaricatsäure-Sippe.
- P. ryssolea*: nur Stenosporäsure-Typ. —
- Glomellsäure kommt häufig neben Glomellifersäure vor; Gyrophorsäure und ein Depsid Q treten häufig neben Divaricatsäure bzw. neben Stenosporäsure auf.
5. Die untersuchten Proben waren morphologisch nicht einheitlich, doch ließen sich innerhalb von *P. prolixa* coll. keine scharfen Grenzen ziehen; nur die Wanderform var. *pokorny* (KOERB.) ZAHLBR. ist morphologisch distinkt. Die Aufsammlungen von *P. isidiotyla* coll. ließen sich dagegen großenteils zwei morphologisch ± geschiedenen Typen zuordnen, die auch chemisch differieren: *P. loxodes* NYL. (Glomellifersäure-Sippe), *P. verruculifera* NYL. (Divaricatsäure-Sippe).
 6. Die stammesgeschichtliche Differenzierung wurde diskutiert. Als Ausgangsgruppe ist *Parmelia prolixa* coll. zu bewerten. Die beiden isidiösen Sippen sind der Glomellifersäure- bzw. Divaricatsäure-Rasse von *P. prolixa* anzuschließen. Die übrigen chemischen Rassen von *P. prolixa* haben im Gebiet offenbar keine Weiterentwicklung zu isidiösen Formen gefunden. Die Entwicklung von Wanderformen (*P. prolixa* var. *pokornyi* und *P. ryssolea* — beide mit Stenosporäsure) ist von der Stenosporäsure-Rasse der *P. prolixa* ausgegangen.
 7. Taxonomie und Nomenklatur der Gruppe werden dargestellt.

LITERATUR

- Asahina, Y. & Nogami, H. (1937): Untersuchungen über Flechtenstoffe, LXXXI. Mitt.: Über die Glomellifersäure (I. Mitt.). — Chem. Ber. **70**, 1498—1499.
- Culberson, C. (1969): Chemical and Botanical Guide to Lichen Products. 628 S. — Chapel Hill (University of North Carolina Press).
- (1970): Stenosporic Acid a new Depside in *Ramalina stenospora*. — Phytochemistry **9**, 841—844.
- (1972): Improved Conditions and New Data for the Identification of Lichen Products by a Standardized Thin-Layer Chromatographic Method. — J. Chromatogr. **72**, 113—125.

- & Hörl-Dur Kristinsson (1970): A Standardized Method for the Identification of Lichen Products. — *J. Chromatogr.* **46**, 85—93.
- Culberson, W. & Culberson, C. (1973): Parallel Evolution in Lichen-Forming Fungi. — *Science* **180**, 196—198.
- Dahl, E. (1952): On the Use of Lichen Chemistry in Lichen Systematics. — *Rev. bryol. lichénol.* **21**, 119—134.
- & Krog, H. (1973): Macrolichens of Denmark, Finland, Norway and Sweden. 185 S. — Oslo, Bergen, Tromsø (Universitetsforlaget).
- Degelius, G. (1939): Die Flechten von Norra Skaftön. — *Uppsala Univ. Arsskr.* 1939, **11**, 1—206.
- Du Rietz, G. (1924): Die Soredien und Isidien der Flechten. — *Svensk bot. T.* **18**, 371—396.
- Esslinger, T. (1973): Nomenclatural Notes on Some Members of Parmelia Section Melanoparmelia. — *Bryologist* **76**, 306—309.
- Hale, M. (1966): Chemistry and Evolution in Lichens. — *Israel J. Bot.* **15**, 150—157.
- (1969): How to know the Lichens. 226 S. — Dubuque, Iowa (WM. C. Brown Co. Publ.).
- Harmand, J. (1909): *Lichens de France. Catalogue Systématique et Descriptif. Phyllocladés.* 483—729. — Paris (Klincksieck).
- & Maire, R. (1909): *Lichens de la Grèce.* — *Bull. Séanc. Soc. Sc. Nancy (Sér. III)* **10**, 143—176.
- Hillmann, J. (1936): *Parmeliaceae*, in: Rabenhorst, L., *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz IX/5/3.* — Leipzig (Akad. Verl. Ges.).
- Huneck, S. (1968): Lichen Substances, in: Reinhold, L. & Liwschitz, Y., *Progress in Phytochemistry*, Vol. 1, 223—346. — London, New York, Sydney (Intersc. Publ., J. Wiley & Sons).
- Djerassi, C., Becher, D., Barber, M., Ardenne, M. von, Steinfelder, K. & Tümmeler, R. (1968): Flechteninhaltsstoffe. XXXI. Massenspektrometrie und ihre Anwendung auf strukturelle und stereochemische Probleme. CXXIII. Massenspektrometrie von Depsiden, Depsidonen, Depsonen, Dibenzofuranen und Diphenylbutadienen mit positiven und negativen Ionen. — *Tetrahedron* **24**, 2707—2755.
- & Föllmann, G. (1973): Struktur der Glomellsäure. — *Phytochemistry* **12**, 2993—2994.
- Jork, H. & Stahl, E. (1968): trans-Isoelemicin, ein Hauptbestandteil ätherischer Haselwurzöle. — *Naturwissenschaften* **55**, 492—493.
- Keller, B. (1930): Die Erdflechten und Cyanophyceen am unteren Lauf der Wolga und des Ural, in: Karsten, G. & Schenck, H., *Vegetationsbilder* 20. R., H. 8, Tafel 43—48. — Jena (G. Fischer).
- Klement, O. (1950): Über die Artberechtigung einiger Parmelien. — *Ber. dtsch. bot. Ges.* **63**, 47—52.
- Krog, H. (1951): Microchemical Studies on Parmelia. — *Nytt. Mag. Naturvidensk.* **88**, 57—85.
- Laundon, J. (1970): Lichens new to the British Isles. — *Lichenologist* **4**, 297—308.
- Ozenda, P. & Clauzade, G. (1970): *Les Lichens.* 801 S. — Paris (Masson).
- Poelt, J. (1963): Flechtenflora und Eiszeit in Europa. — *Phytos (Horn)* **10**, 206—215.
- (1969): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten, 757 S. — Lehre (Cramer).
- (1970): Das Konzept der Artenpaare bei den Flechten. — *Ber. dtsch. bot. Ges. Vortr. Gesamtgebiet Botanik N. F.* **4**, 187—198.
- (1972): Die taxonomische Behandlung von Artenpaaren bei den Flechten. — *Bot. Not.* **125**, 77—81.
- Randerath, K. 1965): Dünnschichtchromatographie. 2. Aufl. 291 S. — Weinheim/Bergstraße (Verl. Chemie).
- Rassadina, K. (1971): *Parmeliaceae*, in: Opredelitelj lischainikov SSSR (Russ.). Band 1, 282—386. — Leningrad (Isdatel'stvo „Nauka“ leningradskoe otdelenie).
- Santesson, J. (1967): Chemical Studies on Lichens. 4. Thin Layer Chromatography of Lichen Substances. — *Acta chem. scand.* **21**, 1162—1172.
- (1969): Chemical Studies on Lichens. 10. Mass Spectrometry of Lichens. — *Ark. Kemi* **30**, 363—377.
- Stahl, E. & Jork, H. (1968): Dünnschichtchromatographie. XIX. Mitt.: Direktauswertung mit dem Chromatogramm-Spektralphotometer. — *Zeiss-Informationen* **16**, 52—59.
- Tavares, C. d. N. (1945): Contribucao para Estudo das Parmeliaceas Portuguesas. — Port. Acta biol. Ser. B **1**, 1—210.
- Thomson, J. (1961): Evolution in the Lichen Genus Physcia, in: Recent Advances in Botany. I, 267—271. — Toronto (Univ. Toronto Press).

- W a c h t m e i s t e r , C. (1959): Flechtenäuren, in: L i n s k e n s , H., Papierchromatographie in der Botanik: 135—141. — Berlin, Göttingen, Heidelberg (Springer).
- Z a h l b r u c k n e r , A. (1907): Specieller Teil, in: E n g l e r , A. & P r a n t l , K., Die natürlichen Pflanzenfamilien I. Teil, 1. Abt. 49—249. — Leipzig (W. Engelmann).
- (1930): Catalogus lichenum universalis. Band VI, 618 S. — Leipzig (Gebr. Bornträger).
- Z o p f , W. (1899): Zur Kenntnis der Flechtenstoffe. 6. Mitt. — Ann. Chem. 306, 282—321.
- (1901): Zur Kenntnis der Flechtenstoffe. 8. Mitt. — Ann. Chem. 317, 110—145.
- (1902): Zur Kenntnis der Flechtenstoffe. 9. Mitt. — Ann. Chem. 321, 37—61.

Auschriften der Verfasser: Prof. Dr. C. Leuckert, I. Schultz, B. Schwarz, Institut für Systematische Botanik und Pflanzengeographie der Freien Universität Berlin,
D-1000 Berlin 33, Altensteinstr. 6;
Prof. Dr. J. Poelt, Institut für Systematische Botanik der Universität Graz,
A-8010 Graz, Holteigasse 6.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Decheniana](#)

Jahr/Year: 1975

Band/Volume: [127](#)

Autor(en)/Author(s): Leuckert Christian, Poelt Josef, Schultz Ingrid, Schwarz Brigitte

Artikel/Article: [Chemotaxonomie und stammesgeschichtliche Differenzierung des Formenkreises von *Parmelia prolixa* in Europa \(Lichenes, Parmeliaceae\)](#)
[1-36](#)