

Über salztolerante Moose

Jens Schramm und Benjamin Meßner

Abstract: About salt tolerant mosses. – From 2008 to 2009, the bryophyte flora of selected localities on the German coasts of the North Sea (North Friesland) and the Baltic Sea has been investigated. Sixteen species have been found at sites, which are directly influenced by salt water. These findings are compared with the bryophyte flora on the East Frisian Islands; ecology and salt tolerance of these mosses are discussed.

1. Einleitung

Die Frage der Salztoleranz bei Moosen wurde zunächst in floristischen Arbeiten indirekt gestellt, d. h. ohne experimentelle Versuche dazu (ADAM 1976, GILLNER 1960, NORDHAGEN 1954, WALTON 1922). Auch DÜLL & DÜLL-WUNDER (2008) stellen für Ruderalmoose ohne Versuche fest, dass diese als Besiedler stark anthropogen beeinflusster Standorte meist „stickstofftragende“ Arten sind, die auch gegenüber höheren Salzkonzentrationen (z. B. NaCl-Konzentrationen) mehr oder weniger resistent sind. Dennoch gibt es in der Bestimmungsliteratur (FRAHM & FREY 2004) deutliche Hinweise auf salzhaltige Fundorte („Küste“, „Bereich salzhaltiger Aerosole“, u. a. m.). Diese Begriffe regten uns zu einem floristisch-ökologischen Vergleich von Moosstandorten an der Nord- und Ostsee und zu einer Diskussion der Ergebnisse im Zusammenhang mit anderen Arbeiten an.

2. Methode und Untersuchungsgebiet

In den Jahren 2008 und 2009 wurden vom Zweitautor Moose von salzbeeinflussten Standorten wie gepflasterten oder zementierten Uferwegen und Hafeneinfassungen an der Ostsee (Hafen Wieck bei Greifswald, Hafen Gristow) sowie an der Nordsee (Husum, Schlüttsiel, Dagebüll), von Reetdächern und Parkstellen, die sich im unmittelbaren Sprühbereich des Seewassers befinden (Hamburger Hallig, Dagebüll und Südwesthörn), aus den Küstendünen von Ludwigsburg (Greifswalder Bodden) und der Insel Hiddensee gesammelt.

Das Wasser der Nordsee hat einen Salzgehalt von 35 ‰ und das der Ostsee in den von uns untersuchten Gebieten von 8–10 ‰. Die von uns ausgewählten Fundorte beziehen ihren Salzgehalt primär aus gelegentlichen Überflutungen an der Ostsee (Wieck, Gristow, Ludwigsburg, Hiddensee) sowie durch regelmäßige Überflutungen im Vordeichbereich der Nordsee (Dagebüll, Schlüttsiel, Husum). Außerdem liegen alle in Tab. 1 aufgeführten Fundstellen im fast permanenten Sprühbereich des Seewassers, auch die Reetdächer hinter dem Deich (Dagebüll, Südwesthörn) und auf der Hamburger Hallig. Die Nomenklatur der Moose richtet sich nach KOPERSKI et al. (2000).

3. Ergebnisse

In den Jahren 2008 und 2009 wurden von uns an salzbeeinflussten Fundorten der Nord- und Ostseeküsten 16 Moosarten in verschiedenen Biotoptypen nachgewiesen (Tab 1). Von den die Moosflora begleitenden halophilen bzw. ± salztoleranten Gefäßpflanzen seien nur die häufigsten genannt: *Ammophila arenaria* (L.) Link, *Leymus arenarius* (L.) Hochst., *Festuca arundinacea* Schreb., *Puccinellia distans* (Jacq.) Griseb., *Aster tripolium* L., *Plantago coronopus* L., *Glaux maritima* L. und *Spergularia salina* J. Presl & C. Presl. *Brachythecium albicans*, *Campylopus introflexus*, *Rhytidiadelphus squarrosus* und *Tortula ruralis* wuchsen bevorzugt im Dünenbereich mit mäßiger Dichte.

Bemerkenswert waren die Reetdachbesiedler: So wuchs in Dagebüll – offenbar unter optimalen Verhältnissen – auf dem Reetdach eines Hauses, das knapp über die Deichkrone ragte, in dichten Polstern ausschließlich der Neophyt *Campylopus introflexus*, 400 m weiter westlich, ebenfalls hinter dem Deich, auf einem kleinen Reetdach ausschließlich *Ceratodon purpureus* in großer Dichte sowie in gleicher Üppigkeit *Dicranoweisia cirrata* auf

DROSERA 2010

Tab. 1: An salzbeeinflussten Standorten der Nord- und Ostseeküste gefundene Moosarten [Biotop-typen verändert nach RÖLLER (1999): D = Dünen (unverbuscht), R = Ruderalstellen und Mauern, g = epigäisch, p = epiphytisch (Reetdächer), e = epilithisch]

Arten	Wreck	Gristow	Ludwigsburg	Hiddensee	Husum	Hamburg Hallig	Schlüttsiel	Dagebüll	Südwesthörn
<i>Barbula convoluta</i>	g	.
<i>Brachythecium albicans</i>	.	.	D	.	.	p	.	g	.
<i>Bryum argenteum</i>	g, R	g, R	.	.	g, R	.	.	g, R	.
<i>Bryum bicolor</i>	g, R	.	.	g, R	.
<i>Bryum caespiticium</i>	g, R	.
<i>Bryum capillare</i>	p	.	.	.
<i>Campylopus introflexus</i>	.	.	.	D	.	p	.	p	p
<i>Ceratodon purpureus</i>	.	g, R	.	.	.	p	g, R	g, R	.
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	p
<i>Funaria hygrometrica</i>	g, R	.	.	.	.
<i>Grimmia pulvinata</i>	g, R	g, R	.	.	.	.	.	g, R	.
<i>Orthotrichum diaphanum</i>	g, R	.
<i>Pseudocrossidium hornschuchianum</i>	g	.
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>	.	.	D	.	.	.	.	.	.
<i>Tortula muralis</i>	g, R	g, R	.	.	g, R	p	.	g, R, p	.
<i>Tortula ruralis</i>	.	.	D	.	.	p	.	.	.

dem windexponierten Reetdach der direkt hinter dem Deich stehenden Gaststätte in Südwesthörn.

Ganz im Gegensatz dazu bestanden die weniger zahlreichen Moospolster auf der Lee-seite des einzigen Reetdaches auf der Hamburger Hallig aus insgesamt sechs Moosarten (*Brachythecium albicans*, *Bryum capillare*, *Campylopus introflexus*, *Ceratodon purpureus*, *Tortula muralis* und *Tortula ruralis*).

4. Diskussion

14 der von uns nachgewiesenen 16 Moosarten zählen zu den ruderalen Arten, die nach DÜLL & DÜLL-WUNDER (2008) auch erhöhte Salzkonzentrationen tolerieren.

Vergleicht man unsere Moosnachweise mit der Moosflora der Ostfriesischen Inseln (vgl. KLINGER 1980, HOMM 2008, HOMM et al. 1994, RÖLLER 1999), so kommt man zu einer erstaunlichen Übereinstimmung: Da man mit Sicherheit annehmen kann, dass alle Ostfriesischen Inseln, von Borkum im Westen bis Mellum im Osten, im permanenten Sprühbereich des Nordseewassers liegen, ist es nicht verwunderlich, dass alle von uns nachgewiesenen Moosarten der Ostseeküste und der nordfriesischen Nordseeküste auch auf dieser Inselgruppe gefunden wurden.

Es sind dies nach KLINGER (1980), HOMM (2008), HOMM et al. (1994) und RÖLLER (1999):

- *Barbula convoluta* Hedw., ruderal (R): auf Borkum (BOR), Juist (JUI), Norderney (NOR), Langeoog (LAN), Spiekeroog (SPI), Minsener Oog (MO).
- *Brachythecium albicans* (Hedw.) Schimp., epigäisch (g) auf Dünen und Buschdünen: auf BOR, Memmert (ME), JUI, NOR, Baltrum (BAL), LAN, SPI, Wangerooge (WAN), MO, und Mellum (MEL).
- *Bryum argenteum* Hedw., g, R: auf BOR, ME, JUI, NOR, BAL, LAN, SPI, WAN, MO und MEL.
- *Bryum bicolor* Dicks. s.l., g, R: auf BOR, JUI, NOR, LAN, WAN und MEL.
- *Bryum caespiticium* Hedw., epilithisch (e), R: auf BOR, ME, JUI, NOR, LAN, SPI, WAN und MEL.
- *Bryum capillare* Hedw., p, g, R: auf BOR, JUI, NOR, BAL, LAN, SPI, WAN und MEL.
- *Campylopus introflexus* (Hedw.) Brid., g, D: auf BOR, JUI, NOR, BAL, LAN, SPI, WAN und MO.

- *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., R, kosmopolitisch: auf BOR, ME, JUI, NOR, BAL, LAN, SPI, WAN, MO und MEL.
- *Dicranoweisia cirrata* (Hedw.) Lindb., R, auf Reetdächern (p): auf BOR, JUI, NOR, BAL, LAN, SPI und WAN.
- *Funaria hygrometrica* Hedw., R, kosmopolitisch, nitrophil (DÜLL & DÜLL-WUNDER 2008): auf BOR, ME, JUI, NOR, BAL, LAN, SPI, WAN, MO und MEL.
- *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., R, nahezu kosmopolitisch: auf BOR, JUI, NOR, BAL, LAN, SPI, WAN und MEL.
- *Orthotrichum diaphanum* Brid., e, p, R, nitrophil (DÜLL & DÜLL-WUNDER 2008): auf BOR, JUI, NOR, BAL, LAN, SPI, WAN und MO.
- *Pseudocrossidium hornsuschianum* (Schultz) R. H. Zander, g, e, R: auf JUI, LAN und SPI.
- *Rhytidiadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst., g, R, D: auf BOR, JUI, NOR, BAL, LAN, SPI, WAN und MEL.
- *Tortula muralis* Hedw., e, R, kosmopolitisch: auf BOR, JUI, NOR, BAL, LAN, SPI, WAN und MEL.
- *Tortula ruralis* (Hedw.) P. Gaertn. & al., s.l, g, e, R, D: auf BOR, ME, JUI, NOR, BAL, LAN, SPI, WAN und MEL.

Drei der von uns nachgewiesenen Moosarten (*Bryum bicolor*, *Bryum capillare* und *Tortula ruralis*) sind Bestandteil sogenannter Komplexarten, die nach DÜLL & DÜLL-WUNDER (2008: 289) „durch das Vorkommen überaus zahlreicher Ökotypen“ die Möglichkeit haben, „dass einige derselben durch Auslese resistenter Formen zur Anpassung an größere Luftverschmutzung wie auch Trockenheit“ gelangt sind. Derartige Anpassungen an höhere Salzgehalte sind sicherlich auch möglich.

Im ökologischen Vergleich weisen die Zeigerwerte nach Ellenberg (DÜLL 1990) alle die von uns an der Nord- und Ostseeküste gesammelten Moose als intermediäre, d. h. schwach subozeanische bis schwach subkontinentale Arten aus, die sich auf freien, sonnigen, mäßig trockenen bis trockenen Stellen, wie schattenfreien Waldwegen, Reetdächern und Weißdünen als Kulturfolger auf anthropogenen Standorten ansiedeln (MEINUNGER & SCHRÖDER 2007, DÜLL & DÜLL-WUNDER 2008). Sie sind alle weltweit verbreitet (kosmopolitisch) und oligo- bis polyhemerophil, d. h. unter starkem menschlichen Einfluss stehende Arten (DIERSSEN 2001). Bis auf *Brachythecium albicans*, *Bryum capillare* und *Campylopus introflexus* sind alle Arten nitrophil (DIERSSEN 2001). Nach MEINUNGER & SCHRÖDER (2007) siedeln

Tab. 2: Ökologisches Verhalten der an salzbeeinflussten Standorten der Nord- und Ostseeküste gefundenen Moosarten [Zeigerwerte nach DÜLL (1990): L = Lichtzahl, T = Temperaturzahl, K = Kontinentalitätszahl, F = Feuchtezahl, R = Reaktionszahl; Lf = Lebensform]

Arten	L	T	K	F	R	Lf
<i>Barbula convoluta</i>	8	x (3)	5	3	6	C
<i>Brachythecium albicans</i>	9	3	5	2	4	C
<i>Bryum argenteum</i>	8	x	4	7	4	C
<i>Bryum bicolor</i>	Keine Zeigerwerte bei DÜLL (1990) angegeben					
<i>Bryum capillare</i>	5	5	5	5	6	C, (E)
<i>Bryum caespiticium</i>	8	x	5	5	6	C
<i>Campylopus introflexus</i>	8	6	3	2	2	C
<i>Ceratodon purpureus</i>	8	x	x	2 (1)	x	C, (E)
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	7	6	4	5	5	C
<i>Funaria hygrometrica</i>	8	x	5	6	6	T
<i>Grimmia pulvinata</i>	9	5	5	1	7	C
<i>Orthotrichum diaphanum</i>	8	6	5	2	6	C, (E)
<i>Pseudocrossidium hornsuschianum</i>	9	5	4	2	6	C
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>	7	3	6	6	(?) 5	C
<i>Tortula muralis</i>	8	5	5	1–2	x	C
<i>Tortula ruralis</i>	9	x	5	2	6	C, (E)

DROSERA 2010

fast alle auf „ruderalisierten“, „anthropogen entstandenen“ oder „anthropogenen Standorten jeglicher Art“.

Bryum bicolor und *Pseudocrossidium hornschuchianum* sind gegenüber Salz (NaCl) tolerant (DIERSSEN 2001), *Bryum argenteum*, *Bryum capillare*, *Ceratodon purpureus*, *Dicranoweisia cirrata*, *Grimmia pulvinata* und *Tortula muralis* gegenüber Luftverschmutzung (DIERSSEN 2001, MEINUNGER & SCHRÖDER 2007).

Alle anderen Moosarten wie *Barbula convoluta*, *Bryum argenteum*, *Bryum caespiticium*, *Funaria hygrometrica*, *Grimmia pulvinata*, *Orthotrichum diaphanum*, *Pseudocrossidium hornschuchianum* und *Tortula muralis* fanden sich in geringer Anzahl und Dichte als Bewohner anthropogener Standorte (MEINUNGER & SCHRÖDER 2007) an lichten Wegrändern, zwischen Pflastersteinen, in Betonritzen, an senkrechten, zementierten Mauern sowohl an der Nord- wie auch an der Ostseeküste, aber immer in Begleitung eindeutig halophiler oder ± salztoleranter Gefäßpflanzen.

In unserer Aufsammlung ist der Neophyt *Campylopus introflexus* besonders bemerkenswert, weil er unseres Wissens die erste Moosart ist, für die der optimale Höhepunkt seiner Salztoleranz experimentell in Kulturversuchen festgestellt wurde (SUBKLEW 2007). Dieser liegt bei einer Salinität von 0,5–2,0 ‰. Bei höheren Salzkonzentrationen nimmt die Vitalität, gemessen am Stammlängenwachstum, deutlich ab.

Die in den gesammelten Proben auffällig veränderten morphologischen Merkmale von *Campylopus introflexus* – sehr kompakte Polster, kleine Blattlamina und kurze Glashaare – weisen unseres Erachtens auf den erhöhten Salzeinfluss des Standortes hin, auch wenn MEINUNGER & SCHRÖDER (2007) feststellen, dass diese Art „nur bei Schattenformen durch das reduzierte oder fehlende Glashaar charakterisiert“ ist. Eine Beschattung ist auf dem Reetdach der Hamburger Hallig aber nicht gegeben.

Campylopus introflexus besitzt im europäischen Raum eine extrem hohe Ausbreitungskapazität, die vorrangig vegetativ erfolgt (HASSEL & SÖDERSTRÖM 2005). Teile von Moospolstern und abgebrochene Sprossspitzen werden mit dem Wind und durch Tiere verbreitet (BIERMANN 1999, KOWARIK 2003). „So besiedelt das Kaktusmoos als Pionier sowohl offene, naturnahe, als auch anthropogen beeinflusste Standorte, zumeist oberflächlich trockene, saure Sandböden in Küstendünen, Zwergstrauchheiden oder Kiefernwäldern“ (SUBKLEW 2007). Nach dieser Autorin lag der mittlere Bodensalzgehalt von Bodenproben im Küstenfreiland auf der Insel Hiddensee 2006 selbst an Stellen mit hohem Dichtegrad dieses Moores (21 %) im vorderen Dünenbereich (0–12,5 m von der Küstenschutzdüne entfernt) mit 0,12–0,16 ‰ deutlich unter denen in den experimentellen Kulturböden gemessenen Werten und zeigt damit eine höhere Salztoleranz an, als es der durch Übersandung, Regen und Salzspray stark schwankende Bodensalzgehalt vermuten lässt.

Der Standortvergleich, die Begleitflora halophiler Gefäßpflanzen, die vorhandenen ökologischen Daten und die experimentellen Ergebnisse zur Salztoleranz von *Campylopus introflexus* lassen den Schluss zu, dass die von uns an küstennahen Fundorten der Nord- und Ostsee nachgewiesenen Moosarten alle mehr oder weniger salztolerant sind.

Man kann nach den Untersuchungen von SUBKLEW (2007) an *Campylopus introflexus* sowie ähnlichen Versuchen von GARBARY et al. (2007) an *Campylium stellatum* und von BERNER & FORMAN (1975) an *Ceratodon purpureus* erwarten, dass auch bei weiteren Moosarten die optimale Salztoleranz und vielleicht auch eine exakte Grenze zwischen der Salztoleranz der hier behandelten Arten und der Nitrophilie experimentell exakt gezogen werden kann. Allerdings müsste dann auch die Vielfalt der subjektiv gewählten ökologischen Begriffe für Moose in salzbeeinflussten Biotopen (z. B. anthropogener Standort jeglicher Art, ruderalisierter Standort, gegen Schadstoffe unempfindlich, Kulturfolger, nitrophil oder nitrophytisch) kritisch überdacht, möglichst neu definiert und experimentell messbar gemacht werden.

5. Zusammenfassung

In den Jahren 2008 und 2009 wurde die Moosflora ausgewählter Stellen an den Küsten von Nordsee (Nordfriesland) und Ostsee Moose untersucht. 16 Arten wurden an direkt vom Salzwasser beeinflussten Standorten gesammelt. Diese Funde werden mit der Moosflora der Ostfriesischen Inseln verglichen; die Ökologie und Salztoleranz der Moose werden diskutiert.

6. Literatur

- ADAM, P. (1976): The occurrence of bryophytes on British salt marshes. – *Journal of Bryology* **9**: 265–274.
- BIERMANN, R. (1999): Vegetationsökologische Untersuchungen der *Corynephorus canescens*-Vegetation der südlichen und östlichen Nordseeküste sowie der Kattegatinsel Læsø unter besonderer Berücksichtigung von *Campylopus introflexus*. – *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg* **59**: 1–148.
- BOERNER, R. E. & R. T. T. FORMAN (1975): Salt spray and coastal dune mooses. – *The Bryologist* **78**: 57–63.
- DIERSEN, K. (2001): Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterization of European bryophytes. – *Bryophytorum Bibliotheca* **56**: 1–289.
- DÜLL, R. (1990): Exkursionstaschenbuch der Moose. 3. Aufl. – IDH, Bad Münstereifel. 335 S.
- DÜLL, R. & B. DÜLL-WUNDER (2008): Moose einfach und sicher bestimmen. – Quelle & Meyer, Wiesbaden. 463 S.
- FRAHM, J.-P. & W. FREY (2004): Moosflora. 4. Aufl. – Eugen Ulmer, Stuttgart. 538 S.
- GARBARY, D. J., A. G. MILLER, R. SCROSATI, K.-Y. KIM & W. B. SCHOFIELD (2007): Distribution and salinity tolerance in intertidal mosses from Nova Scotian salt marshes. – *The Bryologist* **3**: 282–291.
- GILLNER, V. (1960): Vegetations- und Standortsuntersuchungen in den Strandwiesen der Schwedischen Westküste. – *Acta Phytogeographica Suecica* **43**: 1–198.
- HASSEL, K. & L. SONDERSTRÖM (2005): The expansion of the alien mosses *Orthodontium lineare* and *Campylopus introflexus* in Britain and continental Europe. – *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* **97**: 183–193.
- HOMM, T. (2008): Die Moose der Ostfriesischen Inseln (Bryophyta). – *Schriftenreihe Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer* **11**: 61 – 72.
- HOMM, T., U. DE BRUYN & L. ECKSTEIN (1994): Dynamik und Konstanz in der Moosflora der Insel Juist seit der Jahrhundertwende. – *Drosera* **94**: 71–83.
- KLINGER, P. U. (1980): Zur Verbreitung und Ausbreitung der Moose auf den Ostfriesischen Inseln. – *Drosera* **80**: 1–22.
- KOPERSKI, M., M. SAUER, W. BRAUN & S. R. GRADSTEIN (2000): Referenzliste der Moose Deutschlands. – *Schriftenreihe für Vegetationskunde* **34**: 1–519.
- KOWARIK, J. (2003): Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. – Eugen Ulmer, Stuttgart. 320 S.
- MEINUNGER, L. & W. SCHRÖDER (2007): Verbreitungsatlas der Moose Deutschlands. – *Regensburgische Botanische Gesellschaft, Regensburg*. 2044 S.
- NORDHAGEN, R. (1954): Studies on the vegetation of salt and brackish marshes in Finnmark (Norway). – *Vegetatio* **5/6**: 381–394.
- RÖLLER, O. (1999): Die Moosflora der Ostfriesischen Insel Spiekeroog. – *Drosera* **99**: 35–48.
- SUBKLEW, H. (2007): Küstenschutzwald auf der Insel Hiddensee: Einfluss auf die Neophyten *Campylopus introflexus* und *Prunus serotina* und rechtliche Grundlagen für einen Rückbau. – Unveröff. Diplomarbeit. Universität Greifswald, Greifswald.
- WALTON, J. (1922): A Spitsbergen salt marsh: with observations on the ecological phenomena attendant on the emergence of land from the sea. – *Journal of Ecology* **19**: 109–121.

Anschriften der Verfasser:

Prof. em. Dr. Benjamin Meßner
An den Wurthen 4
D–17489 Greifswald

Jens Schramm
Grüner Weg 4
D–18461 Franzburg
E-Mail: jens-schramm@t-online.de



DROSERÄ 2010

