PHILIPPIA 1 / 1: 28–37 1970

GERHARD FOLLMANN und SIEGFRIED HUNECK *

Mitteilungen über Flechteninhaltsstoffe

LXXXIII

Zur Phytochemie und Chemotaxonomie einiger Usnea-Arten **

Abstract

The secondary metabolic products of eight representatives of the fruticose lichen genus *Usnea* (Usneaceae, Lecanorales, Ascolichenes) have been examined by thin layer chromatography and (or) microchemical methods, this being the first analysis for six of these species. *Usnea amaliae* MOT. contains protocetraric acid and usnic acid, *Usnea arizonica* MOT. salazinic acid and usnic acid, *Usnea articulata* (L.) HOFFM. subspec. *mediterranea* MOT. fumarprotocetraric acid, usnic acid, and a mixture of sterols, *Usnea canariensis* (ACH.) DU RIETZ atranorin, chloroatranorin, and the new pigment canarionic acid, *Usnea hawaiiensis* MOT. var. *sensitiva* MOT. salazinic acid and usnic acid, *Usnea hookeri* MOT. atranorin and an unidentified pigment, *Usnea lutea* MOT. usnic acid and an unidentified substance, and *Usnea subhirta* (WAIN.) MOT. salazinic acid and usnic acid. The pattern of *Usnea* substances is discussed in connection with the chemosystematic position of the genus and the delimitation of its species.

A. Einleitung

Aus der kosmopolitischen Strauchflechtengattung *Usnea* (Usneaceae, Lecanorales, Ascomycetidae) wurden bereits über 150 Formen, d. h. mehr als 20 % der bisher beschriebenen Taxa hinsichtlich ihrer sekundären Stoffwechselprodukte untersucht (CULBERSON 1969, 1970). Sie gehört damit zu den phytochemisch bestbekannten Flechtengruppen. Für eine repräsentative chemotaxonomische Übersicht fehlen jedoch noch zahlreiche Analysendaten, besonders auch hinsichtlich der infraspezifischen Variabilität. Deshalb legen wir hier einige neue Untersuchungsergebnisse vor, die geeignet erscheinen, kritische Angaben zu ergänzen und das Gesamtbild abzurunden.

B. Methodik

Alle Flechtenproben wurden zunächst mit den üblichen lichenologischen Prüfmitteln getestet, dann homogenisiert und mit Aceton extrahiert. Die Auszüge wurden entweder präparativ aufgearbeitet oder dünnschichtchromatographisch mit KODAK-Chromogramfolie K 301 R 2

---

* Herrn Prof. Dr. R. TSCHESCHE, Institut für Organische und Biochemie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, zum 65. Geburtstag gewidmet.

** FOX, C. H., FOLLMANN, G. und HUNECK, S., 1971: Mitteilungen über Flechteninhaltsstoffe. LXXXII. Zur Chemie einiger *Stereocaulon*-Arten. Phytochemistry 10: im Druck.

analysiert. Zur Entwicklung und Detektion von Aldehyden diente meist Toluol/Äther/Eisessig 3 : 6 : 1 und p-Phenylendiamin, für andere Depside und Depsidone Äther/Essigsäure 50 : 1 und bis-diazotiertes Benzidin plus Natronlauge, für Usninsäure Chloroform/Aceton 4 : 1 und UV-Licht. Nachfolgend gelangen folgende Abkürzungen zur Anwendung: AE = Acetonextrakt, DC = Dünnschichtchromatogramm, F = Schmelzpunkt, K = Kaliumhydroxid, K + N = Kaliumhydroxid gefolgt von Natriumhypochlorit, N = Natriumhypochlorit, P = p-Phenylendiamin. Belegstücke der untersuchten Flechtenmuster finden sich unter den angegebenen Sammlungsnummern in den Flechtenherbarien des Botanischen Museums zu Berlin-Dahlem (Coll. lich. mus. bot. berol.) sowie des Naturkundemuseums im Ottoneum zu Kassel (Coll. lich. mus. hist. nat. cass.). Erstuntersuchungen sind mit * gekennzeichnet.

C. **Ergebnisse**

1. **Usnea (Usnea) amaliae MOT.***

Diese mittelgroße, verhältnismäßig steife, aufrechte, von Grund auf verästelte, grau- bis gelbgrüne, gegen die wenig hervortretende Haftscheibe schwärzlich überlaufene Strauchflechte besitzt drehrunde, schwach papillöse, reich verzweigte Thallusäste und subterminale, große, konkave bis plane, lagerfarbene Scheibenfrüchte mit spärlichem, doch langem Wimpernbesatz. Nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen handelt es sich um eine ozeanische, epilithische, acidophile, hygrophile und photophytische Endemart der ostbrasilianischen Provinz des neotropischen Florenreichs. Das Versuchsgut (Coll. lich. mus. hist. nat. cass. 22 514 und Lich. exs. sel. mus. bot. berol. ed. 78) stammte von Neigungsflächen an Silikatfelsen in der Sierra de las Animas unweit Maldonado in der Provinz Montevideo in Süduruguay (leg. et det. H. S. OSORIO 1967).

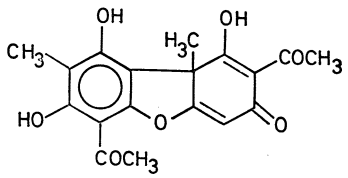


Abb. 1. Usninsäure

Die Rinde färbt sich mit K gelblich, mit K + N gelb, das Mark mit P gelb, dann rot. 7,0 g Thallushomogenat werden zunächst mit Äther, dann mit Aceton extrahiert. Nach Kristallisation aus Methylenchlorid/Methanol fällt aus dem Ätherextrakt 0,1 g (= 1,4 % TM) (+)-Usninsäure (Abb. 1) vom F 202–203° C an. Im AE finden sich nach zweimaliger Kristallisation aus Aceton/Wasser 0,08 g (= 1,1% TM) bitter schmeckende Nädelchen, die sich ab 240° C zersetzen und laut DC und Infrarotspektrum mit Protocetrarsäure (Abb. 2) identisch sind. Das Dibenzofuran Usninsäure tritt konstant als Rindenpigment innerhalb der Gattung auf; das Depsidon Protocetrarsäure kommt als Differentialstoff bei mehreren Arten der Untergattung *Usnea* vor.

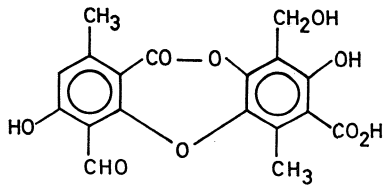


Abb. 2. Protocetrarsäure

2. Usnea (Usnea) arizonica MOT.

Hier liegt eine umfangreiche, dichtbuschige, mehr oder weniger hängende, jung meist abstehende, graugrüne bis gelbgrüne Strauchflechte mit wirr verzweigten, rundlichen, stark papillösen bis dornigen Seitenästen, kräftigen dunklen Haftscheiben und endständigen, großen, konkaven, hell lagerfarbenen Scheibenfrüchten mit starken, teilweile verzweigten Randfransen vor. Der montane, acidophile, hygrophile und photophytische Borkenhafter bleibt auf die südliche pazifische Provinz des holarktischen Florenreichs beschränkt. Das Untersuchungsmaterial (Coll. lich. mus. bot. berol. 22 345) fand sich an Laubbaumborke im Devils Canyon auf der Fatjo Ranch im San Mateo County im nordamerikanischen Bundesstaat Kalifornien (leg. et det. A. W. C. T. HERRE 1957).

Die Rinde reagiert mit K gelblich, mit K + N gelb. Im AE von 4,0 g Flechtenpulver finden sich 0,02 g (= 0,5 % TM) Salazinsäure (Abb. 3) vom F 260° C (Zersetzung) und 0,1 g (= 2,5 % TM) (+)-Usninsäure. Der qualitative Nachweis des Depsidons Salazinsäure wurde für diese Art bereits von HALE (1962) geführt, der jedoch keine Usninsäure für *Usnea arizonica* MOT. angibt. Auch Salazinsäure kommt in der Markschicht verschiedener Sippen der Untergattung *Usnea* vor und kann als Differentialstoff verwendet werden. Andere Arten des Formenschwarms um *Usnea strigosa* (ACH.) EAT. synthetisieren dagegen Usninsäure allein oder in Kombination mit Fumarprotocetrar-, Galbin-, Norstictin- bzw. Psoromsäure.

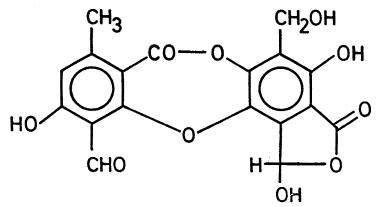


Abb. 3. Salazinsäure

3. Usnea (Usnea) articulata (L.) HOFFM. subspec. mediterranea MOT.*

Die große, lang und locker herabhängende, gelbgrüne bis strohfarbene Strauchflechte mit drehrunden, glatten oder leicht grubigen, durch Querrisse gegliederten, stellenweise aufgeschwollenen Primärästen und breiten dunklen Haftscheiben trägt subterminale, umfangreiche, konkave lagerfarbene Scheibenfrüchte mit dichtem langen Wimpernbesatz. Als ozeanischer,

acidophiler, hygrophiler und photophytischer Borkenbewohner strahlt sie von der mediterranen bis zur makronesischen Provinz des holarktischen Florenreichs aus. Wir untersuchten ein Muster (Coll. lich. mus. hist. nat. cass. 22 005) von Laubbaumborke unweit Cueva Corcho auf der spanischen Kanareninsel Gran Canaria (leg. et det. G. FOLLMANN 1968).

Die Rinde verfärbt sich mit K + N gelb, das Mark mit P zunächst gelb, dann orange. 33,0 g Thallushomogenat werden nacheinander mit Äther und Aceton extrahiert. Der ätherische Auszug wird eingedampft und der Rückstand mit 50 ml Benzol ausgekocht. Das Ungelöste wird abgesaugt, das Filtrat wiederum eingedampft und der Rückstand aus Chloroform/Äthanol umkristallisiert, wobei 0,2 g (= 0,6 % TM) Fumarprotocetrarsäure (Abb. 4) vom F 256–257° C anfallen. Aus dem Neutralanteil des Ätherextrakts resultieren nach Kristallisation aus Essigsäureäthylester 0,005 g (= 0,015 % TM) eines Steroidgemischs vom F 120–128° C.

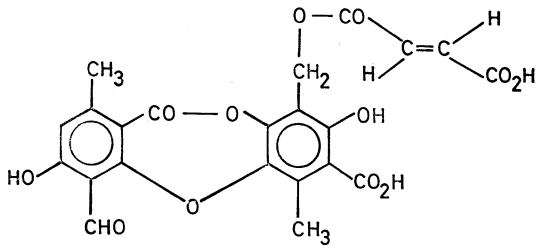


Abb. 4. Fumarprotocetrarsäure

Für andere Rassen der weitverbreiteten und formenreichen Art werden folgende sekundäre Inhaltsstoffe angegeben: *Usnea articulata* (L.) HOFFM. Barbatinsäure, Salazinsäure und Usninsäure (SCHULTE 1905, THIES 1932, ZOPF 1907); *Usnea articulata* (L.) HOFFM. var. *asperula* MUELL.-ARG. Articulatsäure, Atranorin, Stictinsäure und Usninsäure (ASAHINA 1926, 1937, ASAHINA und SHIBATA 1954); *Usnea articulata* (L.) HOFFM. var. *intestiniformis* (ACH.) CROMB. Articulatsäure, Barbatinsäure sowie Usninsäure (HESSE 1912, THIES 1932). Demnach handelt es sich auch stoffwechselphysiologisch betrachtet um einen hochvariablen Formenkreis. Um Chemovarietäten festlegen zu können, müßte der Komplex jedoch eingehender untersucht werden.

4. Usnea (Neuropogon) canariensis (ACH.) DU RIETZ

(syn. *Alectoria canariensis* ACH., *Letharia canariensis* [ACH.] HUE)

Diese üppige, krause, abstehende oder hängende, leuchtend orangerote Strauchflechte mit abgeflachten, glatten, grubigen oder leicht papillösen Primärästen, kräftiger dunkler Haftscheibe und sehr fein ausgezogenen, rundlichen Endgliedern präsentiert sich stets steril. Hochgradig ozeanisch, hygrophil und photophytisch, doch verhältnismäßig substratvag, kommt sie in der makronesischen Provinz des holarktischen Florenreichs endemisch vor. Das Versuchsgut (Coll. lich. mus. hist. nat. cass. 22 046 und Lich. exs. sel. mus. bot. berol. ed. 79) fand sich an Stirnflächen von Lavablöcken am Kraterrand der Caldera unweit Juncalillo auf Gran Canaria (leg. G. FOLLMANN und G. KUNKEL 1968, det. G. FOLLMANN 1969).

Die farbigen Stellen des Thallus reagieren mit K grün, die bleichen mit K schwefelgelb, mit P schwach gelblich. 35,0 g fein zerschnittenen Lagermaterials werden zunächst mit Äther und darauf mit Methanol extrahiert. Das im Ätherauszug ausgeschiedene Produkt vom F 193–196° C erweist sich nach dem DC als Gemisch von A t r a n o r i n (Abb. 5) und C h l o r a t r a n o r i n

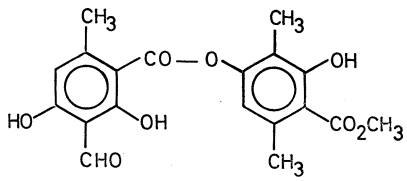


Abb. 5. Atranorin

(Abb. 6) in einer Gesamtausbeute von 1,75 g (= 5,8 % TM). Der methanolische Extrakt wird eingedampft und der Rückstand mit 50 ml 10 % Natronlauge erwärmt. Das Ungelöste wird abgesaugt und das Filtrat mit 10 % Schwefelsäure angesäuert, der ausgefallene gelbe Niederschlag ebenfalls abgesaugt, mit Wasser gewaschen und bei Raumtemperatur getrocknet. Das resultierende amorphe Produkt fällt aus keinem der gebräuchlichen Lösungsmittel kristallin an und wird daher in methanolischer Aufschwemmung 3 min mit überschüssiger ätherischer Diazomethanlösung behandelt, wobei es in Lösung geht, während sich gleichzeitig Kristalle abscheiden. Diese werden wiederum abgesaugt und aus Methanol umkristallisiert. Die anfallenden braunroten Kristalle zersetzen sich ohne scharfen Schmelzpunkt und zeigen folgende Farbreaktionen: K violett, Ferrichlorid rotbraun, Magnesiumacetat orangerot, beim Verdünnen mit Wasser violettrot. Dieser chinoide Farbstoff soll vorläufig C a n a r i o n s ä u r e genannt werden. Der Methylester ergibt das in Abb. 7 dargestellte UV-Spektrum (0,0015 g in 50 ml Methanol, d = 0,5 cm).

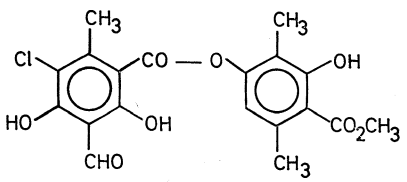


Abb. 6. Chloratranorin

Neben den Depsiden Atranorin und Chloratranorin fanden auch FERNANDEZ und PIZARROSO (1958) ein unbekanntes Pigment in *Usnea canariensis* (ACH.) DU RIETZ, wofür allerding ein F von 220° C ermittelt wurde. Hiervon abgesehen stimmt dieses aber wahrscheinlich mit unserer Canarionsäure überein; zur Strukturaufklärung wären größere Mengen von Analysenmaterial notwendig. Die Annahme, die Endemart synthesiere außerdem Salazinsäure (BRIEGER 1923, HESSE 1912, THIES 1932, ZOPF 1907), muß nach mehreren Stichproben an Aufsammlungen von verschiedenen Inseln des Archipels jedoch fallengelassen werden. Auffälligerweise fehlt bei *Usnea canariensis* (ACH.) DU RIETZ die gattungsspezifische Usninsäure, womit sie nicht nur morphologisch, sondern auch hinsichtlich ihres Sekundärstoff-

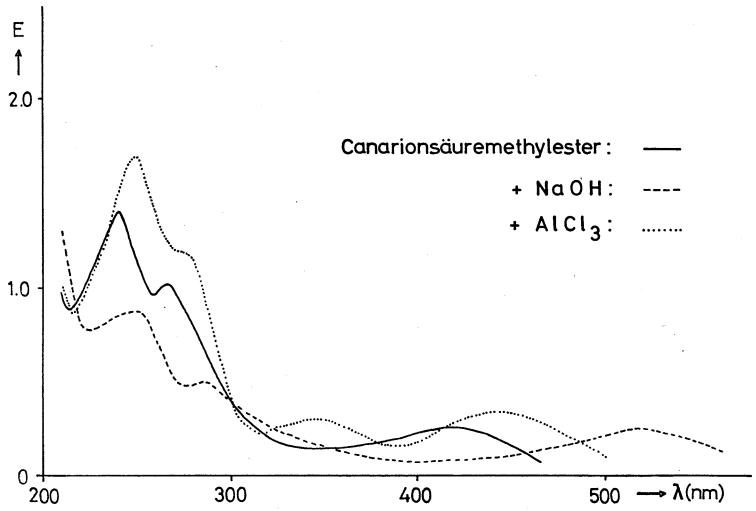


Abb. 7. UV-Spektrum von Canarionsäuremethylester in Methanol, mit und ohne Zusatz von Natronlauge und Aluminiumchlorid

wechsels völlig isoliert dasteht. Dies kann als chemotaxonomischer Hinweis darauf gewertet werden, daß sie – wie früher angenommen – eher zu den Usneaceengattungen *Alectoria* (Usninsäure tritt nur selten auf) oder *Letharia* (Usninsäure kommt überhaupt nicht vor) tendiert. Beim gegenwärtigen Stand der Untersuchungen möchten wir jedoch von einer formalen Rückführung absehen.

5. **Usnea (Usnea) hawaiiensis MOT. var. sensitiva MOT.***
(syn. *Usnea australis* FRIES f. *reagens* ZAHLBR.)

Hier handelt es sich um eine dichtwüchsige, kleinbuschige, abstehende, blaß gelbgrüne Strauchflechte mit starken, drehrunden warzigen Mitteltrieben, verhältnismäßig feinen, stark sorediösen Seitenästen und kleiner dunkler Haftscheibe, die bisher stets steril gefunden wurde. Als endemische, ozeanische, acidophile, hygrophile und photophytische Borkenflechte ist sie in der hawaiischen Provinz des paläotropischen Florenreichs verbreitet. Das Untersuchungsmaterial (Coll. lich. mus. hist. nat. cass. 22 342) stammte von Laubbaumborke am Kilaueakrater auf der Hauptinsel des pazifischen Hawaii-Archipels (leg. A. FAURIE 1896, det. J. MOTYKA 1934).

Die Rinde verfärbt sich mit K gelb, das Mark mit dem gleichen Reagens stellenweise rötlichbraun. Laut DC enthält die Abart neben (+)-Usninsäure (Rinde) Salazinsäure (Mark), eine Stoffkombination, die für zahlreiche Formen des Verwandtschaftskreises um *Usnea barbata* (L.) WIGG. charakteristisch ist. Die ebenfalls noch nicht phytochemisch analysierte Stammform zeigt keine K-Reaktion; dort dürfte das Depsidon fehlen.

6. **Usnea (Chlorea) hookeri MOT.***
(syn. *Usnea flexuosa* [NYL.] DU RIETZ)

Jene niedrige, rasenbildende, starre, subdichotom verzweigte, im Basalteil grauschwarze, im Apikalteil leuchtend orangerote Strauchflechte mit kleiner schwärzlicher Haftscheibe und rundlichen, an den Verzweigungen abgeflachten, grubig-runzligen Thallusästen ist ebenfalls nur steril bekannt. Es handelt sich um eine nivale, saxicole und terricole, acidophile, hygrophile und photophytische Endemform der Hochgebirge der zentralasiatischen Provinz des holarktischen Florenreichs. Das Versuchsgut (Coll. lich. mus. hist. nat. cass. 22 315) fand sich auf Schuttböden westlich Gorak Shep im nepalesischen Khumbugebiet (leg. et det. J. POELT 1962).

Die orangeroten Thalluspartien färben sich mit K violett, die Basaltteile schwach gelb; das DC weist neben Atranorin einen chinoiden Farbstoff aus, der mangels reichlicherem Analysenmaterial nicht genauer identifiziert werden konnte. In diesem Zusammenhang ist die chemotaxonomische Verwandtschaft mit der vorn besprochenen *Usnea canariensis* (ACH.) DU RIETZ (Atranorin, Chloratranorin, chinoider Farbstoff) aufschlußreich, deren Zuordnung zur Untergattung *Protousnea* aufgrund verhältnismäßig schwankender anatomischer Merkmale ohnehin zweifelhaft erscheint (MOTYKA 1936).

7. **Usnea (Usnea) lutea MOT.***

Hier liegt eine kräftige, verhältnismäßig starre, nur bei sehr alten Exemplaren hängende, strohgelbe bis gelbbraune, am Grunde schwärzlich überlaufene Strauchflechte mit drehrunden, dicken, weitgehend glatten, stellenweise querrissigen Primärästen, zahlreichen, fein ausgezogenen Seitenzweigen und umfangreichen, warzigen schwarzen Haftscheiben sowie endständigen, großen, wellig-konkaven, feinfransigen lagerfarbenen Scheibenfrüchten vor. Wiederum handelt es sich um einen endemischen, ozeanischen, subacidophilen, hygrophilen und photophytischen Borkenbewohner der hawaiischen Provinz des paläotropischen Florenreichs. Wir untersuchten eine Probe (Coll. lich. mus. hist. nat. cass. 22 513) von Laubbaumborke am Pun Nianiau auf der pazifischen Hawaii-Insel Maui (leg. O. DEGENER 1952, det. O. KLEMENT 1957).

Die Rinde reagiert mit N gelblich. 25,0 g Thallushomogenat liefern 0,1 g (= 0,4 % TM) (+)-Usninsäure und 0,002 g (= 0,008 % TM) einer leicht alkalilöslichen Substanz, die ebenfalls mangels ausreichendem Versuchsgut vorläufig nicht näher untersucht werden konnte. Die Mehrzahl der Formen aus der engeren und weiteren Verwandtschaft von *Usnea lutea* MOT. weist dagegen ein qualitativ wie quantitativ reiches Depsid- und Depsidonspektrum auf.

8. **Usnea (Usnea) subhirta (WAIN.) MOT.***
(syn. *Usnea xanthopoga* NYL. f. *subhirta* [WAIN.] ZAHLBR.)

Dies ist eine kleine, dichtbuschige, schlaffe, grüngelbe, im Unterteil dunkel überlaufene, durchgehend sterile Strauchflechte mit rauhen drehrunden Primärästen, fein verzweigten Sekundärzweigen, die helle Punktsorale tragen, und starken schwarzen Haftscheiben. Der ozeanische,

acidophile, hygrophile und photophytische Borkenbewohner strahlt vom neotropischen Florenreich bis in die hawaiische Provinz der Holarktis aus. Unser Versuchsgut (Coll. lich. mus. hist. nat. cass. 22 328) fand sich an Laubbaumborke bei Halepohaku am Mauna Kea auf der Hauptinsel des pazifischen Hawaii-Archipels (leg. O. DEGENER und I. DEGENER 1967, det. O. KLEMENT 1968).

Rinde und Mark verfärben sich mit K gelb. Im AE von 4,0 g Lagerpulver finden sich 0,2 g (= 5 % TM) (+)-Usninsäure; dieser enthält laut DC außerdem Salazinsäure. Damit kommt die Sippe von den Hawaii-Inseln *Usnea hirta* (L.) WIGG. nahe, die neben den Hauptinhaltsstoffen Salazin- und Usninsäure allerdings in einigen Rassen zusätzlich Atranorin, Hirtinsäure und Thamnolsäure führt (DUVIGNEAUD 1947, KLOSA 1951, SOLBERG 1956). Auch dieser Komplex bedarf einer gründlichen chemotaxonomischen Revision auf der Grundlage weitgestreuten Analysenmaterials.

D. **Besprechung**

Nach dem von CULBERSON und CULBERSON (1970) entworfenen Stoffspektrum der Lecanoralenfamilien zeichnet sich die Strauchflechtengattung *Usnea* besonders durch die Synthese von β-Orcinderivaten (8 Depside, 8 Depsidone) in der Markschicht sowie des Dibenzofurans (+)-Usninsäure in der Rindenschicht aus; in verhältnismäßig geringer Anzahl und Häufigkeit kommen daneben Anthrachinone, Depside des Orcintyps, Fettsäuren, Saccharide und Terpene vor. Die neuen Analysendaten lassen sich zwanglos in dieses Bild einfügen, wenn man von den Inhaltsstoffen von *Usnea canariensis* (ACH.) DU RIETZ und *Usnea hookeri* MOT. absieht, die jedoch beide möglicherweise zu anderen Usneaceengattungen zu stellen sind. Phytochemisch hebt sich *Usnea* als offenbar natürlicher Verwandtschaftskreis damit immer klarer von den übrigen Gattungen der vergleichsweise heterogenen Familie ab (HUNECK und FOLLMANN 1971). Das häufige Auftreten mehrerer Sekundärstoffe nebeneinander, die Existenz zahlreicher Depsidone und der hohe Methoxylierungsgrad der Inhaltsstoffe weist chemosystematisch auf eine verhältnismäßig hochentwickelte Flechtengruppe hin.

E. **Anmerkung**

Wir danken Herrn Dr. O. DEGENER (Oahu/Hawaii) und Herrn Prof. Dr. H. S. OSORIO (Montevideo/Uruguay) für die Überlassung von Untersuchungsmaterial, Herrn Prof. Dr. T. ECKARDT (Berlin-Dahlem) für die Ausleihe von Flechtenmustern aus den Kryptogamensammlungen des Botanischen Museums zu Berlin sowie der MARLOTH-Stiftung (Berlin-Steglitz) für ein Reisestipendium, welches dem ersten Verfasser eine Sammel- und Studienreise in den westlichen Mittelmeerraum ermöglichte.

F. **Zusammenfassung**

1. Acht Vertreter der Strauchflechtengattung *Usnea* (Usneaceae, Lecanorales, Ascolichenes) wurden dünnschichtchromatographisch und (oder) mikrochemisch hinsichtlich ihrer sekundären Inhaltsstoffe untersucht, sechs davon erstmalig.

2. *Usnea amaliae* MOT. enthält Protocetrarsäure und Usninsäure, *Usnea arizonica* MOT. Salazinsäure und Usninsäure, *Usnea articulata* (L.) HOFFM. subspec. *mediterranea* MOT. Fumarprotocetrarsäure, Usninsäure und ein Steroidgemisch, *Usnea canariensis* (ACH.) DU RIETZ Atranorin, Chloratranorin und den neuen Farbstoff Canarionsäure, *Usnea hawaiiensis* MOT. var. *sensitiva* MOT. Salazinsäure und Usninsäure, *Usnea hookeri* MOT. Atranorin und einen unbestimmten Farbstoff, *Usnea lutea* MOT. Usninsäure und einen unbestimmten Inhaltsstoff sowie *Usnea subhirta* (WAIN.) MOT. Salazinsäure und Usninsäure.

3. Das Verteilungsspektrum der spezifischen *Usnea*-Inhaltsstoffe wird bezüglich der chemosystematischen Stellung der Gattung und der Abgrenzung der Arten diskutiert.

G. **Schrifttum**

ASAHINA, Y., 1926: Untersuchungen über Flechtenstoffe. II. Bestandteile von einigen in Japan einheimischen Flechten. Yakugaku Zasshi **533:** 47–51.

– 1937: Über den taxonomischen Wert der Flechtenstoffe. Bot. Mag. (Tokyo) **51:** 759–764.

– and SHIBATA, S., 1954: Chemistry of lichen substances. Tokyo.

BRIEGER, W., 1923: Synthetische Versuche auf dem Gebiete der Flechtenstoffe und ihrer Bausteine. Handb. biochem. Arbeitsmeth. **I, 10:** 205–438.

CULBERSON, C. F., 1969: Chemical and botanical guide to lichen products. Chapel Hill.

– 1970: Supplement to „Chemical and botanical guide to lichen products". Bryologist **73:** 177–377.

CULBERSON, W. L. and CULBERSON, C. F., 1970: A phylogenetic view of chemical evolution in the lichens. Bryologist **73:** 1–31.

DUVIGNEAUD, P., 1947: Etudes sur le genre Usnea. I. Remarques sur le chimisme des *Usnea* de l'Europe occidentale. Bull. Soc. roy. bot. belg. **79:** 141–147.

FERNANDEZ, O. y PIZARROSO, A., 1958: Contribución a la química de los líquenes. Estudio de la *Usnea canariensis* (D. R.). Rev. real Acad. Ci. exact. fis. nat. Madrid **52:** 557–563.

HALE, M. E., 1962: The chemical strains of *Usnea strigosa.* Bryologist **65:** 291–294.

HESSE, O., 1912: Die Flechtenstoffe. Biochem. Handlex. **7:** 32–144.

HUNECK, S. und FOLLMANN, G., 1971: Mitteilungen über Flechteninhaltsstoffe. LXXXI. Zur Phytochemie und Chemotaxonomie der Usneaceengattung *Alectoria.* Österr. bot. Z. **119:** im Druck.

KLOSA, J., 1951: Über die antibiotische Wirkung der Flechtenstoffe. Z. physiol. Chem. **287:** 195–204.

MOTYKA, J., 1936: Lichenum generis *Usnea* studium monographicum. Pars systematica. I. Lublin.

SCHULTE, F., 1905: Zur Anatomie der Flechtengattung *Usnea.* Beih. bot. Zentralbl. **18:** 1–22.

SOLBERG, Y. J., 1956: Dyeing of wool with lichens and lichen substances. Acta chem. scand. **10:** 1116–1123.

THIES, W., 1932: Systematische Verbreitung und Vorkommen der Flechtenstoffe (Flechtensäuren). Handb. Pflanzenanal. **III, 2 (2):** 429–452.

ZOPF, W., 1907: Die Flechtenstoffe in chemischer, botanischer, pharmakologischer und technischer Beziehung. Jena.

Manuskript bei der Schriftleitung eingegangen am 23. November 1970.

Anschriften der Verfasser:

G. FOLLMANN
Naturkundemuseum im Ottoneum
Steinweg 2
35 Kassel 1
BRD

S. HUNECK
Institut für Biochemie der Pflanzen
Deutsche Akademie der Wissenschaften
Weinberg
401 Halle (Saale)
DDR

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Philippia. Abhandlungen und Berichte aus dem Naturkundemuseum im Ottoneum zu Kassel

Jahr/Year: 1970-1973

Band/Volume: 1

Autor(en)/Author(s): Follmann Gerhard, Huneck Siegfried

Artikel/Article: Mitteilungen über Flechteninhaltsstoffe. LXXXIII Zur Phytochemie und Chemotaxonomie einiger Usnea-Arten 28-37