

# BRYOLOGISCHE RUNDBRIEFE

Informationen zur Moosforschung in Deutschland

## Molekulare Systematik der Moose: Forschung in Deutschland

Michael Stech

### INHALT:

Massenvorkommen von <i>Tortula canescens</i> .....	3
Führer zu bryol. Exkursionen: Wassermoose am Rhein.....	6
Neue Publikationen.....	8
Neue bryologische Diplomarbeiten.....	8

Die molekulare Systematik hat sich in den letzten 10 Jahren zum wichtigsten neuen Forschungszweig der botanischen Systematik entwickelt. Von allen Methoden, neue Daten zusätzlich zu den morphologisch-anatomischen Merkmalen zu gewinnen, erzielen der Vergleich von Sequenzen spezifischer DNA-Abschnitte und die Auswertung der daraus in Computeranalysen erstellten molekularen Stammbäume die größten Erfolge.

Seit 1995 erscheinen Veröffentlichungen von Ergebnissen deutscher Arbeitsgruppen zur molekularen Systematik der Moose. Zuerst wurden mehrere Arbeiten zur Großsystematik veröffentlicht, die in Heidelberg auf der Grundlage von Sequenzen des kerncodierten 18S rRNA-Gens angefertigt wurden (Bopp & Capesius 1995, 1996, 1998; Capesius 1995; Capesius & Bopp 1997; Capesius & Stech 1997). 18S rDNA-Sequenzen gingen auch in eine Arbeit über den Ursprung der Landpflanzen (Kranz et al. 1995) und über die systematische Stellung von *Rhacocarpaceae* (Frahm et al. 1997) ein. Zur Erweiterung der aus den 18S rDNA-Daten gewonnenen großsystematischen Ergebnisse wurden später Sequenzen des längeren 25S

rRNA-Gens ermittelt (Capesius 1999). Ebenfalls zur Großsystematik der Moose erschienen eine Arbeit aus Ulm auf der Basis des mitochondrialen *nad5*-Gens (Beckert et al. 1999) sowie Vergleiche des RNA-Editings in Mitochondrien (Malek et al. 1996, Steinhauser et al. 1999).

Schwerpunkte der bryologischen molekularsystematischen Forschung an deutschen Universitäten sind seit einigen Jahren die Arbeitsgruppen von Prof. J.-P. Frahm (Bonn) und Prof. W. Frey (FU Berlin), welche in ihren Projekten nichtcodierende Bereiche der Chloroplasten-DNA (vor allem das *trnL*-Intron) und der Kern-DNA (intern transkribierte Spacer 1,2) als molekulare Marker verwenden. Im Rahmen des Projektes BRYO AUSTRAL, das in den Bryologischen Rundbriefen bereits ausführlich vorgestellt wurde (Frahm & Frey 1999), sind zur molekularen Systematik und geomolekularen Differenzierung der Moose südhemisphärischer temperater Regenwälder bislang 7 Publikationen der Reihe „Studies in austral temperate rain forest bryophytes“ erschienen bzw. im Druck (Frey et al. 1999; Meißner et al. 1998; Pfeiffer 2000a, b; Stech et al. 1999a, b, 2000) sowie eine

Diplomarbeit (Quandt 1999) angefertigt worden. Eine Neubewertung der Großsystematik der Lebermoose durch Ergebnisse des BRYO AUSTRAL-Projektes ist die Einführung der Klasse Treubiopsida zusätzlich zu den Jungermanniopsida und Marchantiopsida.

Die neue Forschungsrichtung der geomolekularen Differenzierung, die die Verbreitungsmuster, Areale und vermutlichen Wanderrichtungen der heute vorkommenden Taxa auf molekularer Basis analysiert, wird inzwischen auch bei Xerotherm- und Glazialrelikten in der Moosflora Europas (vgl. Frahm & Quandt 1999) und von mir selbst bei *Campylopus*, einer der größten Laubmoosgattungen, untersucht. Desweiteren erschienen eine Dissertation (Stech 1999a) sowie Artikel zur systematischen Gliederung der Dicranaceae (Stech 1999b, c, d) und Brachytheciaceae (Stech & Frahm 1999a) und zur systematischen Stellung von seltenen pleurokarpen Arten mit mehrschichtiger Lamina, die den Donrichardsiaceae und Hypnobartlettiaceae zugerechnet wurden, jedoch nach den molekularen Daten zu den Amblystegiaceae und Brachytheciaceae gehören und zum

Forts. S. 7 Sp. 3

Teil wahrscheinlich durch Mutationen aus häufigen, nah verwandten Arten entstanden sind (*Platyhypnidium mutatum*, Stech & Frahm 1999b, *Hypnobartlettia fontana*, Stech et al. 1999b, *Gradsteinia andicola*, Stech & Frahm 2000a, *Ochyraea tatrensis*, Stech & Frahm, submitted).

#### Literatur:

- Beckert, S., Steinhauser, S., Muhle, H., Knoop, V. 1999.** A molecular phylogeny of bryophytes based on nucleotide sequences of the mitochondrial *nad5* gene. *Plant Syst. Evol.* 218: 179-192.
- Bopp, M., Capesius, I. 1995.** New aspects of the systematics of bryophytes. *Naturwissenschaften* 82: 193-194.
- Bopp, M., Capesius, I. 1996.** New aspects of bryophyte taxonomy provided by a molecular approach. *Bot. Acta* 109: 368-372.
- Bopp, M., Capesius, I. 1998.** 5. A molecular approach to bryophyte systematics. In: Bates, J.W., Ashton, N.W., Duckett, J.G. (eds.): *Bryology for the Twenty-first Century*, pp. 79-88.
- Capesius, I. 1995.** A molecular phylogeny of bryophytes based on the nuclear encoded 18S rRNA genes. *J. Plant Physiol.* 146: 59-63.
- Capesius, I. 1999.** Molekulare Phylogenie der Bryophyten anhand der kleinen und großen ribosomalen Untereinheit. Abstract, 14. Symp. Biodiversität & Evolutionsbiologie, Jena, S. 33.
- Capesius, I., Bopp, M. 1997.** New classification of liverworts based on molecular and morphological data. *Plant Syst. Evol.* 207: 87-97.
- Capesius, I., Stech, M. 1997.** Molecular relationships within mosses based on 18S rRNA gene sequences. *Nova Hedwigia* 64: 525-533.
- Frahm, J.-P., Capesius, I., Geiger, H. 1997.** Systematic position of *Rhacocarpus* Lindb. (Musci, Rhacocarpaceae). *Nova Hedwigia* 64: 231-241.
- Frahm, J.-P., Quandt, D. 1999.** Molekularsystematische Untersuchungen zur Klärung der Frage von Xerotherm- und Glazialrelikten in der Moosflora Europas. *Bryol. Rundbr.* 29: 1-9.
- Frahm, J.-P., Frey, W. 1999.** BRYO AUSTRAL: Diversität, Anpassungs- und Lebensstrategien und Evolution der Bryoflora und -vegetation südhemisphärischer temperater Regenwälder. *Bryol. Rundbr.* 27: 1, 5-10.
- Frey, W., Stech, M., Meißner, K. 1999.** Chloroplast DNA-relationship in palaeoaustral *Lopidium concinnum* (Hook.) Wils. (Hypopterygiaceae, Musci). An example of steno-evolution in mosses. *Studies in austral temperate rain forest bryophytes* 2. *Plant Syst. Evol.* 218: 67-75.
- Kranz, H.D., Miks, D., Siegler, M.-L., Capesius, I., Sensen, C.W. 1995.** The Origin of Land Plants: Phylogenetic Relationships Among Charophytes, Bryophytes, and Vascular Plants Inferred from Complete Small-Subunit Ribosomal RNA Gene Sequences. *J. Mol. Evol.* 41: 74-84.
- Malek, O., Lättig, K., Hiesel, R., Brennicke, A., Knoop, V. 1996.** RNA editing in bryophytes and a molecular phylogeny of land plants *EMBOJ.* 15: 1403-1411.
- Meißner, K., Frahm, J.-P., Stech, M., Frey, W. 1998.** Molecular divergence patterns and infrageneric relationship of *Monoclea* (Monocleales, Hepaticae). *Studies in austral temperate rain forest bryophytes* 1. *Nova Hedwigia* 67: 289-302.
- Pfeiffer, T. 2000a.** Molecular relationship of *Hymenophyton* species (Metzgeriidae, Hepaticophytina) in New Zealand and Tasmania. *Studies in austral temperate rain forest bryophytes* 5. *New Zealand J. Bot.* 38 (in press).
- Pfeiffer, T. 2000b.** Relationship and divergence patterns in *Hypopterygium „rotulatum“* s.l. (Hypopterygiaceae, Bryopsida) inferred from *trnL* intron sequences. *Studies in austral temperate rain forest bryophytes* 7. *Edinburgh J. Bot.* 57: 291-307.
- Quandt, D. 1999.** Molekulare Divergenzmuster neuseeländischer Meteoriaceae und Lembophyllaceae basierend auf dem intern transkribierten Spacer 2 (ITS2) ribosomaler Kern-DNA (nrDNA) und nichtcodierenden Bereichen der Chloroplasten-DNA (cpDNA). Diplomarbeit, Botanisches Institut der Universität Bonn, 132 S.
- Stech, M. 1999a.** Molekulare Systematik haplolepidier Laubmoose (Dicrananae, Bryopsida). Dissertation, Institut für Biologie - Systematische Botanik und Pflanzengeographie, FB Biologie, Chemie, Pharmazie, Freie Universität Berlin, 114 S.
- Stech, M. 1999b.** A molecular systematic contribution to the position of *Amphidium* Schimp. (Rhabdoweisiaceae, Bryopsida). *Nova Hedwigia* 68: 291-300.
- Stech, M. 1999c.** A reclassification of Dicranaceae based on non-coding cpDNA sequence data. *J. Hattori Bot. Lab.* 86: 137-159.
- Stech, M. 1999d.** *Dichodontium palustre* (Dicks.) Stech, a new name for *Dicranella palustris* (Dicks.) Crundw. ex Warb. *Nova Hedwigia* 69: 237-240.
- Stech, M., Frahm, J.-P. 1999a.** Systematics of species of *Eurhynchium*, *Rhynchostegiella* and *Rhynchostegium* (Brachytheciaceae, Bryopsida) based on molecular data. *Bryobrothera* 5: 203-211.
- Stech, M., Frahm, J.-P. 1999b.** The status of *Platyhypnidium mutatum* Ochyra & Vanderpoorten and the systematic value of the Donrichardsiaceae based on molecular data. *J. Bryol.* 21: 191-195.
- Stech, M., Frahm, J.-P. 2000a.** The systematic position of *Gradsteinia andicola* Ochyra (Donrichardsiaceae, Bryopsida) : evidence from nrDNA internal transcribed spacer sequences. *Trop. Bryol.* 18: 75-85.
- Stech, M., Frahm, J.-P. 2000b.** The status and systematic position

## Massenvorkommen von *Tortula canescens* im Rhein-Moselgebiet

Jan-Peter Frahm

In früheren Ausgaben der Bryol. Rundbriefe wurde mehrfach von Funden von *Tortula brevissima* an der Untermosel (BR24: 6), im Ahrtal (BR 28: 2), am Mittelrhein (BR 29: 10) und im Nettetal (BR 30: 19) berichtet. Wie sich jetzt herausstellte, gehören alle diese Angaben zu *Tortula canescens*. Echtes *Tortula brevissima* ist von mir nur in Rheinhessen an Lößwänden bei Uelvesheim (6115D) gesammelt worden.

Grund für diese Verwechslung ist, daß auch *Tortula canescens* genauso wie *T. brevissima* eine (allerdings nicht ganz so stark) verbreiterte Rippe und insbesondere auch ventrale Hyalocyten im Rippenquerschnitt besitzt (Abb. 1b). Ein Rippen-Querschnitt mit ventralen Hyalocyten ist also kein sicheres Bestimmungsmerkmal für *T. brevissima*, sondern kommt auch bei anderen *Tortula*, ja selbst *Pottia*-Arten vor. Somit gehört auch das Mikrofoto in BR 30: 20 zu *T. canescens*. Schließlich wurde die auffällige Ausbreitung einer *Tortula*-Art im Rhein-Moselgebiet mit der rezenten Ausbreitung von *Tortula brevissima* in Verbindung gebracht und nicht einkalkuliert, daß sich die bisher als Rarität bekannte *T. canescens* so hat ausbreiten können.

### Zur Unterscheidung von *T. canescens*

Mit Sporogonen ist *T. canescens* am einfachsten an der hohen Basalmembran des Peristoms zu erkennen (vgl. Smith Abb. 98.9). Pflanzen mit unreifen oder zu alten Sporogonen (*T. canescens* ist einhäusig und hat zumeist Sporogone) sind an folgenden Merkmalen kenntlich:

1. Blattform. Diese ist breitlanzettlich gespitzt und nicht zungenförmig abgerundet wie bei *T. brevissima* oder *T. muralis*.

2. Der Blattrand ist höchstens in der

Blattmitte etwas eingeschlagen. Er ist bei *T. muralis* schmal und eng bis zur Spitze umgerollt und bei *T. brevissima* sehr breit umgebogen. Er ist zudem „lichter getuscht“, wie es in der alten Literatur heißt, also am Rande in einem Streifen heller, weil dort die Papillen niedriger.

3. Das Glashaar ist zum Teil – wie auch immer in der Bestimmungsliteratur angegeben – relativ kurz ( $1/5 - 1/4$  der Blattlänge) und dann etwas gelblich oder zumindestens an der Basis gelblich und nur in der Spitze hyalin, kann aber auch sehr viel länger und völlig hyalin sein.

4. *T. canescens* ist einhäusig, d.h. wenn man Gametangienstände (oder alte an der Basis von jungen Sporogonen) freipräpariert, sind dort sowohl Antheridien als auch Archegonien zu finden; *T. brevissima* ist zweihäusig, d.h. es sind nur Antheridien oder Archegonien in den gametangienständen bzw. an der Basis von jungen Sporogonen findet man nur Archegonien, keine Antheridien. Ferner sind an graduellen Unterschieden die Laminazellen relativ niedrigpapillös und das Zellnetz daher durchsichtiger als bei *T. muralis* oder *T. brevissima*, was aber Schulung im Vergleich erfordert. Probleme bei der Bestimmung können Formen mit relativ breiter Blattspitze und langem hyalinem Glashaar machen, diese haben dann aber stets einen kaum umgerollten Blattrand. Einen Schlüssel für *T. canescens* und verwandte Arten gibt Häusler (1984) in seiner Arbeit über die Arten des *Tortula cuneifolia*-Komplexes, die sich trotz dieses Titels ganz überwiegend mit Verbreitung und Ökologie von *T. canescens* befaßt.

### Vorkommen von *T. canescens*

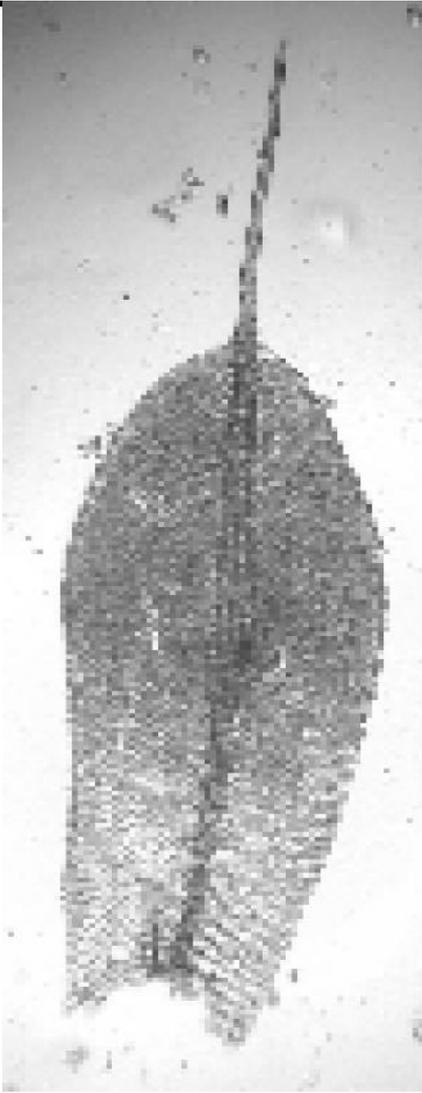
Eine Übersicht der seinerzeit bekannten Fundorte gab Häusler (1984):

4028	Goslar, Hampe 1842
4820	Hemfurth a.d. Edergrebe 1897
5711	Braubach, Bartling
5812	St. Goar, Herpell 1873, 1877
6013	Rüdesheim, Dreesen ca. 1860
6210	Idar Oberstein, Wallace 1977
6411	Kr. Kaiserslautern, Lauer 1964
8013	Freiburg, Schloßberg Sauerbeck 1868

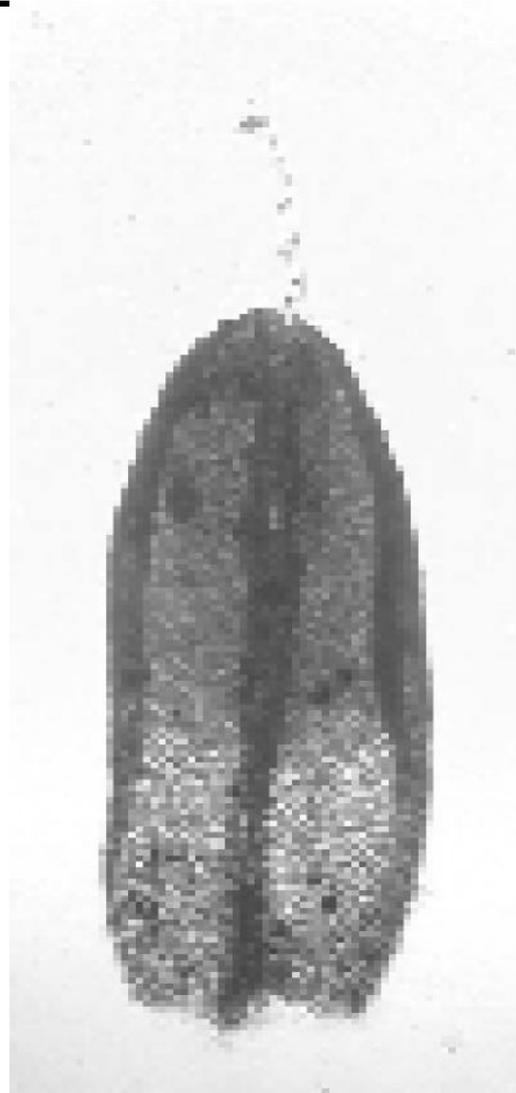
Die Angaben von Dollendorf und Königswinter, Dreesen, sind nach Düll & Meinunger (1989) zu streichen, desgleichen die Angabe von Dreesen 1862 aus Bonn, Hohlweg zwischen Endemich und Kreuzberg. Der Beleg im Herbar BONN gehört zu *T. muralis* (rev. Ph. Sollman). Wie schon Häusler erwähnte, stammen die meisten der Angaben aus dem letzten Jahrhundert, was entweder mit unterschiedlichen Sammleraktivitäten aber auch mit unterschiedlichen Klimabedingungen in Verbindung gebracht werden kann. Seinerzeit hielt Häusler (l.c.) *Tortula canescens* noch für eine in Mitteleuropa vom Aussterben bedrohte Art. In den letzten Jahren ist die jedoch an mehr als doppelt so vielen Fundorten bekannt geworden. Dies liegt im Trend der rezenten Ausbreitung von mediterranen Arten, die die deutliche Erwärmung der Wintermonate zurückgeführt wurde (Frahm & Klaus 1997, 2000).

?	Saaletal b. Saalfeld, Meinunger in Düll & Meinunger (1989)
5802	Ourtal (Werner 1998)
5809	Moseltal b. Pommern, Klemenz (1990)
5515	Arfurter Felsen, Klemenz (1990)
6107	Klüsserath/Mosel, Werner (1989)

Die Angabe vom Moseltal bei Pommern (Schwab & Korneck 1984 nach Düll & Meinunger (1989)) soll zu *T. muralis* gehören (Klemenz 1990). 5407D



1a. *Tortula canescens*, Blatt



2a. *Tortula brevissima*, Blatt



1b. *Tortula canescens*,  
Rippenquerschnitt



2b. *Tortula brevissima*, Rippenquerschnitt

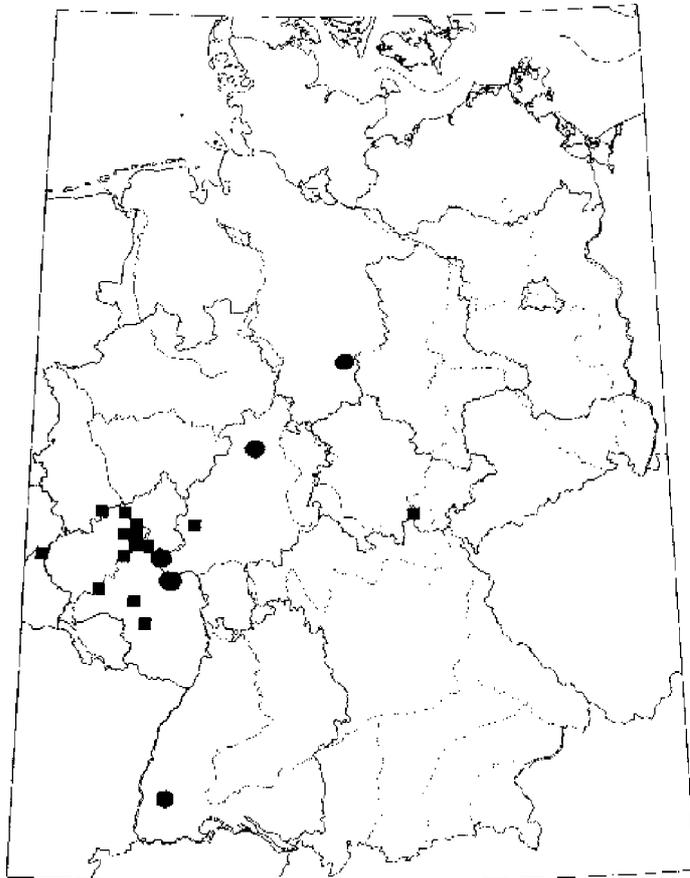
- Ahrtal, Altenahr, Frahm  
16.10.99
- 5409A Ahrtal b. Landskrone, Frahm  
19.2.00
- 5510D Moselhänge N Kobern, Frahm  
9.5.99
- 5609D Nettetäl bei Trims, Frahm  
20.11.99
- 5610C Moseltal W Winningen, Frahm  
10.4.98
- 5710B S Kobern-Gondorf, Frahm  
24.4.99
- 5711B Bopparder Hamm, Frahm  
13.11.99
- 5711B Koppelstein b. Lahnstein,  
Frahm 8.1.00
- 5809A NSG Dorteibachtal, Frahm  
22.1.00
- 5809B Brauselay b. Cochem,  
Frahm 22.1.00
- 5809B Pommerer Kapelle, Frahm  
22.1.00
- 5809B Pommerer Kapelle, Frahm 9.5.99
- 6013A Trollmühle NDorsheim, Frahm  
4.12.99
- 6107C Moseltal b. Klüsserath, Frahm  
23.10.99
- 6107C Weinberge E Klüsserath  
Frahm 23.10.99

- Düll, R., Meinunger, L. 1989.**  
Deutschlands Moose Bd. 1.  
Bad Münstereifel.
- Frahm, J.-P., Klaus, D. 1997.** Moose  
als Indikatoren für Klima-  
fluktuationen in Mitteleuro-  
pa. Erdkunde 51: 181-190.
- Frahm, J.-P. & Klaus, D. 2000.**  
Bryophytes as indicators for  
recent climate fluctuations in  
Europe. Lindbergia im Druck.
- Häusler, M. 1984.** Die selteneren  
*Tortula*-Arten der Sektion  
*cuneifolia* in Deutschland.  
Bryol. Beitr. 3: 1-22.
- Klemenz, H.-J. 1990.** Zwei neue Fund-  
orte von *Tortula canescens*  
(Bruch) Mont. In Hessen und  
Rheinland-Pfalz. Hess. Flor.  
Rundbriefe 39:49-50.
- Werner, J. 1989.** Zum Vorkommen  
von *Tortula canescens* Mont.  
Im Moseltal (Rheinland-  
Pfalz). Faun. Flor. Notizen  
Saarl. 20: 609-610.
- Werner, J. 1998.** Bemerkenswerte  
Moosfunde aus der südlichen  
Eifel und aus dem unteren  
Moseltal. Abh. Delattinia  
24: 265-274.

Forts. von S. 2:

- of *Ochyraea tatrensis* Vana  
(Amblystegiaceae, Bryopsida)  
based on molecular data.  
Bryologist (submitted).
- Stech, M., Frahm, J.-P., Hilger, H.H.,  
Frey, W. 2000.** Molecular  
relationship of *Treubia* Goebel  
(Treubiaceae, Treubiopsida) and  
high taxonomic level classification  
of the Hepaticophytina. Studies in  
austral temperate rain forest  
bryophytes 6. Nova Hedwigia 71:  
(in press).
- Stech, M., Frey, W., Frahm, J.-P.  
1999b.** The status and systematic  
position of *Hypnobartlettia  
fontana* Ochyra and the  
Hypnobartlettiaceae based on  
molecular data. Studies in austral  
temperate rain forest bryophytes  
4. Lindbergia 24: 97-102.
- Stech, M., Pfeiffer, T., Frey, W. 1999a.**  
Molecular systematic relationship  
of temperate austral  
Hypopterygiaceae (Bryopsida) :  
implications for taxonomy and  
biogeography. Studies in austral  
temperate rain forest bryophytes  
3. Haussknechtia Beih. 9: 359-367.
- Steinhauser, S., Beckert, S.,  
Capesius, I., Malek, O., Knoop, V.  
1999.** Plant mitochondrial RNA  
editing - extreme in hornworts and  
dividing the liverworts? J. Mol.  
Evol. 48: 303-312.

Dr. Michael Stech, Institut für Biologie  
- Systematische Botanik und Pflanzen-  
geographie -, Freie Universität Berlin,  
Altensteinstr. 6, D-14195 Berlin; Email:  
mstech@zedat.fu-berlin.de, [http://  
www.biologie.fu-berlin.de/sysbot/  
frey/stech.html](http://www.biologie.fu-berlin.de/sysbot/frey/stech.html)



Links: Verbreitung von *Tortula  
canescens* in der Bundesrepublik  
Deutschland. Kreise: Funde vor  
1950, Quadrate: Funde nach 1950  
(Karte: Isabelle Franzen).

## Führer zu bryologischen Exkursionen in der Umgebung von Bonn

### 5. Wassermoose am Rhein

Jan-Peter Frahm

Als Wassermoose werden Arten bezeichnet, die charakteristischerweise im Wasser-, Spritzwasser oder Hochwasserbereich von Flüssen und Bächen anzutreffen sind. An den Unter- und Mittelläufen der großen Ströme Rhein, Weser und Elbe und ihren Nebenflüssen findet man eine spezielle Vegetation von Wassermooseen. Sie setzt sich zusammen aus:

1. Arten, die ausschließlich an solchen Standorten gefunden werden, nur im Flachland vorkommen und nur bis maximal 400 m NN anzutreffen sind. Dazu gehören *Cinclidotus nigricans*, *C. fontinaloides*, *C. danubicus*, *Fissidens crassipes*, *F. arnoldii*, *Leskea polycarpa* und *Tortula latifolia*.

2. Montane Arten, die an den Oberläufen der Flüsse und ihrer Seitenbäche an Steinen siedeln und von denen Teile abgerissen und stromab verfrachtet werden. Zu ihnen gehören *Schistidium rivulare*, *Hygrohypnum luridum*, *Hygroamblystegium tenax*, *H. fluviale*.

3. Allgemein verbreiteten Wassermooseen, die sowohl an Stillgewässern als auch Bächen und Flüssen in unterschiedlichen Höhenlagen anzutreffen sind wie *Fontinalis antipyretica*, *Octodiceras julianum* und *Leptodictyum riparium*.

Hinzukommen noch mehr oder weniger ubiquitäre, insbesondere (durch die Nährstoffbelastung der

Flüsse) auch nitrophile Arten wie *Bryum argenteum*, *Funaria hygrometrica*, *Marchantia polymorpha*, *Bryum bicolor* u.a. sowie Moose von schattig-feuchtem Gesteinsuntergrund wie *Barbula flaccida*.

#### Standorte

Diese Arten besiedeln im Mittellauf der Flüsse Felsen und Blöcke, im alluvialen Unterlauf, wo von Natur aus kein festes Gestein ansteht, ursprünglich vor der Zerstörung der Auwälder an den Stämmen von Pappeln. Heute siedeln diese Arten an den Blockpackungen der Uferbefestigungen sowie an den Buhnen. Die Tatsache, daß das gesamte Rheinufer mit Blockpackungen aus Basaltblöcken aus dem Siebengebirge verbaut ist und damit konstante Standortbedingungen bietet, macht die Moosvegetation von unterschiedlichen Stromabschnitten absolut vergleichbar und dadurch besonders für die Bioindikation der Gewässergüte geeignet.

#### Zonierung

Die Moosvegetation der Flußufer zeigt eine deutliche Zonierung. Die Zonierung ist einerseits abhängig von den ökologischen Ansprüchen der Arten hinsichtlich ihrer Austrocknungsresistenz, andererseits aber auch von ihrer Schadstoffverträglichkeit. So halten toxtolerantere Arten dauer-

ende oder längere Überflutung aus. Je nach der Schadstoffbelastung des Gewässers kann diese Zonierung auch verschoben sein. Empfindliche Arten weichen dann nach oben aus. Für große Abschnitte des Mittel- und Niederrheins ist folgende Zonierung (bezogen auf Mittelwasserstand) charakteristisch:

Im submersen Bereich kommen vor: *Octodiceras julianum*, *Leptodictyum riparium*.

Im Spritzwasserbereich siedeln: *Cinclidotus* spp., *Fissidens crassipes*.

An periodisch überfluteten Stellen: *Leskea polycarpa*, *Hygroamblystegium* spp., *Hygrohypnum luridum*, *Tortula latifolia*, *Schistidium rivulare*, *Didymodon nicholsonii*.

#### Ausbreitung

Die Ausbreitung erfolgt überwiegend vegetativ, d.h. über abgerissene Pflanzenteile, bei manchen Arten auch über blattbürtige (z.B. *Tortula latifolia*) oder blattachselständige Brutkörper (*Didymodon nicholsonii*). Letztere Art war bis vor wenige Jahre nur von 4 Funden an Flußufern an Rhein, Ahr und Main bekannt und hat sich in jüngster Zeit explosionsartig am Ufer des Mittel- und Niederrheins ausgebreitet. Wenn Wassermoose Sporophyten bilden, dann nur während Niedrigwasserperioden, sodaß die Ausbreitung der Sporen über die Luft und nicht das Wasser

erfolgt. Eine bemerkenswerte Ausnahme bildet *Fontinalis antipyretica*, die zwar auch nur sehr selten Sporophyten bildet, wenn sie trocken gefallen ist, aber ein gefenster Peristom besitzt, durch das die Sporen auch herausgespült werden können. Reichlich Sporophyten bildet nur *Leskea polycarpa* (Name!).

### Bioindikation

Moose eignen sich generell sehr gut als Bioindikatoren, da sie Wasser und Nährstoffe über ihre Oberfläche direkt aufnehmen. Das trifft insbesondere für Wassermoose zu, die dauernd oder zeitweise in einer Art Hydrokultur leben und dabei den im Wasser enthaltenen Schadstoffen ausgesetzt sind. Außerdem haben die einzelnen Arten eine durchaus unterschiedliche Toxizität. Im Gegensatz zu anderen benutzten Zeigerarten wie Algen können Moose direkt im Gelände angesprochen und bestimmt werden und sind das ganze Jahr über vorhanden. Daher eignen sich Wassermoose besonders als Indikatoren der Gewässergüte.

Bei einer Kartierung der Wassermoose entlang des Rheins zwischen Düsseldorf und Wesel und einem Vergleich der Moosvorkommen mit den dort konstatierten Gewässergüteklassen ergab sich folgende Eichtung der Wassermoose:

polysaprob: keine Moose

$\alpha$ -mesosaprob: *Leptodictyum riparium*

$\alpha$ -mesosaprob mit Tendenzen zu  $\beta$ -mesosaprob: *Leskea polycarpa*

$\beta$ -mesosaprob: *Cinclidotus* spp., *Fissidens* spp., *Schistidium alpicola*,

*Octodiceras julianus*.

Die Kartierung des Niederrheins ergab, daß 1972 große Teile des Rheins polysaprob (tot) waren und nur der Bereich um Kaiserswerth nördlich Düsseldorf eine reichere Wassermooseflora zeigte, die auf  $\beta$ -mesosaprobe Verhältnisse schließen ließ. Zwanzig Jahre später bei einer Wiederholung dieser Kartierung im Jahre 1992 zeigte sich, daß diese empfindlichen Arten auf der ganzen untersuchten Strecke zu finden waren, die Gewässergüte des Rheins sich also um 2 Stufen verbessert hatte. Zudem waren 8 Arten zusätzlich aufgetreten und die Quantität einer ganzen Reihe von Arten hatte stark zugenommen.

In Aquarientestversuchen konnte die unterschiedliche Toxizität der Arten bestätigt werden. Von den untersuchten Arten hatte alle eine hohe Salzverträglichkeit ( $>950$  mg Na<sup>+</sup>/l und  $>1550$  mg Cl<sup>-</sup>/l, zeigten aber große Unterschiede hinsichtlich SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> und (NH<sub>4</sub>)<sup>+</sup>. Während z. B. *Leptodictyum* mehr als 25 mg/l Phosphat tolerierte, war die Obergrenze für *Fissidens crassipes* 20 mg/l und für *Fontinalis* nur 5 mg/l. Man muß aber heute davon ausgehen, daß es innerhalb der Moosarten Sippen gibt, die eine stärkere Schadstoffresistenz aufweisen.

### Soziologie

Die submersen Moosbestände sind in das Fontinalion W. Koch 1936 zu stellen, welches an den Tieflandsströmen nur verarmt ausgebildet ist und zumeist nur von *Leptodictyum riparium* als Ordnungscharakterart der Fontinalia repräsentiert wird. Die Moosgesellschaft im

Spritzwasserbereich ist als Cinclidoto-Fissidion W. Koch 1936 beschrieben worden.

Die Moosvegetation höherer Lagen ist in das Tortulo-Leskeetum polycarpae (Allorge 1922) v. Hübschmann 1952 zu stellen, welches zum Leskeion polycarpae Barkmann 1959 gehört.

### Verbreitung

Die genannten Wassermoosegesellschaften sind durch das nördliche Mittelmeergebiet und das temperate Westeuropa bis nach Südkandinavien verbreitet, haben aber einen deutlichen submediterranen Schwerpunkt und verarmen nach Norden. Von den vier am Rhein anzutreffenden *Cinclidotus*-Arten gehen nur noch *C. fontinaloides* und *nigricans* bis an die Weser und nur *C. fontinaloides* erreicht die Elbe. Letztere ist auch der einzige Vertreter der Gattung in Südkandinavien und Großbritannien. *Cinclidotus mucronatus* erreicht bei Bonn am Rhein seine absolute Nordgrenze.

Die Gattung *Cinclidotus* ist in Europa endemisch. Sie hat ihren Verbreitungsschwerpunkt in SE-Europa, wo in Griechenland, der Türkei und im Libanon je eine Art dazukommen. Es kann angenommen werden, daß die Gattung die Eiszeiten in Refugien in SE-Europa überdauert hat und sich die Arten danach von dort mit unterschiedlicher Schnelligkeit nach Westeuropa ausgebreitet haben, wobei die postglaziale Ausbreitung vielleicht noch andauert.

### Häufigkeit und Verbreitung im Bonner Raum

*Octodiceras fontanum* ist offen

bar im Rhein häufig, ist aber nur bei Niedrigwasserständen auffindbar, da es mehr als 2 m unter Mittelwasser (und damit bei Hochwässern mehrere Meter unter Wasser) vorkommt. Die Art war früher charakteristisch für Brunnenröge, ist also offenbar nicht gegen Austrocknung resistent. Wie die Art in der Tiefe bei der sehr geringen Sichttiefe des Rheins existieren kann, ist unklar. *Fissidens crassipes* wurde bislang nur spärlich und an wenigen Stellen (Oberwinter, Rhöndorf, Linz) gefunden.

Die *Cinclidotus*-Arten sind in unterschiedlicher Häufigkeit und Zusammensetzung auf. *Cinclidotus mucronatus* wurde bislang nur vereinzelt bei Remagen, Erpel, Oberwinter, Königswinter, Mehlem, Rhöndorf sowie Plittersdorf gefunden. *Cinclidotus nigricans* war als schadstoffverträglichste Art früher die einzige Art der Gattung im Gebiet und ist auch heute entlang des ganzen Rheinlaufes zu finden, *C. fontinaloides* und *C. danubicus* sind häufig aber nicht an allen Stellen anzutreffen, letztere Art wächst vielfach auch submers und ist bei höheren Wasserständen nicht auffindbar.

*Tortula latifolia* und *Leskea polycarpa* kommen an allen Pappeln und Weiden am Rheinufer

vor.

## Neue Publikationen

**Stech, M. 1999. *Dichodontium palustre* (Dicks.) Stech comb. nov., a new name for *Dicranella palustris* (Dicks.) Crundw. ex Warb. (Dicranaceae, Bryopsida). Nova Hedwigia 69: 237-240.**

Die systematische Stellung von *Dicranella palustris* war für viele Bryologen immer schon unbefriedigend: das Zeug hat ja nicht wie eine *Dicranella* ausgesehen. Da war die Platzierung in die "Verlegenheitsgattung" *Diobelon* in diesem Fall schon angebracht. Eine molekularsystematische Untersuchung der *Dicranaceae* ergab nun, daß diese *Dicranella palustris* in einem phylogenetischen Ast mit *Dichodontium pellucidum* landet. Und da fällt es einem wie Schuppen von den Augen: wenn man Blattform und Zellnetz von *Diobelon* und *Dichodontium* so vergleicht, warum ist man eigentlich nicht schon selbst darauf gekommen, daß *Diobelon* bestens in *Dichodontium* hineinpaßt. Leider fehlt im Titel der Arbeit ein Hinweis darauf, daß diese neue Kombination of molekularen Methoden beruhen, die uns in letzter Zeit immer mehr helfen, die systematische Stellung von fraglichen Gattungen zu klären, auch wenn dadurch letztendlich nicht der vielleicht von manchen erwartete Umschwung gekommen ist und generell die empirisch erfaßten Grundzüge der Systematik, wie sie die alten Koryphäen wie der Mathematiklehrer Brotherus oder der Kunstmaler Fleischer gelegt haben, mit molekularen Arbeitsmethoden

bestätigt werden. Ausnahmen bestätigen die Regel, so die beginnende Auflösung der *Meteoriaceae* (vgl. nächste Seite), in die alle Hängemoose "hineingepackt" wurden.

## Neue bryol. Diplomarbeiten

**Quandt, D. 1999. Molekulare Divergenzmuster neuseeländischer *Meteoriaceae* und *Lembophyllaceae* basierend auf dem intern transkribierten Spacer 2 (ITS2) ribosomaler Kern-DNA (nrDNA) und nicht codierenden Bereichen der Chloroplasten DNA (cpDNA). (Univ. Bonn).**

Die systematische Stellung der Gattungen *Weymouthia* und *Lembophyllum* sind bislang umstritten gewesen. Aufgrund der Konstruktion molekularer Stammbäume wird die Gattung *Weymouthia* aus den *Meteoriaceae* ausgeschlossen und zu den *Lembophyllaceae* transferiert. Die Arten innerhalb der Gattung werden auf 2 reduziert (*W. mollis* und *W. cochleariifolia*). Die Gattung *Camptochaete* wird von den *Thamnobryaceae* zu den *Lembophyllaceae* gestellt, die Gattung *Falaciella* von den *Sematophyllaceae* ebenfalls zu den *Lembophyllaceae*. Die jüngst auf Grund von morphologischen Argumenten vorgeschlagene Vereinigung von *Papillaria* und *Meteorium* in den *Meteoriaceae* kann nicht bestätigt werden. Nach vorläufigen Ergebnissen gehört *Pilotrichella* nicht zu den *Meteoriaceae*, der eigentliche Anschluß ist jedoch nicht weiter geklärt.

## 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](mailto: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.