

BRYOLOGISCHE RUNDBRIEFE

Informationen zur Moosforschung in Deutschland

*Vorkommen mediterraner und arktischer Moosarten in Mitteleuropa werden in der bryologischen Literatur als Xerotherm- bzw. Glazialrelikte bezeichnet. Dabei wird die leichte Verbreitungsmöglichkeit von Moossporen außewr Acht gelassen. Erste Untersuchungen an *Bartramia stricta* ergaben, daß die Moselpopulation dieser Art nicht etwa schon seit 6500 Jahren bei uns als Relikt überdauert hat. Dadurch stellt sich die Frage, ob auch andere Arten mit ähnlicher Verbreitung erst später zu uns gekommen sind, und ob es überhaupt solche relikte gibt. Zur Klärung dieser Frage hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft ein Projekt an der Universität Bonn finanziert, welches in Kürze anläuft.*

Molekularsystematische Untersuchungen zur Klärung der Frage von Xerotherm- und Glazialrelikten in der Moosflora Europas

Jan-Peter Frahm & Dietmar Quandt

1. Zusammenfassung

In Europa gelten eine Reihe von Laub- und Lebermoosarten (genau wie manche Farne, viele Blütenpflanzen und Tierarten) als Reliktarten. Sie werden als Relikte aus ehemals anderen Klimaperioden gedeutet. Das betrifft u.a. Xerothermrelikte als Reste mediterraner Vegetation aus postglazialen Wärmeperioden an klimatischen Sonderstandorten in Mitteleuropa sowie Glazialrelikte (vornehmlich in Mooren) aus der letzten Eiszeit. Dieser Reliktstatus, der diesen Arten zugeschrieben wird, ist rein hypothetisch. Gera-

de bei Moosen als Sporenpflanzen liegen auch (nicht nur!) jüngere Ansiedlungen nahe, zumal es reichlich Evidenzen für Fernverbreitung gibt. Von uns durchgeführte Isoenzymanalysen von Populationen des Laubmooses *Bartramia stricta* aus Südfrankreich und von hochdisjunkten sog. Reliktstandorten im Moselgebiet haben ergeben, daß die Moselpopulation mit einer von zwei festgestellten südfranzösischen Populationen identisch ist, also nicht seit 8000 Jahren vom Genaustausch ausgeschlossen ist. Es ist anzunehmen, daß auch noch weitere Arten mit ähnlicher Verbrei-

INHALT	
Xerothermrelikte.....	1
Moosfunde Mittelrhein.....	9
Zu verschenken.....	10
Neufunde Vogesen.....	11
30 Jahre BLAM.....	11
Neue Dicranum-Art.....	11
Neue dt. bryol. Literatur.....	12
Neue Moosfoto CD.....	12
Cirriphyllum crassinervium.....	12
Mysteriöses Moos.....	13

tung ebenfalls keine Xerothermrelikte sind und es fragt sich, ob es sie überhaupt gibt. Dieselbe Frage stellt sich bei Glazialrelikten. Es bietet sich daher an, weitere solcher sog. Reliktarten auf molekularer Basis zu untersuchen.

2. Stand der Forschung, eigene Vorarbeiten

2.1 Stand der Forschung

Großdisjunktionen von Moosarten gehören zu den faszinierendsten phyto-geographischen Phänomenen. Sie betreffen z.B. Disjunktionen zwischen den Neotropen und dem tropischen Afrika, Afrika und Südostasien, Madagaskar und Indien u.a. Die Kenntnis solcher Disjunktionen ist relativ neu. In dem klassischen Lehrbuch der Bryogeographie von Herzog (1926) hat der Autor z.B. nur

Disjunktionen auf Gattungsebene zwischen Südamerika und Afrika angeführt. Erst die seit den Siebziger Jahren einsetzenden weltweiten Revisionen von Moosgattungen bringen immer mehr solcher Disjunktionen ans Licht. So sind z. Zt. 334 Laubmoosarten bekannt, die in Südamerika und Afrika vorkommen (8% der Laubmoosflora der Neotropen) (Delgadillo 1993) und 108 Moosarten, die Afrika mit Südostasien gemeinsam hat. (Pócs 1986). Mit Großdisjunktionen von Moosen haben sich ferner Schofield (1974), Pócs (1975), Grolle (1969), Gradstein & Vana (1987), Schofield & Crum (1972), Schuster (1972) u.a. beschäftigt. Frey (1990) hat auf Disjunktionen von Xerothermelementen in der Nord- und Südhemisphäre aufmerksam gemacht. Daneben gibt es zahlreiche Darstellungen von Disjunktionen einzelner Arten.

In Europa existieren folgende Disjunktionstypen:

1. Großdisjunktionen mit außereuropäischen (überseeischen, tropischen) Gebieten.

a. Arten im eu-atlantischen Florengebiet (West-Irland, Schottland, z.Tl. auch Südwestnorwegen), die auch in den tropischen Gebirgen vorkommen.

b. Arten im eu-atlantischen Verbreitungsgebiet, die auch im Westen Nordamerikas, in Ostasien und im Himalaya vorkommen.

Von diesen Arten wird angenommen, daß es sich um Tertiärrelikte handelt, da.h. sie waren im Tertiär Bestandteile der europäischen Moosflora und haben die pleistozänen Kaltzeiten in Refugien an der milden Atlantiküste überdauert. Diese Refugien können mit den jetzigen Reliktorkommen identisch

sein, zumal bei Arten, die nur von ganz wenigen Stellen bekannt sind, brauchen es aber nicht, speziell weil der Meeresspiegel während der Vereisungen um bis zu 170 m tiefer lag und weite - heute meerbedeckte - Gebiete als potentielle Refugien in Frage kamen. Ein Teil der Arten hat sich erfolgreich über Westeuropa verbreitet, soweit es die eigenen Standortansprüche zuließe, und gehören zu den relativ weit verbreiteten Arten (z.B. *Campylopus flexuosus*) oder besiedeln nur einige Standorte (z.B. *Lepidozia cupressina*). Bei diesen Arten ist noch die Frage offen, was sie im Laufe des Holozäns nach Mitteleuropa gelangt sind, zu feuchtwarmen Perioden z.B. im Atlantikum vor 6000 Jahren oder als Resultat kurzfristiger Klimafluktuierungen in der jüngsten Vergangenheit.

c. Tropische Arten an Fumarolen in Italien

Hierzu gehört *Calymperes erosum*, der einzige Vertreter der tropischen Familie Calymperaceae in Europa, *Barbella strongylensis*, die einzige Vertreterin der tropischen Familie der Meteoriaceae in Europa, sowie *Trematodon longicollis*, eine pantropische Art. Bei diesen Arten herrschte die Ansicht, daß es sich um Tertiärrelikte handele, die die Eiszeiten an heißen Fumarolen in der Umgebung von Neapel sowie auf der Insel Pantelleria gehalten haben.

Calymperes erosum war ursprünglich als endemische Art, *C. sommierii*, beschrieben worden, bis erst vor 20 Jahren ihre Identität mit der pantropischen *C. erosum* bekannt wurde. Bei *Barbella strongylensis* steht die Klärung noch aus. Sie ist zur Zeit noch eine endemische Art, die nur von der Insel Pantelleria bekannt ist. Auch hier ist zu erwarten, daß sie sich mit einer tropischen Art als identisch erweist. *Trematodon longicollis* ist noch von einer weiteren Lokalität auf Kreta bekannt. So sehr die Vorstellung des Überlebens der Eiszeiten an einem geothermal geheiztem Standort einleuchtend sein mag, so fragt man sich

natürlich, ob diese Geothermalstandorte in Italien schon die letzten 2-3 Millionen Jahre existiert haben.

d. Sog. Pangäische Elemente

Eine Reihe von Moosen kommt nicht nur in den Xerothermgebieten Europas vor, sondern auch in Kalifornien, Chile, Südafrika, z.Tl. auch in den Trockengebieten Australiens und Neuseelands. Frey (1990) interpretiert diese als pangäische Elemente, die während des Mesozoikums ein geschlossenes Areal hatten und zunächst durch die Trennung von Laurasia von Gondwana auf die unterschiedlichen Hemisphären verteilt wurden und dann wiederum durch die Trennung Europa - Nordamerika und Südamerika - Afrika erneut isoliert wurden. das würde bedeuten, daß diese Arten ein Alter von mehr als 180 Millionen Jahren haben und sich seitdem nicht mehr verändert haben. Ein sehr hohes Alter zumindestens von einigen Moosarten wird aber auch durch die Interpretation von manchen Arealen suggeriert. Ein Areal wie z.B. von *Campylopus controversus*, welches Südostbrasilien, Südostafrika, Madagaskar und Sri Lanka umfaßt (Frahm 1994), kann eigentlich nur als Gondwana-Areal aufgefaßt werden und kaum durch Fernverbreitung interpretiert werden. Auf der anderen Seite ist auch eine Sporenverbreitung von der Nord- in die Südhemisphäre oder umgekehrt schlecht vorstellbar, da dabei die Innertropische Konvergenz im Äquatorialbereich überquert werden müßte. Entsprechende molekularsystematische Überprüfungen solcher Sippen sind im Rahmen des DFG-Projektes BRYO AUSTRAL unter

Leitung von Herrn Frey in Berlin in Arbeit.

e. Ungeklärte Disjunktionen

Hierher gehören Fälle wie *Distichophyllum carinatum* (Nordalpen, Japan) oder *Hyophila involuta* (gesamte Tropen - schweizer Seen, Bodensee, Aare- und Oberrhein).

2. Sog. Xerothermrelikte in Mitteleuropa

Hierzu gehören Arten, die ihre Hauptverbreitung im Mittelmeergebiet haben, aber vorgeschobene oder disjunkte Vorkommen in Mitteleuropa. Sie werden langläufig als Relikte der postglazialen Wärmeperiode (6000 - 7800 Jahre b.p.) interpretiert, die an Sonderstandorten ("Felsenheiden", "Steppenheiden") überdauert haben, weil sie dort nicht der Wiederbewaldung ausgesetzt waren. Diese sog. Steppenheide-theorie geht bereits auf Gradmann (1901) zurück. Zu den mediterranen Moosen in Mitteleuropa gehören *Pleurochaete squarrosa*, *Pottia recta*, *P. starckeana*, *Weisia tortilis*, *W. crispata*, *Pterygoneuron cavifolium*, *P. subsessile*, *P. lamellatum*, *Trichostomum brachydontium*, *Tortella nitida*, *Tortula atrovirens*, *T. inermis*, *T. canescens*, *T. princeps*, *Funaria muehlenbergii*, *Bryum torquescens*, *Scleropodium illecebrum*, *Rhynchostegiella tenella*, *Fabronia ciliaris*, *Targionia hypophylla*, *Mannia fragrans*, *Sphaerocarpus texanus* u.a. Die Aufzählung enthält Arten, die an Sekundärstandorten vorkommen (*Sphaerocarpus*, *Pottia recta* auf Äckern), wobei ein Relikstatus ohnehin fraglich ist, wenn man nicht davon ausgeht, daß die Arten sich

von Relikstandorten auf Sekundärstandorte ausgebreitet haben. Wassermoose mediterraner Hauptverbreitung (*Dialytrichia mucronata*, *Fissidens grandifrons*, *F. rivularis*, *F. mougeillonii* u.a.) sind von der Betrachtung ausgeschlossen.

3. Sog. Glazialrelikte in Mitteleuropa

Es handelt sich um Arten mit arktischer oder alpiner Verbreitung, die an waldfreien Standorten, besonders in Mooren des diluvialen Flachlandes von Holland bis Polen bzw. in Voralpenmooren, aber auch in Blockhalden vorkommen. Hierzu gehören Arten wie *Paludella squarrosa*, *Meesia triquetra* (u.a. in Mitteleuropa inzwischen ausgestorbene *Messia*-Arten), *Helodium blandowii*, *Calliergon trifarium*, *C. richardsonii*, *Scorpidium turgescens*, *Cinclidium stygium*, *Mnium cinclidioides* u.a.

Im Gegensatz zu den Disjunktionen Europa-Übersee (vgl. unter 1) sind Xerotherm- und Glazialrelikte besonders auch in der Phanerogamenflora und der Fauna vertreten.

Die Kardinalfrage bei der Erklärung dieser Disjunktionen ist, ob sie auf Fernverbreitung ("long distance dispersal") zurückgehen oder Relikte ehemals geschlossener Areale sind. Zum Teil kann man die Beantwortung dieser Frage von den Verbreitungsmöglichkeiten abhängig machen. So habe ich postuliert (Frahm 1982), daß für Disjunktionen zwischen Afrika und Südamerika alpine Arten besonders auf jungvulkanischen Gebirgen mit reichlicher Sporogonbildung eher Fernverbreitung anzunehmen ist,

für Tieflandsarten mit fehlender und eingeschränkter Sporenbildung (z.B. durch kleistokarpe, sich nicht durch einen Deckel öffnende Kapseln) eher Relikte ehemals geschlossener Areale. Das würde aber bedeuten, daß zumindestens einige Arten schon vor der Kontinentaltrennung von Südamerika existierten, also mindestens 100 Millionen Jahre alt sind, und auch in dieser Zeit innerhalb der getrennten Populationen keine sichtbare Evolution in Richtung auf eigene Arten oder zumindestens geographische Rassen durchgemacht haben. Ein solches Postulat wird vielfach von Phanerogamen-Botanikern zurückgewiesen, da es bei den phylogenetisch jüngeren Blütenpflanzen natürlich keine Parallele gibt. Auf der anderen Seite sind jedoch schon die ersten bekannten Fossilien von Moosen aus dem Devon in rezente Familien einzuordnen, mesozoische Fossilien in rezente Gattungen und nachweislich rezente Arten sind aus dem Tertiär bekannt, sodaß die Vorstellung von 100 Millionen Jahre alten Moosarten nicht befremdlich wirkt.

Eine Klärung dieses Problems wurde von van Zanten (1976, 1980) durch einen experimentellen Ansatz und von Frey in seinen laufenden Arbeiten uim BRYOAUSTRAL-Projekt durch einen molekularsystematischen Ansatz versucht. Van Zanten prüfte bei Arten, die disjunkt in Neuseeland und Patagonien vorkamen, die Fernverbreitungsmöglichkeiten der Sporen (Kälteschockbehandlung, UV-Bestrahlung, Austrocknung) und stellte fest, daß die Sporen endemischer Arten in Neuseeland und Patagonien diese Behandlung nicht

aushielten, jedoch die Sporen von Arten mit disjunkter Verbreitung, sodaß diese zu einer Fernverbreitung und damit zum Genaustausch der Populationen befähigt sind. Frey verglich die Basensequenzen von Genen von Arten mit disjunkter Verbreitung in Neuseeland und Südamerika. Im Falle des Laubmooses *Lopidium concinnum* wurden keine Unterschiede festgestellt, bei der Lebermoosgattung *Monoclea* stellten sich nah verwandte Arten heraus, die also mutmaßlich auf eine langdauernde Trennung und eine genetische Differenzierung zurückzuführen war. Wie in so vielen Fällen beinhaltet die Antwort kein entweder - oder sondern ein sowohl - als auch.

Es hat sich eingebürgert, solche genannten disjunkten Vorkommen von Moosen als Relikte früherer erdgeschichtlicher Perioden (Tertiärrelikte: mindesten 3 Mio Jahre, Glazialrelikte: mehr als 13000 Jahre, Xerothermrelikte etwa 7000 Jahre). Die Akzeptanz dieser Relikthypothese bei transkontinentalen Großdisjunktionen ist umstritten. Unter anderem aus diesem Grund wird zur Zeit von Frey eine Überprüfung von sog. Gondwanalelementen auf molekularer Basis vorgenommen. Auch an sog. Tertiär-, Xerotherm und Glazialrelikten in Europa ist nur gelegentlich Kritik geäußert worden. So wiesen Cortini Pedrotti et al. (1992) darauf hin, daß die Standorte der sog. Tertiärrelikte in den Südalpen oder der Apuanischen Alpen in ehemals vergletscherten Trogtälern liegen, die Arten dort also nicht überdauern konnten. Man hatte sich in solchen Fällen mit dem Argument beholfen, daß diese Arten eben nicht in situ dort überdauert hät-

ten. Odgaard (1988) argumentierte im Fall von Glazialrelikten, daß dieses typischerweise Moorarten sind, jedoch viele dieser Moore, die Glazialrelikte beherbergen, sich erst im Laufe des Postglazials aus verlandeten Seen gebildet hätten. Ferner sind viele dieser Arten in Standorten zu finden, die einer schnellen Sukzession unterliegen, z.B. Schwingrasen. Er gibt dazu eine ganze Reihe von Angaben zu Moorprofilen basierend auf Makrofossilien, die diese späte Entstehung als auch den dauernden Wechsel innerhalb eines Profils belegen. Hier lag also keine Standortskonstanz vor, die den Glazialrelikten seit dem Ende der letzten Eiszeit Überlebenschancen gegeben hätten. Dieser Einwand war auch früher schon nicht unbekannt, jedoch behalf man sich mit der Einführung des Terminus "Wanderrelikt", d.h. man nimmt an, daß diese Arten von einem geeigneten Standort zum anderen innerhalb eines Moores oder gar von einem Moor zum anderen gewechselt sind. Wenn diese Arten allerdings die Fähigkeiten besitzen, von einem Moor zum anderen zu kommen (was zwingend in dem Fall ist, wenn sich solch ein Moor erst im Verlauf des Holozäns gebildet hat), so kann eigentlich auch nicht ausgeschlossen werden, daß sie aus Nordeuropa verbreitet worden sind. An der Hypothese der Xerothermrelikte ist mir keine Kritik bekannt.

Ganz generell bestehen natürlich angesichts der theoretisch leichten Verbreitbarkeit der Moose durch Sporen Zweifel an den Relikthypothesen. Sieht man einmal von Arten ab, die sehr große Sporen besitzen, die sich weniger für Fernverbreitung eignen, die

kleistokarpe Kapseln besitzen, welche sich nicht öffnen und bei denen die Sporen erst durch Verwesung der Kapselwand frei werden, bei Sporangien, die in den Thalli (bei thallösen *Riccia*-Arten) oder unterhalb des Thallus (bei dem thallösen Lebermoos *Targionia*) gebildet werden, so kann man von einer möglichen Fernverbreitung ausgehen. Daß dies auch der Fall sein kann, beweisen die sog. "Ausstichmoose", überwiegend arktische Arten, die in Tongruben im norddeutschen Flachland oder an für Autobahnbauten angelegten Sandausstichen vorkamen. So kamen im berühmten Ausstich von Buch bei Berlin (der kurz nach dem 1. Weltkrieg für den Hochbahnbau angelegt war) im Ausstich von Öjendorf bei Hamburg sowie im Ausstich von Garlstorf (für den Bau der Autobahn Hamburg - Hannover abgelegt) diverse arktische Moosarten vor. In einer Tongrube an der holländischen Grenze wurde das arktische *Sphagnum lindbergii* gefunden (Frahm & von Hübschmann 1976).

Diese Fälle belegen, daß zumindestens auch arktische Moose jederzeit hier in Mitteleuropa auftreten können, auch ohne Relikte zu sein, wenn ihnen geeignete Standorte geboten werden. Deswegen kann man m.E. nicht bei allen Vorkommen arktischer Moose z.B. in Mooren und auf Blockhalden automatisch von Relikten ausgehen, die dort schon seit mehr als 10.000 Jahren ausgeharrt haben sollen, oder die als "Wanderrelikte" von einem geeigneten Standort zum anderen "gesprungen" sind.

Des Weiteren muß man auch Verschleppungen durch den Menschen einkalkulieren. In vielen

Fällen von disjunkten Vorkommen läßt sich offenbar auch nicht mehr klären, ob es sich dabei um Verschleppungen handelt oder nicht, weil die Arten schon vor 200 Jahren, dem Beginn der floristischen Durchforschung Mitteleuropas, Bestandteile unserer Flora waren. Das trifft z.B. auf Disjunktionen zwischen der Nord- und Südhemisphäre zu. So kommt z.B. *Campylopus pyriformis* im subantarktischen Gebiet der gesamten Südhalbkugel und in Westeuropa vor. In Westeuropa ist die Art seit 200 Jahren bekannt, ihr Vorkommen auf offenen konkurrenzschwachen Standorten wie offenen Torfwänden oder offenen Sandflächen deuten jedoch auf einen Neophytenstatus. Genauso wie *Campylopus introflexus* mit demselben Areal in der Südhemisphäre sich in den letzten 30 Jahren explosionsartig über Westeuropa ausgebreitet hat, so könnte man das auch für *Campylopus pyriformis* in der Zeit vor 1800 postulieren, als seit mehr als 200 Jahren Schiffsverbindungen in die Südhemisphäre bestanden und Moose bekanntermaßen zum Einhüllen von Blütenpflanzen während des Transportes benutzt wurden, die reichlich aus überseeischen Gebieten eingeführt wurden, speziell Gartenpflanzen aus temperaten Gebieten. Das gilt natürlich auch für den umgekehrten Fall. Genauso, wie die Einschleppung von Arten wie *Pseudoscleropodium purum* oder *Rhytidiadelphus squarrosus* in Neuseeland dokumentiert sind, könnten schon vor Beginn der bryologischen Erforschung Neuseelands Arten aus Europa eingeschleppt worden sein, bei denen heute die Erklärung

solcher Disjunktionen Schwierigkeiten bereitet.

- Cortini Pedrotti, C., Schumacker, R., Aleffi, M., Ferrarini, E. 1992. Elenco critico delle briofite delle Alpi Apuane (Toscana, Italia). Bull. Soc. ry. Sci. Liège LX: 149-361.
- Frahm, J.-P. 1982. Grossdisjunktionen von Arealen südamerikanischer und afrikanischer *Campylopus*-Arten. *Lindbergia* 8:45-52
- Frahm, J.-P. 1994. The affinities between the *Campylopus* floras of Sri Lanka and Madagascar - or: which species survived on Noah's arc? *Hikobia* 11: 371-376.
- Frahm, J.-P. & v. Hübschmann, A. 1976. *Sphagnum lindbergii* Schimp. und *Equisetum variegatum* Schleich. - zwei arktisch-alpine Pflanzenarten im Rheinland. *Decheniana* 139:11-12.
- Frey, W. 1990. Genoelemente präangiospermen Ursprungs bei Bryophyten. *Bot. Jahrb. Syst.* 111:433-456.
- Gradmann, R. 1901. Das mitteleuropäische Landschaftsbild nach seiner geschichtlichen Entwicklung. *Geogr. zeitschr.* 7: 361-377, 435-447.
- Gradstein, S.R. & Vana, J. 1987. On the occurrence of laurasian liverworts in the tropics. *Mem. New York Bot. Garden* 45:388-425.
- Grolle, R., 1969. Grossdisjunktionen in Artenarealen Lateinamerikanischer Lebermoose. In: Fittkau et al. (eds.), *Biogeography and Ecology in South America* pp. 562-582. W. Junk, The Hague.
- Herzog, Th. 1926. *Geographie der Moose*. Jena.
- Odgaard, B.V. 1988. Glacial relicts - and the moss *Meesia triquetra* in Central and Western Europe. *Lindbergia* 14: 73-78.
- Pócs, T. 1975. Affinities between the bryoflora of East Africa and Madagascar. *Boissiera* 24:125-128.

Pócs, T. 1986. Correlations between the tropical African and Asian bryofloras, I. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 41:95-106.

Schofield, W.B. , 1974 , Bipolar disjunctive mosses in the southern hemisphere, with particular reference to New Zealand , *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 38:13-32

Schofield, W.B., Crum, H.A. 1972. Disjunctions in Bryophytes. *Ann. Missouri Botanical Garden* 59:174-202.

Schuster, R.M. 1972. Continental movements, Wallace Line and Indomalayan-Australasian dispersal of land plants: some eclectic concepts. *Bot. Review* 38:3-86.

Zanten, B.O. van & Gradstein, S.R. 1988. Experimental dispersal geography of neotropical liverworts. *Beih. Nova Hedwigia* 90:41-94.

Zanten, B.O. van 1976. Preliminary report on the germination experiments designed to estimate the survival chances of moss spores during aerial transoceanic long-range dispersal in the Southern Hemisphere, with particular reference to New Zealand. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 44:455-482.

Zanten, B.O. van 1978. Experimental studies on trans-oceanic long-range dispersal of moss spores in the Southern Hemisphere , *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 44:455-482.

Zanten, B.O. van, Pócs, T. 1982. Distribution and dispersal of Bryophytes. *Advances in Bryology* 1:479-562

2.2 Eigene Vorarbeiten

Im Rahmen einer Studienarbeit wurde das Problem der Xerothermrelikte in Mitteleuropa

an Hand des Laubmooses *Bartramia stricta* angegangen (Quandt et al. im Druck). Diese Art ist mediterran verbreitet, hat aber ein disjunktes Vorkommen im Moselgebiet. Dazu wurden Isoenzymanalysen von 3 Mosel-vorkommen sowie 6 Vorkommen aus Südfrankreich durchgeführt. Es zeigte sich, daß die Moselpopulationen untereinander einheitlich waren, aber mit einer der beiden Populationen aus Südfrankreich identisch waren. Aus der Identität der Peroxidase-Banden konnte geschlossen werden, daß die Moselpopulation nicht schon seit 7000 Jahren von der Population in Südfrankreich isoliert sein konnte, da sie ansonsten ein anderes Isoenzymmuster hätte.

Dieser erfolgreiche erste Nachweis, daß es sich bei *Bartramia stricta* nicht um ein Xerothermrelikt handelt, gab den Anstoß zu diesem Antrag. Es ist anzunehmen, daß auch nicht weitere Arten mit ähnlicher Verbreitung ebenfalls keine Xerothermrelikte sind und es fragt sich, ob es sie überhaupt gibt. Jedenfalls konnte eine lang eingebürgerte Hypothese erschüttert werden, was ein Umdenken in diesem Bereich verlangt.

Molekulare Arbeitsmethoden werden zur Zeit bereits in einem laufenden Projekt "Molekularsystematische Studien an haplolepiden Laubmoosen" angewandt, die im Labor von W. Frey in Berlin durchgeführt werden. Im Rahmen dieses Projektes sind 4 Publikationen erschienen bzw. zum Druck angenommen (Stech & Frahm 1999, Stech & Frahm im Druck, Stech, Frey & Frahm im Druck).

Molekulare Arbeiten mit

phytogeographischem Aspekt werden zur Zeit im Rahmen des DFG-Projektes BRYO AUSTRAL in Zusammenarbeit mit und im Labor von Herrn Frey in Berlin durchgeführt. Sie behandeln die Berechnung genetischer Distanzen von gondwanaländischen Moossippen und speziell die Frage, ob die disjunkten Verbreitungen der Arten Resultat einer langdauernden Isolation oder Fernverbreitung sind. Dabei sind Publikationen erschienen bzw. im Druck, die insbesondere auch die Eignung der verwendeten Gene für phytogeographische Fragestellungen belegen (Meißner et al. 1998, Frey et al. im Druck). Der für die Arbeiten im beantragten Projekt vorgesehene Mitarbeiter arbeitet zur Zeit in dieser Arbeitsgruppe und hat damit alle erforderlichen Voraussetzungen für

Frey, W., Frahm, J.-P., Meißner, K. (im Druck) Phylogenetic relationship of *Treubia* Goebel (Treubiaceae, Hepaticae) inferred from cp DNA gene sequences and the evolution of the Hepaticae. *Nova Hedwigia*.

Meißner, K., Frahm, J.-P., Stech, M., Frey, W. 1998. Molecular divergence and infrageneric relationship of *Monoclea* (Monocleales, Hepaticae). *Nova Hedwigia* 67: 289-302.

Quandt, D., Frahm, J.-P., Hébrard J. P. Isoenzymanalysen zur Klärung der Frage von Xerothermrelikten unter den Moosen in Mitteleuropa. 1. Der Status von *Bartramia stricta* Brid. im Moselgebiet. *Cryptogamie Bryologique*.

Stech, M., Frahm, J.-P. (im Druck) The Status and Systematic Position of *Platyhypnidium mutatum* Ochyra and the Donrichardiaceae based on

molecular data. *Journal of Bryology*.

Stech, M., Frahm, M. 1999. The systematics of species of *Eurhynchium*, *Rhynchostegiella* and *Rhynchostegium* (Musci, Brachytheciaceae) based on molecular data. *Bryobrothera* 5: 203-211.

Stech, M., Frey, W., Frahm, J.-P. (im Druck) The status and systematic position of *Hypnobartlettia fontana* Ochyra and the Hypnobartlettiaceae based on molecular data. *Lindbergia*.

3. Ziele und Arbeitsprogramm

Aus Zeitgründen als auch zur Einarbeitung in die Methodik speziell bei der DNA Sequenzierung sollen zunächst nur Xerothermrelikte untersucht werden. Die Untersuchung von Glazialrelikten soll einer zweiten Projektphase vorbehalten sein, und die wegen der Beschaffung von Vergleichsmaterial auch schwieriger zu behandelnden Tertiärrelikte soll einem Fortsetzungsantrag vorbehalten bleiben.

3.1. Ziele

Ziel der Untersuchungen in der ersten Phase des hier beantragten Projekt ist eine Überprüfung des Status von Xerothermrelikten unter den Moosen Mitteleuropas auf molekularer Basis mit Hilfe von Isoenzymanalysen und DNA-Sequenzierungen. Dazu soll Lebendmaterial von ausgesuchten Arten von ihren sog. Relikstandorten in Mitteleuropa sowie aus den eigentlichen Arealen im Mittelmeergebiet gesammelt werden, in Kultur genommen werden, Isoenzymanalysen und

DNA Sequenzierungen durchgeführt werden und an Hand der Vergleiche der Isoenzym-Banden als auch der Bestimmung der genetischen Distanz (basierend auf dem Vergleich der Basensequenzen) festgestellt werden, ob die untersuchten Populationen identisch sind (also keine Relikte sind) oder nicht identisch sind. Dasselbe soll in der zweiten Phase an Hand von sog. Glazialrelikten durchgeführt werden.

3.2. Arbeitsprogramm

Das für die Laboruntersuchungen benötigte Lebendmaterial soll im Frühjahr 2000 auf einer Exkursion in Südfrankreich und Oberitalien sowie im Rhein-Mosel-Nahegebiet Deutschlands gesammelt werden. In Frage kommen Arten wie *Pleurochaete squarrosa*, *Pottia recta*, *P. starckeana*, *Weisia tortilis*, *W. crispata*, *Pterygoneuron cavifolium*, *P. subsessile*, *P. lamellatum*, *Trichostomum brachydontium*, *Tortellanitida*, *Tortula atrovirens*, *T. inermis*, *T. canescens*, *T. princeps*, *Funaria muehlenbergii*, *Bryum torquescens*, *Scleropodium illecebrum*, *Rhynchostegiella tenella*, *Fabronia ciliaris*, *Targionia hypophylla*, *Mannia fragrans*. Die Auswahl der zu untersuchenden Arten wird abhängig von dem verfügbarem Material sein.

Von dem Sammelmaterial sollen Isoenzymanalysen, von einigen Arten auch DNA Sequenzierungen durchgeführt werden. Isoenzymanalysen deswegen, weil es sich hierbei um eine relative einfache, praktikable, schnelle und billige Methode handelt, die bei solchen Frage-

stellungen auch schon erfolgreich angewandt wurde. DNA-Sequenzierungen sollen als Test dienen, ob sich die Polymorphie enzymatischer Phänotypen mit der Polymorphie ausgewählter Gene in Einklang bringen läßt und sich somit die mittels Isoenzymanalysen gewonnenen Ergebnisse durch DNA-Sequenzierungen bestätigen lassen.

3.2.1 Isoenzymanalyse

Enzyme. - Von den über 200 existierenden Färbeprotokollen für Enzyme sind ungefähr 40 auf pflanzliche Enzymsysteme übertragbar und für systematische und populationsbiologische Fragestellungen nutzbar (Wendel & Weeden 1989). Nicht alle dieser Enzymsysteme sind für jede Art anwendbar, sondern müssen im konkreten Fall erprobt werden, da störende Interaktionen von Zellinhaltsstoffen auftreten können. Aufgrund einer gründlichen Sichtung der Literatur (z. B. Cronberg 1995, Kephart 1990, Shaw et al. 1987 sowie Cummins und Wyatt 1981) und eigener Vorversuche (Quandt et al. im Druck) werden folgende Enzymsysteme für die Untersuchungen in Betracht gezogen: Aspartat-Aminotransferase (AAT), Glucose-6-Phosphat-Isomerase (GPI), Isocitrat-Dehydrogenase (IDH), Phosphoglucomutase (PGM), Alkohol-Dehydrogenase (ADH), Malat-Dehydrogenase (MDH), Esterase (EST) sowie Peroxidasen (PER).

Kultivierung. - Um einheitliche Wachstumsbedingungen zu gewährleisten (Cronberg 1995, 1997 und Kephart 1990) werden

die gesammelten Pflanzen vor der Proteinextraktion in Kulturschalen für ein bis zwei Monate in einem Klimaschrank bei 15°C und 1500 Lux bei einem 12 Stunden Tag- und Nachtrhythmus kultiviert, wobei eventuell spezifische Nährlösungen hinzugegeben werden.

Proteinextraktion. - Die Extraktion der Proteine beginnt mit einer gründlichen Reinigung der Moospflanzen mit Aqua dest. und gegebenenfalls mechanischer Reinigung unter dem Binokular. Anschließend wird das Material mit Papierhandtüchern trockengetupft (Cronberg 1997). Die Homogenisation der Pflanzen erfolgt auf Eis, mittels eines Handhomogenisators (Wheaton Micro-Tissue-Grinder 0.1 ml) oder eines Marmormörsers. Je nach Enzymsystem stehen verschiedene Extraktionspuffer mit unterschiedlicher Auflösungsqualität zur Verfügung, eine Aufstellung ist in Wendel und Weeden (1989) sowie Cronberg (1995) einzusehen.

Um zellwandassoziierte Enzyme zu isolieren, wird der Extraktion die Zerstörung des Pflanzenmaterials mit flüssigem Stickstoff vorgewegestellt und anschließend dem Protokoll von Matlok et al. (1989) gefolgt. Für die Polyacrylamidgelelektrophorese (PAGE) werden die auf Eis gelagerten Proben nach abgeschlossener Extraktion aller Proben in einer Kühlzentrifuge zentrifugiert. Der proteinhaltige Überstand wird abgenommen und bis zur Elektrophorese auf Eis gelagert. Im Falle der Stärkegelelektrophorese wird ein Filterpapier (Whatman No. 3) in dem Rohextrakt eingeweicht und direkt in der Elektrophorese eingesetzt.

Elektrophorese. - Die Auftrennung der Isoenzyme erfolgt elektrophoretisch mittels Stärke- bzw. Polyacrylamidgelelektrophorese. Die große Mehrheit der gelelektrophoretischen Studien und Untersuchungen über pflanzliche Isoenzyme basiert auf der Anwendung von Stärkegelelen. Stärkegele haben, im Unterschied zu Polyacrylamidgelen (PAG) den Vorteil, daß sie ungiftig sind und horizontal geschnitten werden können, so daß man aus einem Elektrophoreselauf mehrere identische Repliken erhält. So können mit einem Elektrophoresevorgang mehrere Enzymsysteme bzw. unterschiedliche Puffer und pH-Bedingungen getestet werden (Kephart 1990 und Wendel & Weeden 1989). Der Nachteil liegt jedoch in der zum Teil schlechteren Auflösung der Proteinbanden. Bei Polyacrylamidgelen erhält man in der Regel schärfere und besser getrennte Banden, wobei die Trennung der Proteine durch Veränderungen der Acrylamidkonzentrationen optimiert wird. Zudem ist die Reproduzierbarkeit bzw. Uniformität von Polyacrylamidgelen im Vergleich zu Stärkegelelen deutlich größer, da der Vernetzungsgrad sowie die Porengröße unter gleichen Bedingungen relativ einheitlich ist. Beide Elektrophoresemethoden sollen aufgrund der jeweiligen Vorteile zur Analyse der Isoenzyme herangezogen und die Ergebnisse miteinander verglichen werden.

Die analytische Polyacrylamid-Gelelektrophorese (PAGE) orientiert sich im wesentlichen an dem SDS-PAGE-System von Laemmli (1970), wird jedoch als Native-PAGE ohne

Natriumdodecylsulfat (SDS) durchgeführt. Zur besseren Auflösung wird ein Trennsystem mit diskontinuierlichem pH-Verlauf (Disc-Elektrophorese) verwendet. In der analytischen Stärkegelelektrophorese werden 12 % ige Stärkegele eingesetzt, die horizontal geschnitten werden, wobei sehr effektiv mehrere Färbereaktionen durchgeführt werden können. Die einzusetzenden Puffer variieren je nach aufzutrennenden Enzymen und werden von Fall zu Fall abgestimmt. Da unter nativen Bedingungen gearbeitet wird und die Enzymsysteme relativ empfindlich sind, sollen die Elektrophoresevorgänge in einer bei 4-9°C temperierten Umgebung stattfinden (Kühlraum oder kühlbare Elektrophoreseeinheit).

Visualisierung der Enzyme. - Zur generellen Visualisierung von Proteinen in Polyacrylamid- bzw. Stärkegelelen werden Silberfärbungen (Görg et al 1985) sowie Coomassie-Brilliant-Blue-Färbungen angewandt. Die Färbung der unterschiedlichen Enzymsysteme erfolgt nach den Protokollen in Wendel und Weeden (1989) bzw. Cronberg (1995) und werden je nach Bedarf für die entsprechenden Arten optimiert.

Dokumentation. - Nach erfolgreicher Visualisierung der Enzyme werden die Gele zur Auswertung und Dokumentation photographiert und gegebenenfalls durch Trocknen konserviert.

Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72: 248-254.

- Cronberg, N. 1995. Isozyme electrophoresis of *Sphagnum*: an analysis of methodology. *Lindbergia* 20: 40-48.
- Cronberg, N. 1997. Genotypic differentiation between the two related peat mosses, *Sphagnum rubellum* and *S. capillifolium* in northern Europe. *J. Bryol.* 19: 715-729.
- Görg, A., Postel, W., Weser, J., Schivara, H.W. 1985. Horizontal SDS-electrophoresis in ultrathin pore gradient gels for the analysis of urinary proteins. *LKB Science tools* 32: 5-9
- Cummins, H. & Wyatt, R. 1981. Genetic variability in natural populations of the moss *Atrichum angustatum*. *The Bryologist* 84: 30-38.
- Kephart, S.R. 1990. Starch gel electrophoresis of plant isozymes: A comparative analysis of techniques. *Amer. J. Bot.* 77: 693-712.
- Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680-685.
- Matlok, J., Krzakowa, M. & Rudolph H.J. 1989. Peroxidase Patterns in Bryophytes; A critical evaluation. *J. Hattori Bot. Lab.* 67: 407-414.
- Shaw, J., Meagher, T.R. & Harley, P. 1987. Electrophoretic evidence of reproductive isolation between two varieties of the moss, *Climacium americanum*. *Heredity* 59: 337-343.
- Wendel, J.F. & Weeden, N.F. 1989. Visualization and interpretation of plant isozymes. In: Soltis, D.E. & Soltis, P.S. [eds.], *Isozymes in plant biology*. Dioscordis Press, Portland, pp 5-45.
- Quandt, D., Frahm, J.-P., Hébrard, J.P. (im Druck). Isozymenanalysen zur Klärung der Frage von Xerothermrelikten unter den Moosen in Mitteleuropa. 1. Der Status von *Bartramia*

stricta Brid. im Moselgebiet.
Cryptogamie, Bryol.
Lichénol.

Neue Moosfunde vom Mittelrhein

Jan-Peter Frahm

3.2.2 DNA-Sequenzierung

DNA-Bereiche. - Um Untersuchungen auf DNA-Sequenz-Ebene zwischen nah verwandten Arten oder zwischen verschiedenen Individuen/Populationen einer Art durchzuführen, müssen nichtcodierende Sequenzen (Introns, Spacer) untersucht werden, da diese schneller evolvieren und eine größere Variabilität aufweisen als codierende Gene und damit auswertbare Unterschiede auf niedrigerem taxonomischen Niveau erwarten lassen.

Ein Bereich des Chloroplastengenoms, der sich sowohl bei Blütenpflanzen als auch bei Moosen als geeigneter Marker erwiesen hat, ist der Bereich der tRNA-Gene *trnT*_{UGU}, *trnL*_{UAA} und *trnF*_{GAA} mit den nichtcodierenden Abschnitten *trnT*_{UGU} - *trnL*_{UAA} - Spacer, *trnL*_{UAA} Intron und *trnL*_{UAA} - *trnF*_{GAA} - Spacer (vgl. Abb. 1). Bei Moosen liegen Untersuchungen z.B. über die Gattungen *Monoclea* (Marchantiopsida, Meißner et al. 1998), und der Familie Brachytheciaceae (Bryopsida, Stech & Frahm 1998) vor.

Vorschau

BR 30 wird eine Bibliographie der deutschen bryologischen Literatur 1992-99 mit über 400 Titeln enthalten.

Ogleich der Mittelrhein von hohem phytogeographischem Interesse ist, ist doch seine Moosflora nur recht wenig bekannt. Die einzige ausführlichere Darstellung ist über 100 Jahre alt und stammt von dem Apotheker Herpell (1870, 1877), der in St. Goar lebte und eine Moosflora der Umgebung seines Wohnortes schrieb. Die meisten der über 1500 Angaben von "MRh" im Feld (1958) beziehen sich auf die Gegend Köln - Bonn, die zum Niederrhein gehört. Das Exkursieren am Mittelrhein, speziell in dem landschaftlich attraktiveren Teil Koblenz - Bingen, wird auch dadurch erschwert, daß die Straße vielfach zwischen Bahn und Rhein längsführt und kaum Möglichkeiten zum Anhalten sind und daß der Zugang zu Felskuppen über verwilderte Weinberge und Obstpflanzungen geht, die total mit Brombeeren zugerankt sind, sodaß Exkursionen an solchen Hängen keinen Spaß machen. Hinzu kommt, daß viele Bereiche aus einem extrem nährstoffarmen Schiefer bestehen, wo außer *Ceratodon*, *Hypnum*, *Polytrichum piliferum* und *Bryum argenteum* wenig auf den Felsen zu finden ist. Die Raritäten sind jedoch auf den basenreicheren Schiefen zu finden, die dann durch *Tortula ruralis* und *Hypnum lacunosum* var. *tectorum* angezeigt werden. Die Raritäten bestehen aus Arten mediterraner oder submediterraner Gesamtverbreitung, die in der Literatur langläufig als Xerothermrelikte

bezeichnet werden. An dieser Einschätzung bestehen jedoch Zweifel (vgl. den Beitrag von Frahm & Quandt in dieser Nummer), weswegen molekulare Untersuchungen an diesem Problem begonnen wurden. Es gibt jedoch auch andere Hinweise. So siedeln diese Arten vorzugsweise an isolierten Felskuppen inmitten von offenen Weinbergen. Diese Felskuppen lagen ursprünglich im Wald. Auf solchen im Wald oder Gebüsch liegenden Felskuppen finden sich diese Arten aber nicht. So kann man annehmen, daß die Arten sich erst nachträglich hier angesiedelt haben, nach Freischlagen der Hänge für den Weinbau. Dann zeigen die an solchen Standorten wachsenden Neophyten wie *Phascom leptophyllum*, daß Moosarten sich offenbar leicht dorthin verbreiten, selbst wenn sie in Europa steril sind und somit Sporenverbreitung ausscheidet. Gegebenenfalls läßt sich der Status dieser Arten auch über die pflanzensoziologische Einnischung klären: sind die Arten Begleiter in heimischen Moosgesellschaften (also vermutlich erst später dazugekommen) oder bilden sie eigene Gesellschaften, evtl. ähnliche Vergesellschaftungen wie im Mittelmeergebiet, dann könnten sie u.U. schon länger hier heimisch sein.

Auf einer Exkursion am 13.11.99 in das Mittelrheintal zwischen Koblenz und St. Goarshausen (so weit nicht anders angegeben im MTB 5711B) konnten einige Seltenheiten gefunden werden, die hier zusammengestellt werden und die zeigen, daß das Mittelrheintal zu Unrecht floristisch vernachlässigt ist.

Tortula atrovirens

Diese auch an Mosel und Ahr häufigste Xerothermart wurde in großen Mengen an Schiefermauern S Braubach und an der Boparder Hamm gefunden. Sie ist trocken immer an den schneckenförmig zusammengedrehten Blättern kenntlich.

Die letzten Angaben vom Mittelrhein aus der Literatur stammen von Bayrhofer und Herpell aus dem letzten Jahrhundert. Bemerkenswert ist, daß die Art im letzten Jahrhundert auch noch in Bonn gefunden wurde.

Pseudocrossidium revolutum

Schiefermauern S Braubach, mit der vorigen Art. Diese Art kann im Gelände leicht für *Tortula atrovirens* gehalten werden, hat jedoch nicht die verdickte Rippe im oberen Teil des Blattes und einen zurückgekrümmten Blatt- rand (andere Pottiaceen haben einen eingerollten Blatt- rand). Die Blätter sind breiter und größer als bei *T. atrovirens*, die Färbung dunkler. Sie wurde zuletzt von Herpell vom Mittelrhein angegeben, aber früher auch (ähnlich wie *Tortula atrovirens*) mehrfach aus dem Bonner Raum..

Pterygoneuron ovatum

Bopparder Hamm. Diese Art kommt vorzugsweise über Kalk- gestein und auf Löß vor, weswegen sie im Mosel- und Rheintal sehr selten ist. Ebenso wie die vorigen Arten aus dem Mittel- rhein zuletzt von Herpell ange- geben und früher wiederum mehr- fach aus der Bonner Gegend.

Tortula brevissima

Bopparder Hamm. Sieht aus wie eine *Tortula atrovirens* mit Glas-

haaren. Eine Art, die sich in den letzten Jahren rapide ausgebreitet hat und zuletzt von der Mosel (Frahm 1999a) und Ahr ange- geben wurde (Frahm 1999b).

Phascum leptophyllum

Ein Neophyt in Europa, der aus den wärmeren Teilen der Süd- hemisphäre stammt und hier zu- nächst als *Chenia rhizophylla* oder *Tortula rhizophylla* geführt wurde, weil die Gattungs- zugehörigkeit nicht klar war, da die Population in Europa steril ist. Trotz der Sterilität breitet sich die Art immer weiter aus, zunächst in England, dann in Südeuropa, jetzt auch in den wärmeren Teilen Westdeutschlands. Die Art wur- de von Düll im Ahrtal neu für Deutschland entdeckt und dann von Caspary im Moseltal gefun- den (Düll 1995), wo sie 1999 wiederum gefunden wurde (Frahm 1999). Sie bildet kleine Rosetten mit ausgebreiteten, flachen, spatelförmigen Blättern und be- sitzt eine kurz austretende Rippe, die auffälligerweise zurück- gekrümmt ist. Das Zellnetz ist im Gegensatz zu vielleicht ähnlichen, sterilen Pottia-Arten glatt.

Trichostomum brachydontium

Schieferfelsritzen S Kestert (5811B). Düll (1995) führt weni- ge Vorkommen von der Ahr und Mosel an und schreibt dann: "...und dann erst wieder im Nahetal ge- funden".

Trichostomum crispulum

Bopparder Hamm. Auf über- erdeten Schieferfelsen und in er- digen Ritzen. Wurde auch an der Erpeler Ley bei Remagen gefun- den (leg. Frahm & Vanderpoorten 1998). Beide *Trichostomum*- Arten sind früher nicht aus dem

Rheintal angegeben worden.

Düll, R. 1995. Moosflora der nördlichen Eifel. Bad Münster- eifel.

Frahm, J.-P. 1999a. Neue Moos- funde von der Untermosel. Bryol. Rundbr. 24: 6.

Frahm, J.-P. 1999b. *Tortula brevissima* im Ahrtal. Bryol. Rundbr. 228:2.

Feld, J. 1958. Moosflora der Rheinprovinz. Decheniana Beih. 6.

Herpell, G. 1870. Die Laub- und Lebermoose der Umgebung von St. Goar. Verh. Naturhist. Ver. Preuss. Rheinlande u. Westfalens 27: 133-157.

Herpell, G. 1977. Die Laub- und Lebermoose der Umgebung von St. Goar. Erster Nachtrag. Verh. Naturhist. Ver. Preuss. Rheinlande u. Westfalens 34: 227-261..

Zu verschenken:

Elektronisches Psychrometer, ca. 17 Jahre alt, mißt Temperatur nach dem Abmann-Prinzip an (trocke- nes und feuchtes Thermometer), kalkuliert Luftfeuchte aus der Temperaturdifferenz und berecnet Taupunkt. Stromversorgung über Akku und Ladegerät. Besitzt ein- gebauten Ventilator für gleichmä- ßige Verdunstung sowie Wasser- Reservoir für das Feucht-Ther- mometer. Kommt in gepolster- tem Kunststoff-Aktenkoffer. An- frage unter Angae des Verwen- dungszwecks (ausschlaggebend) bitte an mich. Ggf. weiteres nicht mehr benötigtes Öko- und Mi- kroskopisches Zubehör abzuge- ben.

JPF

Neufunde von Moosen in den Vogesen

Von Jan-Peter Frahm

Cryphaea heteromalla

Obgleich die Art in starker Ausbreitung begriffen ist und stellenweise nicht mehr selten, lokal sogar häufig ist (Saarland: über 100 Nachweise: Heseler 1998), ist sie in Südwestdeutschland erst von 3 Stellen bekannt geworden (Philippi 1998). Dieses Jahr wurde *Cryphaea* erstmal am Fuß der Vogesen gefunden (an Stämmen in einer kleinen Pappelpflanzung am Flugplatz St. Saveur bei Luxeuil, ca. 230 m). Vor einigen Jahren war sie bereits 35 km südwestlich davon gefunden worden (Frahm 1999).

Zygodon conoideus

Ebenso wie *Cryphaea heteromalla* und *Orthotrichum pulchellum* befindet sich auch diese Art, die früher nur in Küstennähe vorkam, auf dem Vormarsch. Nach Funden im Saarland (Mues pers. comm.) wurde die Art jetzt auch in den Vogesen gefunden (Dépt. Haute-Saône, Faucogney, Cascade de Brigandou, epiphytisch am Wasserfall ca. 500 m, Frahm & Lüth 30.10.99). Da die Art nur durch ihre typischen Brutkörper zu unterscheiden ist, muß verstärkt Material auf Exkursionen gesammelt und mikroskopiert werden, um die Art nachzuweisen!

Lejeunea lamacerina

Diese eu-atlantische Art wurde von Jean Claude Vadam vor einigen Jahren am Südwestrand der Vogesen (Mont des Vannes, vallée de Fourchon) gefunden. Es ist

eine der zahlreichen Eu-Atlantiker, die in letzter Zeit in Mitteleuropa auftauchen. Eine Nachsuche am 31.10.99 durch M. Lüth und J.-P. Frahm mit freundlicher telefonischer Unterstützung von A. Advocat zur Lokalisierung des Fundortes verlief erfolgreich. Der Fundort liegt in einem Bachtal E St. Barthelemy bei Melisey. Die Art wächst dort an feuchten Steinen am Bachrand zusammen mit *L. cavifolia*. Nach Michael Lüth unterscheiden sich beide Arten schon habituell dadurch, daß *L. cavifolia* (Name!) hohle Blätter hat, *L. lamacerina* angedrückte. Mikroskopisch ist *L. lamacerina* sofort an den wenigen (5-6) großen Ölkörpern zu erkennen, wohingegen *L. cavifolia* sehr zahlreiche ganz kleine Ölkörper besitzt. Die in der Literatur angeführten Unterschiede in der Größe und Form der Unterblätter war nicht so überzeugend, der unterschiedliche Winkel beim Ansatz von Ober- und Unterlappen wird nur im Vergleich beider Arten deutlich. Nach Düll & Meinunger (1989) gehören die früheren Angaben von *Lejeunea patens* (z.B. die von Buchloh aus dem Nord-schwarzwald in Müller 1954, Frahm & Frey 1992) zu dieser Art.

Düll, R., Meinunger, L. 1989. Deutschlands Moose. Bad Münstereifel.

Frahm, J.-P. 1999. Additions a la flore bryologique des environs de Vesoul (70). Bull. Soc. Hist. Nat. Pays Montbéliard 1999: 77-80.

Frahm, J.-P., Frey, W. 1992. Moosflora, 3. Aufl. Stuttgart.

Heseler, U. 1998. *Buxbaumia aphylla*, *Cryphaea heteromalla* und *Sematophyllum demissum* im Saarland. Abh. Delatinnia 24:

81-108.

Müller, K. 1954. Die Lebermoose Europas. Leipzig.

Philippi, G. 1998. Bemerkenswerte Moosfunde aus dem Schwarzwald und dem angrenzenden Oberrheingebiet. Carolina 56: 63-78.

30 Jahre BLAM

Die Vorträge zur Dreißigjahrfeier der BLAM in Stuttgart sind in den Stuttgarter Beiträgen zur Naturkunde Serie A (Naturkunde) Nr. 589-595 erschienen.

Neue *Dicranum*-Art in Deutschland

Dicranum dispersum Engelmark wurde an Hand von Material neu beschrieben, welches der Autor 1980 bei Sigmaringen gesammelt hatte. Die Entdeckung geht auf einen Herbarbeleg in STU zurück, der 1875 von Hegelmaier bei Pfullingen gesammelt und als *D. muehlenbeckii* bestimmt worden war. Die Art wurde weiterhin von Sauer bei Bad Urach gefunden und zusätzlich bei Revisionen von Herbarmaterial je einmal an Belegen aus Russland, dem Iran und der Mongolei festgestellt. Die neue Art soll mit *D. crispifolium* aus dem Himalaya verwandt sein. Der Name bezieht sich auf die zerstreute Verbreitung. Die Standorte liegen über Kalk mit Kalkzeigern wie *Tortella tortuosa*, *Homalothecium lutescens*, *Abietinella abietina* oder *Rhytidium rugosum*. *Dicranum dispersum* soll sich durch zum Teil drei- oder mehrzellschichtige Blattflügelzellen (die anderen hei-

mischen Arten haben zweizellschichtige Blattflügel) und eine z.Tl. mehrschichtige Lamina unterscheiden, sonst gibt der Autor keine besonders brauchbaren Unterschiede, die Art wird mit innerasiatischen Vertretern der Gattung als auch mit *D. brevifolium* oder *D. spadiceum* verglichen, was nicht besonders hilfreich ist.

Engelmark, T.-B. 1999. *Dicranum dispersum* spec. nov. (Dicranaceae: Bryopsida: Bryophyta). Stuttgarter Beitr. Zur Naturkunde Ser. A nr. 592: 1-8.

Neue deutsche bryologische Literatur

Philippi, G. 1998. Bemerkenswerte Moosfunde aus dem Schwarzwald und dem angrenzenden Oberrheingebiet. *Carolina* 56: 63-78.

Engelmark, T.-B. 1999. *Dicranum dispersum* spec. Nov. (Dicranaceae: Bryopsida: Bryophyta). Stuttgarter Beitr. Zur Naturkunde Ser. A nr. 592: 1-8.

Neue Moosfoto-CD

Nach den Laubmoosen Deutschlands und den Moosen Neuseelands sind jetzt auch die Lebermoose Deutschlands auf CD erhältlich. Die CD enthält Top-Bilder von über 200 Lebermoos- und auch Torfmoosarten, wiederum in 1360 dpi Auflösung, in Filegrößen zwischen 0,5 und 1 MB. Die ursprünglich in Kodak-Photo-CD-Format vorliegenden Bilder wurden von Volker Buchbender ins JPEG Format konvertiert und nachbearbeitet.

Alle Fotos sind copyright-geschützt, können aber für private, nichtkommerzielle Zwecke problemlos verwendet werden. Preis DM 20.— Bestellungen an frahm@uni-bonn.de.

Cirriphyllum crassinervium von Flußufern

Jan-Peter Frahm

Cirriphyllum crassinervium (Tayl.) Fleisch. & Loeske ist eine Art basenreicher feuchter Felsen, vorzugsweise in mittleren Gebirgslagen (Frey et al. 1995). Sie ist durch den glänzenden Habitus, die dicke, in der Blattmitte als Stachel austretende Rippe und die mehr oder weniger plötzlich kontrahierte Blattspitze charakterisiert. Die Art kann leicht mit Formen von *Brachythecium rutabulum* oder *B. rivulare* verwechselt werden,

ist aber von diesen durch die dickere, manchmal gegabelte Rippe, die kürzeren, weiteren, fast rhombischen mittleren Laminazellen und ganz kurze Zellen der Blattspitze unterschieden, im frischen Zustand auch durch den eigentümlichen Gurkengeruch.

Die systematische Stellung ist umstritten, neuerdings wird sie als *Eurhynchium crassinervium* (Wils.) Schimp. geführt (Karttunen 1995). Molekularsystematische Studien zur Klärung dieses Problems sind in Berlin am Institut für Systematische Botanik im Gange. Eigentümlicherweise wird sie mehrfach von den Ufern von Tieflandsströmen wie der Elbe (Jensen 1952, Frahm & Walsemann 1973, Frahm 1999), Weser, (Koppe 1964,) Rhein (Feld 1958, Düll 1980, Frahm 1998), Rhein, Maas und Waal in Holland (Touw & Rubers 1989). angegeben, wo sie u.a. mit



Cirriphyllum mirabilis von Photo-CD

Scleropodium cespitans zusammen vorkommen kann und zu Verwechslungen Anlaß geben kann (Homm 1995). Dort wächst *Cirriphyllum crassinervium* an bei Hochwasser zeitweise überspülten Steinblöcken. Dieser ungewöhnliche Standort als auch die bei diesen Pflanzen vielfach nur sehr undeutlich kontrahierten Blattspitzen gaben zu der Vermutung Anlaß, es könne sich dabei vielleicht um ein eigenes Taxon, zumindestens eine selbständige Sippe z.B. auf Varietätsrank handeln.

Zur Klärung dieser Frage wurden molekularsystematische Studien von Kai Müller (Bonn) am Institut für Systematische Botanik in Berlin im Labor von Herrn Frey. Dabei wurde Herbar- als auch Frischmaterial von *Cirriphyllum crassinervium* verschiedener Herkpünfte, aus dem Mittelgebirge und von Flußufem (Rhein, Elbe) sequenziert. Bei beiden untersuchten Genen ergaben sich keinerlei Unterschiede in den Basensequenzen, sodaß wir also damit leben müssen, daß *Cirriphyllum crassinervium* neben den Hauptvorkommen im Mittelgebirge auch noch eine weitere, verschiedene ökologische Nische am Ufer von Tieflandsströmen besiedelt.

Düll, R. 1980. Die Moose (Bryophyta) des Rheinalndes (Nordrhein-Westfalen, Bundesrepublik Deutschland). Decheniana Beih. 24.

Feld, J. 1978. Moosflora der Rheinprovinz. Decheniana Beih. 6.

Frahm, J.-P. 1998. Bemerkenswerte Moosfunde in der Umgebung Bonns. Decheniana 151: 95-107.

Frahm, J.-P. 1999. *Didymodon nicholsonii* und *Scleropodium cespitans* an der Niederelbe. Bryol. Beitr. 25:1.

Frahm, J.-P., Walsemann, E. 1973. Nachträge zur Moosflora von Schleswig-Holstein. Mitt. Arbeitsgem. Floristik Schleswig-Holstein und Hamburg H.23, 205 pp.

Homm, T. 1995. Zur Bestimmung von *Scleropodium cespitans* (C. Müll.) L. Koch. Bryol. Rundbr. 22: 1-3-

Jensen, N. 1952. Die Moosflora vo Schleswig-Holstein. Mitt. Arbeitsgem. Floristik Schleswig-Hol-

stein und Hamburg H. 4, 239 pp.

Karttunen, K. 1990. Nomenclatural and taxonomic notes on *Cirriphyllum* (Brachytheciaceae, Bryophyta). Taxon 39: 312-322.

Koppe, F. (1964): Die Moose des Niedersächsischen Tieflandes. Abh. Naturw. Ver. Bremen 36: 237-424.

Landwehr, J. 1966. Atlas van de nederlandse Bladmossen. Amsterdam.

Touw, A., Tubers, W.V. 1989. De Nederlandse Bladmossen. Utrecht.

Im Jahre 1977 fand Alain

Mysteriöses Moos im Schwarzwald

Jan-Peter Frahm

Vanderpoorten (Brüssel) am Wasserfall von Allerheiligen im Nordschwarzwald ein ihm unbekanntes Moos, welches er mir zur Bestimmung schickte. Es handelte sich um ein Wassermoos mit sehr breiter Rippe und doppel-schichtiger Lamina. Solche Moose waren von dem polnischen Bryologen Ochyra aus vielen Teilen der Erde (Neuseeland, Bolivien, Kolumbien, Texas, Kanaren) beschrieben worden und dafür die Familien Hypnobartlettiaceae und Donrichardsiaceae etabliert worden. Auffälligerweise waren diese Arten immer nur von der Typus-lokalität bekannt und nie ein weiteres Mal gefunden worden. In die Hypnobartlettiaceae wurde dann später das neu beschriebene

Ochyrea tatrensis aus der Slowakei gestellt.

Ryszard Ochyra, dem die Probe weitergeschickt wurde, hielt diese dementsprechend für eine neue Gattung der Donrichardsiaceae. Bei einem Besuch des Wasserfalls von Allerheiligen im Herbst darauf fand ich zu meiner Enttäuschung dieses mysteriöse Moos nicht wieder. Erst später, bei Durchsicht von Material von *Platyhypnidium rusciforme*, welches dort massenhaft wächst, fanden sich 4 Pflanzen des mysteriösen Moooses eingesprengt. Eine davon hatte interessanterweise einen jungen Sporogon, in demselben Entwicklungszustand von von absolut derselben Gestalt wie bei dem *Platyhypnidium*. Das gab den Anlaß zur Vermutung,

daß es sich bei der mysteriösen Art, ja vielleicht bei allen anderen Hypnobartlettiaceen und Donrichardsiaceen, um somatische Mutanten von kommunen Ausgangsarten handeln könnte, ähnlich, wie sich *Hypnum heseleri* mit Hilfe von Isoenzymanalysen als somatische Mutante von *Hypnum cupressiforme* herausgestellt hat.

Im Frühwinter machte sich Alain Vanderpoorten noch einmal auf, Frischmaterial für eine DNA-Sequenzierung zu sammeln. Da er unmotorisiert ist und der Wasserfall nicht mit öffentlichen Verkehrsmitteln zu erreichen ist, mußte er 3 Stunden zu Fuß marschieren (und das in strömendem Regen, Originalton: "das war gar nicht lustig").

Bei der dann durch M. Stech durchgeführten Sequenzierung von einem ribosomalem und einem Chloroplasten Gen ergab sich dann auch eine nahezu hundertprozentige Identität der Sequenzen des mysteriösen Moooses und *Platyhypnidium*. Es gab lediglich einen Austausch von Basen an einer Stelle.

Aufgrund der unterschiedlichen Morphologie und Anatomie wurde die Art von *Ochyra* und Vanderpoorten jedoch als neue Art beschrieben, nun nicht mehr in

einer neuen Gattung der Donrichardsiaceae aber als neue *Platyhypnidium*-Art. Meinem Vorschlag folgend wurde sie *Platyhypnidium mutatum* genannt, um auf diesen Zusammenhang aufmerksam zu machen. Leider läßt der Internationale Code der Botanischen Nomenklatur nichts anderes zu: was anders aussieht bekommt auch einen anderen Namen (morphologischer Artbegriff). Auch irgendwelche Charakterisierungen des Ursprungs als Mutante (wie das x-Zeichen bei Hybriden) sind nicht vorgesehen.

Inzwischen wurden auch Sequenzierungen an *Hypnobartlettia fontana* aus Neuseeland durchgeführt, die jedoch keine Identität mit der vergesellschafteten Art (*Cratoneuropsis relaxa*) ergab, aber belegte, daß *Hypnobartlettia* eine Amblystegiaceae ist, da sie mit anderen Arten in einem Ast des Dendrogramms clustert. Dasselbe scheint sich bei zur Zeit laufenden Untersuchungen an *Ochyrea tatrensis* abzuzeichnen.

Ehrlich gesagt, war die Einordnung in die "künstlichen" Familien bei der Bestimmung weitaus hilfreicher. So ist es praktisch unmöglich ist, *Hypnum heseleri* in

einem Bestimmungsbuch übereine Ausschlüsselung nach den Hypnaceae zu bestimmen. Und eine Ausschlüsselung von Wassermoosen mit doppelschichtiger Lamina führt leichter zum Ziel als der Bestimmungsgang über die Amblystegiaceae.

Über die Auslöser dieser Mutationen ist nichts bekannt. Spekulationen über Einwirkungen radioaktiver Strahlungen (z.B. Tschernobyl oder die Atomwaffentests der Fünfziger Jahre) sind nicht ganz stichhaltig, weil ein Teil dieser in diesen Familien beschriebenen Gattungen schon zu Anfang oder in der Mitte dieses Jahrhunderts beschrieben wurden. Vielleicht sind Dickrippigkeit und mehrschichtige Laminas ein ursprüngliches Merkmal, das die Vorgänger dieser Moose besessen haben und das aus ungeklärter Ursache wieder expressioniert wird. Wie schön, daß man hier wenigstens darüber spekulieren darf, was keine der etablierten Zeitschriften zulassen würde.

Stech, M., Frahm, J.-P. (1999) The status of *Platyhypnidium mutatum* Ochyra & Vanderpoorten and the systematic value of the Donrichardsiaceae based on molecular data. *Journal of Bryology* 21: 191-195.

IMPRESSUM

Die Bryologischen Rundbriefe erscheinen unregelmäßig und nur in elektronischer Form auf dem Internet (<http://www.uni-bonn.de/Bryologie/br.htm>) in Acrobat Reader Format. © Jan-Peter Frahm

Herausgeber: Prof. Dr. Jan-Peter Frahm, Botanisches Institut der Universität, Meckenheimer Allee 170, 53115 Bonn, Tel. 0228/733700, Fax /733120, e-mail frahm@uni-bonn.de

Beiträge sind als Textfile in beliebigem Textformat, vorzugsweise als Winword oder *.rtf File erbeten. Diese können als attached file an die obige e-mail-Adresse geschickt werden. An Abbildungen können Strichzeichnungen bis zum Format DIN A 4 sowie kontrastreiche SW- oder Farbfotos in digitaler Form (*.jpg, *.bmp, *.pcx etc.) aufgenommen werden.