

Hiddensee – ein bryologischer Hotspot in Norddeutschland

Christian BERG*, Christoph LINKE, Thomas HOMM, Michael MANTHEY & Irmgard BLINDOW

Zusammenfassung: BERG, C., LINKE, C., HOMM, T., MANTHEY, M. & BLINDOW, I. 2015. Hiddensee – ein bryologischer Hotspot in Norddeutschland. – *Herzogia* 28: 322–347.

Die deutsche Ostseeinsel Hiddensee übt als auto- und ackerfreie Landschaft eine deutliche Faszination auf Botaniker aus. Dennoch hat ihre bryologische Erforschung erst im 20. Jahrhundert begonnen. Ausgehend von einem Kartierungstreffen im Oktober 2014, bei dem eine intensive Erfassung der Moosflora in einem 1 km × 1 km-Rasternetz durch 22 bryologisch interessierte Feldbotaniker erfolgte, möchten wir über Veränderungen der Moosflora von Hiddensee im 20. Jahrhundert und deren Ursachen, über die Gründe für die Artenvielfalt und die Unterschiede innerhalb der Moosflora Hiddensees, und über die Bedeutung von Hiddensee für die Moosflora Norddeutschlands berichten. Es konnten 34 Arten neu für die Insel gefunden werden, darunter *Tortella flavovirens* neu für Mecklenburg-Vorpommern. Rückgang und Ausbreitung von Moosarten auf Hiddensee sind auf dem Dornbusch eng mit dem nachlassenden Weidedruck, in den holozänen Sandgebieten oft mit dem Rückgang der Küstendynamik und aufkommenden Gehölzen verbunden. Einige stärker gefährdete Arten, insbesondere Torfmoose, haben hier aber noch individuenreiche Vorkommen. Aus den Unterschieden innerhalb der Moosflora kann man Hiddensee in verschiedene Landschaftseinheiten gliedern. Vergleicht man den relativen Artenreichtum (α -Index) verschiedener deutscher Nord- und Ostseeinseln unter Berücksichtigung ihrer Größe, so sticht Hiddensee, nach der Insel Vilm und zusammen mit den Nordseeinseln Borkum und Langeoog, als besonders artenreich in Hinblick auf die Moosflora heraus.

Abstract: BERG, C., LINKE, C., HOMM, T., MANTHEY, M. & BLINDOW, I. 2015. Hiddensee – a bryological hotspot in northern Germany. – *Herzogia* 28: 322–347.

The German island of Hiddensee in the Baltic Sea is without cars and arable fields making it especially attractive to botanists, but bryological exploration of the island only began as recently as the 20th century. Intensive mapping of bryophytes, based on a 1 km × 1 km-grid net, carried out during a field-bryologists' meeting in October 2014 revealed changes in the bryophyte flora of Hiddensee in the 20th century and probable causes of those changes. Additionally, it provided information about causes of species richness pattern, including differences within the bryophyte flora of Hiddensee. The mapping further showed the undeniable importance of Hiddensee for the bryophyte flora of northern Germany. 34 species were new to the island, including *Tortella flavovirens*, which is new to Mecklenburg-Vorpommern. In the northern Dornbusch, the decline or increase of particular bryophyte species is often closely associated with diminishing grazing pressure. In the Holocene sand areas, such changes are associated with the decline of coastal dynamics and expansion of trees, and some endangered bryophyte species, especially peat mosses, still have individual-rich populations there. Based on differences within the bryophyte flora, Hiddensee can be divided into different landscape units. When comparing the species densities among North Germany and Baltic Sea islands and taking into account their relative land masses, Hiddensee ranks second after Vilm in terms of its species diversity in bryophytes, together with the North Sea islands of Borkum and Langeoog.

Key words: Baltic Sea coast, floristic changes, landscape structure, habitat diversity, α -index, beta-diversity.

* Autor für Korrespondenz

Einleitung

Die Pflanzenwelt von Hiddensee

Hiddensee ist eine deutsche Ostseeinsel im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern. Sie liegt westlich der Insel Rügen und ca. 30 km nördlich von Stralsund. Kommt man nach einer Schifffassage auf die Insel Hiddensee, so betritt man nicht nur eine autofreie Insel, auch das Fehlen weiterer Insignien der modernen Mecklenburg-Vorpommerschen Agrarlandschaft wie Straßen oder Intensiv-Äcker fällt sofort auf. Statt von Brennesseln überwucherten Säumen dominieren verschiedene, andernorts oft selten gewordene Wegrandpflanzen. Dabei ist es nicht ein großer Artenreichtum, der Hiddensee auch botanisch zum Hotspot macht, sondern die besonderen Arten, die hier entweder ihren einzigen verbliebenen Fundort oder eines von wenigen Vorkommen in Mecklenburg-Vorpommern haben. Bei den Gefäßpflanzen gehören dazu beispielsweise *Apium inundatum*, *Rhinanthus halophilus*, *Baldellia ranunculoides*, *Eleocharis multicaulis*, *Rhynchospora fusca*, *Corydalis pumila*, *Festuca polesica* und *Rosa mollis* (FUKAREK & HENKER 2006). Dagegen fehlen viele auf dem Festland allgegenwärtige Arten, z. B. *Stachys sylvatica* und *Silene dioica*, Waldarten wie *Viola reichenbachiana*, *Oxalis acetosella*, *Mercurialis perennis*, *Anemone ranunculoides* oder *Lamium galeobdolon*, sowie einige häufige Arten der eutrophen Sümpfe und Gewässer wie *Scirpus sylvaticus*, *Polygonum hydropiper* oder *Potamogeton crispus*.

Auch bezüglich der Moosflora besticht Hiddensee durch seine Besonderheiten. So hat *Pohlia marchica* hier ihren nahezu einzigen Fundpunkt in Deutschland, andere Arten wie *Sphagnum tenellum*, *S. molle*, *S. compactum*, *Heterogemma capitata* (*Lophozia capitata*), *Mesoptychia collaris* (*Leiocolea alpestris*), *Orthotrichum rupestre* oder *Zygodon stirtonii* haben mit ihren Populationen auf Hiddensee eine herausragende Bedeutung zumindest für die Moosflora von Mecklenburg-Vorpommern. Einige erst im Zuge der Kartierung 2014 nachgewiesene Arten wie *Tortella flavovirens* oder *Ulotrichum phyllanthae* ergänzen diese Liste.

Hiddensee als bryologisches Exkursionsgebiet

Als Exkursionsziel für Bryologen wurde Hiddensee erst relativ spät entdeckt. Die ältesten Angaben stammen von Oscar Bürgener (1876–1966) aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, der mit der Angabe von *Cratoneuron filicinum* und *Distichum capillaceum* vom Dornbusch die ersten Nachweise von Moosen auf der Insel lieferte (BÜRGENER 1924, 1925). Ein Jahr später erwähnte er mit *Aulacomnium palustre* und *Dicranum spurium* erstmalig auch zwei Arten von der Dünenheide (BÜRGENER 1926). In der Folge kam er immer wieder nach Hiddensee und lieferte noch eine Reihe weiterer Moosangaben (BÜRGENER 1927, 1929, 1933, 1939), wobei, wie damals üblich, nur Besonderheiten Erwähnung fanden und diese Publikationen kaum ein allgemeines Bild der Moosflora vermitteln. Nach dem 2. Weltkrieg wurde dann Erhard Th. Fröde (1904–1975) der wichtigste Moosflorist und zugleich glühendster Verfechter des Schutzes der Insel und seiner bemerkenswerten Moosflora. Auf ihn gehen u. a. die Funde von *Bryum warneum* und *Ptychostomum cyclophyllum* (*Bryum cyclophyllum*) zurück, ebenso der Erstfund von *Hennediella heimii* (*Desmatodon heimii*) in den Salzwiesen von Hiddensee, sowie die Entdeckung von *Calliergonella lindbergii* (*Hypnum lindbergii*) und *Pohlia marchica* in der Dünenheide. Hier fand er auch erstmalig eine Reihe bemerkenswerter Lebermoose wie *Cephaloziella hampeana*, *Endogemma caespiticia* (*Jungermannia caespiticia*), *Gymnocolea inflata*, *Lophozia ventricosa*, *Lophozia excisa* (*Lophozia excisa*), *Odontoschisma spha-gni*, *Solenostoma gracillimum*, *Tritomaria exsectiformis* und *Scapania irrigua*. Fröde fand bei seinen Untersuchungen zu den Pflanzengesellschaften von Hiddensee auch verschiedene

Sphagnum-Arten in den Dünentälchen, wie *Sphagnum auriculatum*, *S. compactum*, *S. papillosum*, *S. rubellum*, *S. subnitens* und *S. tenellum* (FRÖDE 1949, 1958, 1964). Zahlreiche seiner Funde wurden auch für die Argumentation von Schutzgebietsausweisungen herangezogen (JESCHKE et al. 1980).

Nach Bürgener und Fröde gab es dann erst wieder ab April 1987 bis September 1999 im Rahmen der durch die AG Geobotanik Mecklenburg-Vorpommern organisierten floristischen Kartierung eine nähere Beschäftigung mit der Moosflora Hiddensees. Die Ergebnisse sind über die Floristische Datenbank Mecklenburg-Vorpommerns öffentlich zugänglich (<http://www.flora-mv.de/index.php>). Aus dieser Zeit gab es nur wenige Publikationen, die wiederum nur bemerkenswerte Ergebnisse dieser Zeit festhielten. So berichteten BERG et al. (1992) von einem der letzten beiden Vorkommen von *Orthotrichum rupestre* in Mecklenburg-Vorpommern auf „alten Betonfundamenten oberhalb des Nordufers am Dornbusch; leg.: C. Berg, 4.1987“, MÜLLER (1996) steuerte Funde von *Bryum tenuisetum*, *Didymodon vinealis*, *Fossombronia foveolata*, *Heterogemma capitata* (*Lophozia capitata*), *Mesoptychia collaris* (*Leiocolea alpestris*) und *Orthotrichum pulchellum* zur Moosflora von Hiddensee bei. WIEHLE & BERG (2000) berichteten von einem Fund von *Pohlia marchica* in der Dünenheide ca. 1,5 km westlich der Heiderose, am Rand eines Dünentälchens (leg. et det. C. Berg, 15.4.1995, t. L. Meinung). Diese bereits von FRÖDE (1958) entdeckte Besonderheit konnte also, nachdem die Art deutschlandweit als „ausgestorben oder verschollen“ galt, am gleichen Standort wiederentdeckt werden. Es handelte sich um einen der letzten beiden Fundorte dieser in ganz Europa extrem seltenen Art in Deutschland. Ein ebenfalls bemerkenswerter Wiederfund der floristischen Kartierung war *Pseudocrossidium revolutum* „Bei Neuendorf auf Hiddensee an dem Steindamm südlich des Ortes“, genau dort, wo es BÜRGENER (1939) bereits gefunden hatte. Leider währte die Freude nur kurz, denn trotz einer Mitteilung an die Wasserbaubehörden wurde bei der Sanierung des alten Steindammes in den späten 1990er Jahren die gesamte Moosflora an diesem Bauwerk vernichtet.

Spätere bryologische Aktivitäten auf Hiddensee gingen dann meist von Vegetationskundlern aus, die in ihren Arbeiten auch immer Moose erwähnten, z. B. in den Arbeiten von SCHUBERT (1993), ISERMANN (1996) und REMKE (2003).

Im Jahre 2014 hatte die AG Geobotanik Mecklenburg-Vorpommern beschlossen, ihr 30. Mooskartierungstreffen diesem Gebiet zu widmen. Diesmal sollte es um eine etwas intensivere, kleinteiligere Rasterkartierung gehen. Die Ergebnisse, die wir in dieser Arbeit näher beleuchten wollen, zeigen, dass die Erforschung der Moosflora eines Gebietes so gut wie nie abgeschlossen ist, sondern die Natur immer wieder Überraschungen für den Mooskundler bereithält.

Fragestellungen

Aus der Methodik der kleinteiligen Rasterkartierung möchten wir in dieser Arbeit folgende Fragestellungen ableiten:

Welche Veränderungen in der Moosflora Hiddensees lassen sich für das 20. Jahrhundert nachweisen?

Wie ist der Zusammenhang zwischen der Anzahl der Moosarten (Alpha-Diversität) und landschaftsökologischen Eigenschaften der Rasterfelder?

Lassen sich aus dem Florenkontrast zwischen den Rasterfeldern (Beta-Diversität) bestimmte bryogeographische Landschaftseinheiten auf Hiddensee definieren?

Das Untersuchungsgebiet

Entstehung der Insel Hiddensee

Die Insel Hiddensee ist geologisch zweigeteilt. Der Dornbusch im Nordteil der Insel ist aus einem heute bis 72 m aufragenden Stauchendmoränenkomplex hervorgegangen, dessen holozäner Abtrag noch andauert und erst in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts durch den Bau der Huckemauer im Westen teilweise gestoppt wurde. Einen anderen Charakter hat der übrige Bereich der Insel. Hier besteht der Untergrund aus postglazial umgelagerten Schichten von Sand und kleinflächig auch Schluff, durchmischt mit Steinen (Gneis, Granit, Feuersteine: MÖBUS 2000, 2001). Die Grundsubstanz dieser Ablagerungen bilden, neben submarinen Sedimenten, zum großen Teil die Abbruchmaterialien des pleistozänen Stauchendmoränenkomplexes (JESCHKE et al. 1980, MÖBUS 2000, 2001). Es entstanden so flache Sandebenen, die ostseeseitig von Dünen überdeckt sind, und boddenseitig in flachgründige Küstenüberflutungsmoore übergehen. Während die alluvialen Sandböden im Süden der Insel meist einen sauren Charakter haben, sind die Böden im Dornbusch überwiegend basisch. Kalkgehalt und pH-Wert nehmen hier vom Südwesten bis zum Nordosten zu (RETZLAFF 2011). Die ältesten holozänen Ablagerungen entstanden im Bereich der heutigen Dünenheide als littorinazeitliche Sandbank- und Strandwallsysteme (Abb. 1). Durch den Hauptsedimenttransport von Nord nach Süd entstanden südlich der Moräneninsel und der schon vor ca. 4000 Jahren vorhandenen Strandwallsysteme im heutigen Mittelteil der Insel holozäne Nehrungen und nach Süden gerichtete Haken. Dieser Prozess hält bis heute an, so dass der südliche Gellen und der Neue Bessin im Nordosten die jüngsten Landbildungen Hiddensees darstellen (JESCHKE et al. 1980, LANGE et al. 1986, MÖBUS 2000, 2001).

Das Moorwachstum im Bereich der jungen Senken begann um das Jahr 1000 und wird überwiegend auf einen Grundwasseranstieg zurückgeführt (topogene Versumpfungsmoore, LANGE et al. 1986). Zu dieser Zeit war die Insel Hiddensee zumindest in ihren älteren Teilen (Dornbusch, Mittelteil) von Wäldern bedeckt. Die jüngeren Teile trugen Weiß-, Grau- und Braundünenvegetation, wobei Zwergsträucher bereits eine Rolle spielten (LANGE et al. 1986). Urgeschichtliche Siedlungsanzeiger sind mehrfach vorhanden. Die ältesten mittelalterlichen Siedlungen sind Grieben und Kloster im Norden, bald folgte Plogshagen im Süden. Diese Besiedlung ging mit Waldrodung einher, wobei die endgültige Waldfreiheit Hiddensees erst im Zuge des 30jährigen Krieges im 17. Jahrhundert entstand. Die auf dem Dornbusch lange betriebene extensive Ackernutzung brach im 19. Jahrhundert ein und wurde im 20. Jahrhundert ganz aufgegeben. Trockenes Weideland und Brachen mit Besenheide, Sanddorn und Wacholder machten sich breit (LANGE et al. 1986). Ab 1860 erfolgten Kiefernanzpflanzungen im Südwest-Bereich des Dornbuschgebietes, die in den nächsten Jahrzehnten weiter ausgedehnt wurden und durch vereinzelte Anpflanzungen von Laubhölzern ergänzt wurden. Nach 1959 wurden in einem „Rekonstruktionsprogramm“ massiv Laubhölzer (v. a. Bergahorn *Acer pseudoplatanus*, aber auch andere Ahorn-Arten sowie Linden) eingebracht, wodurch sich ein im Vergleich zum vorher lichten Kiefernwald zunehmend geschlossener Laubwald entwickelte (FRÖDE 1961, NATIONALPARKAMT 1992). „Rigoreuse Bodenumbüche“ im Zusammenhang mit diesem Programm führten zum Verschwinden seltener Pflanzenarten wie *Orchis purpurea* und *Goodyera repens* und zum Rückgang der *Botrychium*-Arten (FRÖDE 1961).

Weidewirtschaft und Fischerei blieben auch im 20. Jahrhundert neben dem aufstrebenden Tourismus wichtige Wirtschaftszweige der Insel. Von Komplexmelioration, industrieller Großraum-Ackerwirtschaft und motorisiertem Individualverkehr blieb Hiddensee weitestgehend verschont. Allerdings wurden zwischen 1972 und 1989 durch das VEG Zingst über 1000

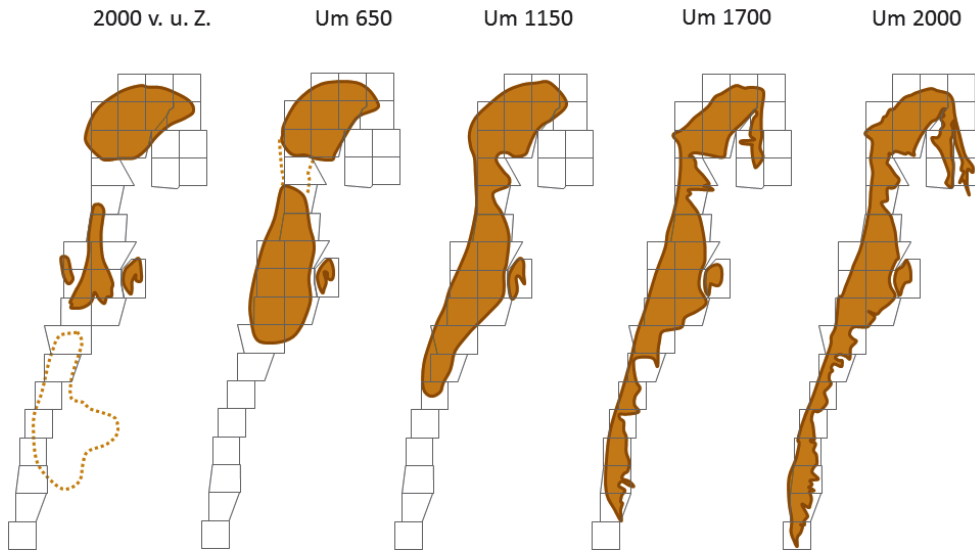


Abb. 1: Holozäne Entstehung der Insel Hiddensee aus einem pleistozänen Kern im Norden und holozänen Strandwallsystemen im Süden. Punktierte Linien bezeichnen Sandbänke. Nach Karten von MÖBUS (2001), LANGE et al. (1986), FRÖDE (1958) und der Schwedischen Landesaufnahme von Vorpommern von 1695.

Fig. 1: Holocene development of the Hiddensee island from a Pleistocene core in the north and Holocene barrier beach systems in the south. Dotted lines indicate sandbanks. Redrawn from maps of MÖBUS (2001), LANGE et al. (1986), FRÖDE (1958), and the Swedish land recordings from the late 17th century.

Jungrinder im Sommer auf Hiddensee stationiert; im Rahmen dieser Aufzucht wurden etwa 600 ha Fläche mit Kunstdünger behandelt, was zum Rückgang zahlreicher Pflanzen führte (FAUST 2001). Von den vorher auf den Feuchtwiesen zahlreichen Orchideen (FRÖDE 1958) kommt heute lediglich noch *Dactylorhiza majalis* an einigen wenigen Stellen vor.

Hiddensee – das heutige Untersuchungsgebiet

Die Insel Hiddensee (siehe Abb. 2) stellt heute für viele bedrohte Tiere und Pflanzen ein „Rückzugsgebiet“ dar. Zahlreiche in unserer meist intensiv bewirtschafteten Kulturlandschaft selten gewordene und europaweit gemäß FFH-Richtlinie (EU 1992) zu schützende Habitate wie Trockenrasen, Küstendünenheiden und Salzgrünländer sind hier auf Grund der oben geschilderten Landschaftsgeschichte entstanden und haben sich bis heute erhalten. Seit 1990 liegt die Insel fast vollständig innerhalb des Nationalparks Vorpommersche Boddenlandschaft. Außerhalb der Ortslagen genießt die gesamte Insel Schutzstatus. Abgesehen von Landschaftsschutzgebieten zwischen Kloster und Grieben, Kloster und Vitte und südlich von Vitte sowie drei Naturschutzgebieten (Dünenheide, Schwedenhagener Steilufer und Dornbusch) gehört die Insel zur Pflege- und Entwicklungszone des Nationalparks, der Neubessin im Nordosten sowie der Südgellen sogar zur Kernzone des Nationalparks.

Dieser Schutzstatus hat erhebliche Konsequenzen nicht nur für das Arteninventar der Insel, sondern für das gesamte Landschaftsbild. Der Einsatz von Schädlingsbekämpfungsmitteln und Kunstdünger ist auf der gesamten Insel nicht gestattet, die beiden auf Hiddensee angesiedelten landwirtschaftlichen Betriebe arbeiten rein extensiv. Ackerbau wird nicht betrieben. Das im Bereich des Dornbusch, aber auch zwischen Vitte und Kloster, zwischen Vitte und



Abb. 2: Blick auf die Insel Hiddensee von Süden. Deutlich sind der Unterschied zwischen West- und Ostküste und die Strandwall-Struktur des Gellen zu sehen. Foto: Thomas Kepp, 05.10.2009.

Fig. 2: Hiddensee-view from the south. The difference between east and west coasts and the barrier beach structure of the Gellen are both clearly visible. photo: Thomas Kepp, 05. October 2009.

Neuendorf sowie auf dem Nordgellen gelegene Grünland wird mit Schafen und Fleischrindern sowie Pferden beweidet (PIETZSCH et al. 2013).

Der äußerste Nordteil der Insel ist von Laubwald bedeckt, der nicht bewirtschaftet wird (LFG MV 2002). Die südlich davon gelegenen Trockenrasen und Grünländer werden extensiv beweidet, sind aber in den letzten Jahrzehnten immer mehr der Verbuschung ausgesetzt (PIETZSCH et al. 2013). Während der mosaikartige Wechsel von Offenlandschaft und Strauchvegetation vor allem seltene Vogelarten wie Sperbergrasmücke und Neuntöter begünstigt (BLINDOW 2008), führt starke Verbuschung neben dem Rückgang seltener Tier- und Pflanzenarten (MÜLLER 2011, SCHIRMEL et al. 2015) auch zu einer geringeren Attraktivität für den Tourismus (KORP 2008). Regelmäßig durchgeführte Entbuschungsmaßnahmen sorgen dafür, dass zumindest ein Teil dieser Bereiche offen gehalten wird.

Reine Sandböden dominieren den Untergrund der zwischen Vitte und Neuendorf sowie auf dem Südgellen gelegenen Küstendünenheide. Typisch für diesen Lebensraum ist der mosaikartige Wechsel zwischen Graudüne, Zwergstrauchheide und Dünentälchen. Bedroht werden diese Flächen durch Vergrasung und Verbuschung, was zu einem veränderten und mehr ausgeglichenen Mikroklima führt (REMKE & BLINDOW 2011). Bei mehreren Arthropodengruppen nimmt die Artenvielfalt in diesen Sukzessionsstadien zwar zu, es breiten sich aber „Allerweltsarten“ auf Kosten seltener, an Heideflächen gebundener Arten aus (SCHIRMEL et al. 2010, 2011b, 2012, SCHIRMEL & FARTMANN 2014). In der Dünenheide zwischen Vitte und Neuendorf werden regelmäßige Pflegemaßnahmen durchgeführt. Entbuschungen sorgen dafür, dass die

offene Heidelandchaft erhalten bleibt. Der nur geringfügig durch Eutrophierung bedingten Vergasung (REMKE & BLINDOW 2011) wird durch maschinelle Maßnahmen wie Plaggen und Schopfern entgegengewirkt. Zusätzlich wird die Dünenheide durch eine Schafherde turnusmäßig beweidet. Die Verbisswirkung durch Rehe und ausgewilderte Mufflons wird als gering eingeschätzt. Keinerlei Maßnahmen werden in der Kernzone des Südgellens durchgeführt. Hier ist neben starker Vergasung durch die Sandsegge (*Carex arenaria*) eine beginnende Verbuschung v. a. durch die Späte Traubenkirsche (*Prunus serotina*) zu beobachten.

Eine große Rolle spielt auf Hiddensee der Küstenschutz. Echte Anlandung ist längst auf die Sandhaken (Neuer Bessin, Gellen-Südspitze) beschränkt, während die mittleren Bereiche zwischen Vitte und Neuendorf heute in ihrer Sedimentbilanz defizitär sind (MLUV MV 2009, S. 17). Die ursprünglich durch Anlandung entstandene und durch Sandüberwehung erhaltene Küstenheide überaltert und verbuscht zunehmend, was durch Nutzungsaufgabe und Eutrophierung beschleunigt wird. Ihr Erhalt ist daher zunehmend an Pflegeeingriffe gebunden. Während der Dünen-Steinwall und die Küstenschutzpflanzungen sich durch Einschränkung der windbedingten Sandzufuhr negativ auf die Dynamik der Dünenheide auswirken, haben die heute als wichtigste Küstenschutzmaßnahme durchgeführten Sandvorspülungen möglicherweise auch einen positiven Einfluss auf diesen Lebensraum, weil sie die aeolische Sandzufuhr in die Bereiche der Küstenheide fördern.

Stark rückgängig ist die Bewirtschaftung auf den traditionell mit Rindern beweideten Salzgrünländern. Hier breiten sich in den letzten Jahren konkurrenzkräftige Röhrichtarten, v. a. *Phragmites australis*, stark auf Kosten typischer Salzwiesenpflanzen aus: Mehrere Arten, v. a. *Salicornia europaea*, *Suaeda maritima*, *Parapholis strigosa* und *Bupleurum tenuissimum* sind auf Hiddensee daher sehr selten geworden oder sogar inzwischen möglicherweise ganz verschwunden.

Untersuchungsmethoden

Daten vor 2014

An Altdaten stehen nur Literaturdaten (überwiegend von O. Bürgener und E. T. Fröde) und Daten aus der Floristischen Kartierung 1987–1999 (2009) (überwiegend von C. Berg) zur Verfügung. Der Floristischen Kartierung lagen Messtischblatt-Quadranten zu Grunde, wobei der Nordteil des Dornbusch mit dem südlich gelegenen Quadranten zusammengefasst wurde. Die Häufigkeit der Arten im Quadrant wurde nach einer vierstufigen Skala (vereinzelt – zerstreut – verbreitet – sehr häufig bzw. großflächig) geschätzt. Die Herbarien der Universität Greifswald und Rostock enthalten keine Moos-Belege von Hiddensee. Das Herbarium von O. Bürgener liegt im Meeresmuseum Stralsund, die von uns dort eingesehenen Belege waren alle richtig bestimmt.

Kartiermethodik 2014

Das Kartierungstreffen der Moosfloristen Mecklenburg-Vorpommerns im Jahr 2014 fand vom 8.–12. Oktober auf der Insel Hiddensee statt. Die Kartierung bezweckte insbesondere eine Aktualisierung der Kenntnisse über die Moosflora der Insel – nachdem die jüngste relevante Bestandserfassung ca. 20 Jahre alt war. Ferner waren Erkenntnisse über die Moosausstattung einer Landschaft, die weitgehend ohne Nutzungsintensivierung geblieben war und die dennoch bestimmten Änderungen in der Landschaftsnutzung unterliegt, sowie eine möglichst genaue Lokalisierung sowohl von häufigen als auch von seltenen Arten von Interesse. Methodisches

Ziel war es, die Kartierkapazität möglichst gleichmäßig über die Insel zu verteilen, um lokale „Hotspots“ der Moosflora nicht zu übersehen und eine gewisse Differenzierung zwischen den Inselteilen vornehmen zu können.

Die Erfassung der Moose erfolgte daher als 1 km²-Rasterkartierung. Zur Minimierung von Abgrenzungsproblemen wurden die Raster geringfügig der Struktur der zahlreichen Halbinseln und Buchten von Hiddensee angepasst (Abb. 3). Dadurch entstanden insgesamt 31 Kartiereinheiten. Die Landflächen der Einheiten waren im Durchschnitt 52,7 ha groß, wobei die Spanne von 7,0 bis 110,9 ha reichte. Für jede Kartiereinheit stand der betreffenden Gruppe ein halber Tag zur Verfügung, weitere zeitliche Vorgaben zum Kartierablauf wurden nicht gemacht. Innerhalb jeder Kartiereinheit wurde die Häufigkeit der vorkommenden Moosarten nach einer dreistufigen Skala (selten – zerstreut – häufig) durch die Kartiergruppen geschätzt.

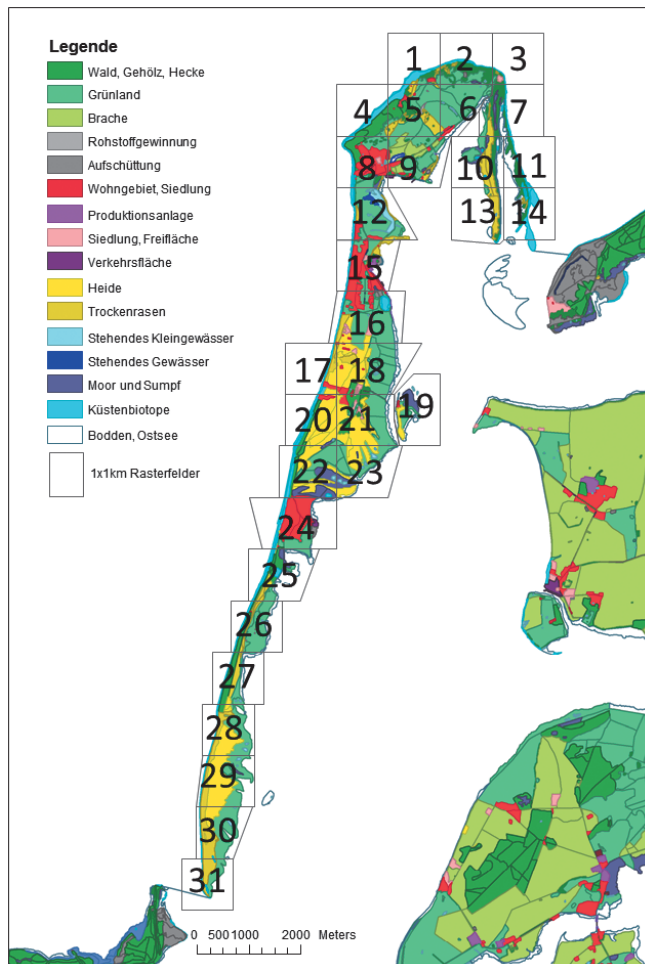


Abb. 3: Die Insel Hiddensee mit Habitatausstattung (Biotop- und Nutzungstypenkartierung LINFOS Mecklenburg-Vorpommern) und den 1 km × 1 km Rasterfeldern der Kartierung 2014.

Fig. 3: The island of Hiddensee with habitat features (from habitat type mapping project LINFOS Mecklenburg-Vorpommern) and the 1 km x 1 km grid from the mapping project 2014.

Teilnehmer des Treffens waren (Gruppenleiter, die für die Bestimmung der Arten verantwortlich zeichnen, sind hervorgehoben): **C. Berg**, Graz; C. Daute, Berlin; K. Hahne, Sandhof; **T. Homm**, Elsfleth; S. Goen, Greifswald; M. Frielingsdorf, Ratzeburg; **J. Fürstenow**, Wustermark; W. Linder, Potsdam; **C. Linke**, Kargow; D. Michaelis, Greifswald; M. Manthey, Greifswald; H. Müller, Poel; J. Müller, Potsdam; G. Münnich, Stralsund; K. Peters, Rostock; N. Priller, Greifswald; H. Ringel, Greifswald; A. Schaepe, Potsdam; J. Schramm, Franzburg; M. Steinland, Ringenwalde; S. Thiele, Greifswald; **W. Wiehle**, Waren. Die Kartiereinheit Nr. 4 wurde im Rahmen der gemeinsamen Abschlussexkursion ebenfalls halbtägig bearbeitet.

Auswertungsmethoden

Die Daten der einzelnen Kartierperioden und Rasterfelder wurden in eine Excel-Datenmatrix eingetragen. Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen folgt FUKAREK & HENKER (2006). Bei der Nomenklatur der Moose folgen wir HODGETTS (2015), bis auf einzelne, nachfolgend genannte Abweichungen.

Lophozia ventricosa (Dicks.) Dumort. wird hier in Anlehnung an KOPERSKI et al. (2000) sowie MEINUNGER & SCHRÖDER (2007a) in einem weiteren Sinne verstanden, d. h. unter Einbeziehung von *Lophozia silvicola* H.Buch, die von HODGETTS (2015) auf Artniveau unterschieden wird. Für die Unterscheidung der beiden Sippen (auf Artniveau oder als Varietäten) werden u. a. Ölkörper-Merkmale herangezogen, die sich an Herbarmaterial jedoch nicht mehr überprüfen lassen (vgl. PATON 1999). MEINUNGER & SCHRÖDER (2007a) geben darüber hinaus an, dass sie Übergangsformen mit verschiedenen Ölkörpertypen beobachten konnten.

Bryum bicolor Dicks. und *Bryum barnesii* J.B.Wood werden in Anlehnung an KOPERSKI et al. (2000) sowie MEINUNGER & SCHRÖDER (2007b) weiterhin als eigenständige Arten unterschieden. Die Bestimmung erfolgte nach den z. B. bei AHRENS (2001) sowie DURING & SIEBELS (2006) genannten Merkmalen. Bei HODGETTS (2015) werden diese Taxa mit weiteren Sippen aus dem *Bryum bicolor*-Aggregat in der formenreichen Art *Bryum dichotomum* Hedw. vereinigt.

Pohlia marchica Osterwald wird in Anlehnung an KOPERSKI et al. (2000) sowie MEINUNGER & SCHRÖDER (2007b) als eigenständige Art unterschieden. Bei HODGETTS (2015) wird das Taxon, das zum weiteren Verwandtschaftskreis der formenreichen *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb. gehört, nicht unterschieden. Die Bestimmung erfolgte nach den z. B. bei WARNSTORF (1906) und NYHOLM (1993) genannten Merkmalen. Nach MEINUNGER & SCHRÖDER (2007b) bildet der Fund auf Hiddensee einen von zwei Nachweisen nach 1980 in Deutschland.

Da die Nomenklatur und insbesondere die Gattungseinteilung von HODGETTS (2015) noch wenig Eingang in die allgemeine Bestimmungsliteratur gefunden hat, geben wir bei stark abweichenden Namen ein Synonym an.

Um Entwicklungstrends der Moosbestände der Arten einzuschätzen, wurden die flächenbezogenen Häufigkeitsangaben aus den einzelnen Kartierperioden wie in Tabelle 1 ersichtlich verarbeitet und die Arten insgesamt fünf auf die gesamte Insel bezogenen Häufigkeitsklassen je Periode zugeordnet.

Die Zuordnung von Beständen zu Häufigkeitsklassen in Verbindung mit spezifischer Festsetzung der Schwellenwerte wurde durch LUDWIG et. al. (2006) für die gutachtliche Untersetzung von Roten Listen eingeführt und soll hier zu vergleichbaren Zwecken verwendet werden. Zu den damit verbundenen Unschärfen vgl. BERG et. al. (2009).

Tab. 1: Methode zur Ermittlung der Häufigkeitsklassen (HK) für die gesamte Insel je Kartierperiode
Table 1: Method to classify the species abundance (Häufigkeitsklassen = HK) in each collection period

2014		1987–1999 (2009)		1924–1964
31 Kartiereinheiten		4 Kartiereinheiten		Für die vorliegenden Literaturdaten erfolgte eine Zuordnung von Häufigkeitsklassen nach folgenden Kriterien: - Angabe der Häufigkeit für Hiddensee - Angabe von Einzelfundorten - Bezeichnung als „Charakterart“ von Pflanzengesellschaften bei FRÖDE (1958) (Klammerangaben der Häufigkeitsklasse sind nur sehr grobe Orientierungen.)
Schätzwert	Verrechnungswert	Schätzwert	Verrechnungswert	
selten	1	vereinzelt	1	
zerstreut	4	zerstreut	4	
häufig	9	verbreitet	9	
		sehr häufig bzw. großflächig	16	
Häufigkeitsklasse (gesamte Insel)	Summe für 31 Kartiereinheiten	Häufigkeitsklasse (gesamte Insel)	Summe für 4 Kartiereinheiten	
Selten (s)	1–2	Selten (s)	1	
Selten bis zerstreut (s-z)	3–10	Selten bis zerstreut (s-z)	2–4	
Zerstreut (z)	11–30	Zerstreut (z)	5–10	
Zerstreut bis häufig (z-h)	31–50	Zerstreut bis häufig (z-h)	11–20	
häufig	>50	häufig	>20	

Die Daten zur Landschaftsstruktur stammen aus dem Landschaftsinformationssystem Mecklenburg-Vorpommern (LINFOS, siehe http://www.lung.mv-regierung.de/insite/cms/umwelt/natur/linfos_portal/linfos_allgemein.htm), speziell aus der Biotop- und Nutzungstypenkartierung (BNTK), die auf Luftbildinterpretationen aus den 1990er Jahren basiert. Die Daten wurden in ArcGIS 10.1 (ESRI 2012) verarbeitet und über den „spatial analysis tool“ verrechnet. Das mittlere Alter der Inselteile wurde aus Karten verschiedener Quellen (FRÖDE 1957/58, JESCHKE et al. 1980, LANGE et al. 1986, MÖBUS 2000, 2001) interpoliert, wobei für den pleistozänen Kern ein Alter von 8000 Jahren (Rückzug des Inlandgletschers) angenommen wurde. Unter Reliefenergie verstehen wir den maximalen Höhenunterschied als Differenz des höchsten und des niedrigsten Punktes eines Rasterfeldes. Die ökologischen Zeigerwerte der Moose basieren auf ELLENBERG et al. (2001), wobei wir insbesondere mittlere ungewichtete Zeigerwerte der einzelnen Rasterfelder für die Bodenreaktion (R) und die Feuchte (F) verwendet haben. Die Gefährdung der Moose richtet sich nach BERG et al. (2009), der Gefährdungsinhalt eines Rasterfeldes errechnet sich aus einer numerischen Wichtung und anschließenden Aufsummierung der jeweiligen Rote-Liste-Kategorien: „ungefährdet“ = 0, „Vorwarnliste“ = 0.5, „Gefährdet“ und „Gefährdung unbekannten Ausmaßes“ = 1, „Stark gefährdet“ und „Extrem selten“ = 2, „Vom Aussterben bedroht“ = 3 (vgl. BERG et al. 2004, BERG et al. 2014).

Die statistischen Auswertungen und Abbildungen wurden mit dem Programm PAST (HAMMER et al. 2001) durchgeführt, als Signifikanzniveau wurde $p=0.05$ festgelegt.

Die Klassifikation bryologisch definierter Landschaftseinheiten Hiddensees erfolgte mit Hilfe einer agglomerativen hierarchischen Clusterung nach WARD (1963). Hierzu wurde eine Distanzmatrix der 31 Rasterfelder der Mooskartierung 2014 mittels euklidischer Distanz berechnet, welche die Unähnlichkeit jedes Rasterfeldes gegenüber jedem anderen Feld auf der Basis der nachgewiesenen Arten repräsentiert. Die Rasterfelder wurden dann auf der Basis der Distanzstruktur mittels Clusterung zu Gruppen zusammengefasst, die jeweils möglichst einheitliche Artenzusammensetzung aufweisen. Für die Beta-Diversität als Maß für

den Artenwechsel von einem Rasterfeld zum nächsten wurde Whittakers Beta berechnet (WHITTAKER 1972).

Ergebnisse

Veränderungen der Moosflora von Hiddensee im 20. Jahrhundert

Die sich über die einzelnen Abschnitte der bryologischen Erforschung Hiddensees ergebenden Artenzahlen sind in Tabelle 2 dargestellt. Während des Treffens 2014 konnten (einschließlich einer Nachmeldung vom November 2014) insgesamt 152 Taxa auf Hiddensee festgestellt werden. Die Zahl der hier insgesamt nachgewiesenen Taxa erhöht sich um 34 auf 201.

Tab. 2: Anzahl der gefundenen Moos-Taxa in den einzelnen Sammelperioden.
Table 2: Number of moss taxa found in each collection period.

Anzahl Taxa	1924–1964	1987–1999(–2010)	2014
Nachweise je Zeitabschnitt	68	148	152
kumulativ		167	201

Die häufigsten Sippen

Folgende Sippen sind auf der Insel Hiddensee aktuell am häufigsten (Rangfolge ermittelt gemäß der Summe der Verrechnungswerte nach Tabelle 1, in Klammern Anzahl der Nachweis-Rasterfelder 2014):

- Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum* (30)
- Brachythecium albicans* (29)
- Ceratodon purpureus* (30)
- Dicranum scoparium* (26)
- Rhytidiadelphus squarrosus* (27)
- Brachythecium rutabulum* (28)
- Campylopus introflexus* (19)

Es handelt sich durchweg um vorrangig am Boden vorkommende Laubmoose. Dieser Befund weist einerseits auf die dominierenden Sandböden, andererseits auf das übliche Vorherrschen von konkurrenzkräftigeren, überwiegend pleurokarpen Laubmoos-Arten. Beide *Brachythecium*-Arten sowie *Campylopus introflexus* wurden für die Periode 1924–1964 noch nicht genannt. Dass *Brachythecium rutabulum* erst an 6. Stelle rangiert, mag als Hinweis auf ein insgesamt niedrigeres Nährstoffniveau auf Hiddensee gewertet werden.

Neufunde

Erwähnenswert ist insbesondere der für Mecklenburg-Vorpommern neue Fund von *Tortella flavovirens*. Diese Art gilt als subozeanisch-submediterranes Florenelement mit disjunkter Verbreitung über die gesamte Nordhalbkugel. In Europa kommt sie vor allem im Süd- und Westteil mit Schwerpunkt im Mittelmeergebiet vor. Nördlichste europäische Funde befinden sich in Irland, Schottland, Südnorwegen und Mittelschweden, im östlichen Europa sind Funde

aus Polen und Ungarn bekannt. Im nördlichen Teil Europas wächst die kalkliebende und salzertragende Art fast ausschließlich an Meeresküsten (AHRENS 2000).

Der Neufund auf Hiddensee gelang M. Manthey am Rand einer flachen Dünensenke an der Südspitze des Gellen, auf stark humosem, kalkhaltigen und bei Hochwasser leicht überfluteten Sand in lückiger Vegetation (Wildschweinumbbruch). Er stellt eine überzeugende Verbindung zwischen schleswig-holsteinischen Küstenfundorten sowie Funden in Polen dar. Mit Laminazellen $<10\ \mu\text{m}$ an der Blattspitze sowie nach oben vergrößerten Blättern sind die Pflanzen wie die meisten bisherigen deutschen Beobachtungen der var. *flavovirens* zuzuordnen (TOUW & RUBERS 1989).

In Mecklenburg-Vorpommern verschollene und besonders gefährdete Arten

Zwei nach der Roten Liste der Moose Mecklenburg-Vorpommerns (BERG et al. 2009) inzwischen landesweit verschollene Arten wurden in der Periode 1924–1964 auf Hiddensee gefunden: *Endogemma caespiticia* (*Jungermannia caespiticia*) und *Ptychostomum cyclophyllum* (*Bryum cyclophyllum*). Von den aktuell „vom Aussterben bedrohten“ Arten sind *Tritomaria exsectiformis* seit 1924–1964 sowie *Pseudocrossidium revolutum* und *Orthotrichum rupestre* seit der floristischen Kartierung 1987–1999 nicht mehr auf der Insel nachgewiesen, während *Sphagnum compactum* und *Sphagnum subsecundum* noch vorhanden sind. Von den „stark gefährdeten“ Arten konnten *Cephaloziella elachista*, *Lophozia ventricosa*, *Odontoschisma sphagni* und *Solenostoma gracillimum* bereits während der floristischen Kartierung nicht wieder gefunden werden, *Dicranum spurium* und *Mesoptychia collaris* (*Leiocolea alpestris*) nicht mehr auf dem Moostreffen 2014. *Drepanocladus polygamus* (*Campylium polygamum*), *Sphagnum auriculatum*, *S. papillosum* und *S. tenellum* haben auf Hiddensee aber heute noch gute Bestände.

Übersicht über Moose mit Bestandsveränderungen

Die Tabelle 3 listet diejenigen Moosarten auf, für die die Auswertung Hinweise auf Bestandsveränderungen erbracht hat (Sortierung: 1 – Trendursachen, 2 – Ab- oder Zunahme, 3 – Artname). Die ermittelten Trends wurden anhand des Verbreitungsbildes der Arten auf Hiddensee sowie der vorliegenden Kartiererfahrungen auf Plausibilität geprüft. Herausgehobene Unsicherheiten (?) beziehen sich bei Trend 1 auf die aus den Literaturdaten ermittelten Häufigkeitsklassen. Bei Trend 2 weist das Fragezeichen in der Regel darauf hin, dass seltene Arten bei Kartierungen leicht übersehen werden und dass häufige, kleine Arten vor allem ruderaler Standorte bei kleineren Kartierrastern überdurchschnittlich abgebildet werden.

Biodiversitätsaspekte der Moosflora von Hiddensee

Die kleinteilige Rasterkartierung bietet sich auch für ökologische Fragestellungen an. Welche Landschaftseigenschaften bestimmen artenreiche und artenarme Rasterfelder? Dabei gilt es zunächst zu berücksichtigen, dass unsere $1\ \text{km}^2$ -Rasterfelder ja auf Grund der Inselform in keinem Fall exakt $1\ \text{km}^2$ Landfläche umfassen. Artenzahl und besiedelbare Flächengröße stehen in einem engen Zusammenhang, wie schon ARRHENIUS (1921) erkannt hat. Zur Visualisierung dieses Zusammenhangs kann man die jeweiligen Artenzahlen und Flächengrößen in einem Regressionsdiagramm mit logarithmischen Achsen darstellen (DENGLE 2009, Abb. 4). Um die Artenzahlen unterschiedlich großer Flächen vergleichen zu können, nutzen wir den α -Index (HOBOM 2000), welcher die relative Abweichung der beobachteten Artenzahlen vom Erwartungswert des Arten-Areal-Modells in doppellogarithmischer Darstellung angibt.

Positive Werte haben einen überdurchschnittlichen, negative Werte eine unterdurchschnittlichen relativen Artenreichtum. Demnach ist das Rasterfeld mit dem höchsten Artenreichtum das Feld 4, gefolgt von den Feldern 8, 19, 22 und 21 (α -Index von 0.27 bis 0.17). Besonders artenarm (α -Index von -0.34 bis -0.19) sind die Rasterfelder 26, 10, 11 und 16. Bei den Feldern 4 (α -Index von 0.27) und 26 (α -Index von -0.34) verstärkt die Kartierungsintensität die Ergebnisse. Ersteres kann als artenreiches Kartierfeld angesehen werden, das zusätzlich

Tab. 3: Moose mit Hinweisen auf Bestandsveränderungen auf der Insel Hiddensee (HK = Häufigkeitsklasse sowie deren Bezeichnung, siehe Tab. 1, – = Art fehlt in der Zeitperiode, < = Zunahme, > = Abnahme, = = keine Bestandsveränderung, ? sowie Angabe in Klammern = besondere Unschärfe bei der Bewertung)

Table 3: Bryophytes with some evidence for changes in their frequency on Hiddensee (HK = Häufigkeitsklasse, see Tab. 1, – = species missing in the time period, < = increase, > = decrease, = = no change, ? and information in parentheses = evaluation uncertain)

Art	Gesamtrend	HK 1924–1964	Trend 1	HK 1987–2009	Trend 2	HK 2014	Trendursache (siehe Diskussion)
<i>Bryum warneum</i>	Abnahme	s	>	–		–	Rückgang feuchter Dünetäler auf Mineralboden und von Feuchtheiden, Vergrasung durch <i>Carex are-</i> <i>naria</i> , z. T. Waldsukzession
<i>Cephaloziella elachista</i>		(z)	>	–		–	
<i>Dicranella cerviculata</i>		–		z	>	s	
<i>Endogemma caespiticia</i> (<i>Jungermannia caespiticia</i>)		(z)	>	–		–	
<i>Gymnocolea inflata</i>		z	=	z-h	>	s	
<i>Heterogemma capitata</i> (<i>Lophozia capitata</i>)		–		z	>	–	
<i>Lophoziopsis excisa</i> (<i>Lophozia excisa</i>)		(z)	>	–		–	
<i>Lophozia ventricosa</i>		z	>	–		–	
<i>Odontoschisma sphagni</i>		(z)	>	–		–	
<i>Pohlia annotina</i>		–		s	>?	–	
<i>Pohla marchica</i>		(z)		s	>?	–	
<i>Ptychostomum cyclophyllum</i> (<i>Bryum cyclophyllum</i>)		(s)	>	–		–	
<i>Scapania irrigua</i>		(z)	>?	s	>	–	
<i>Solenostoma gracillimum</i>		(z)	>	–		–	
<i>Tritomaria exsectiformis</i>		(s)	>	–		–	
<i>Calliergon cordifolium</i>	Zunahme	–	<	s	<	z	Waldsukzession in nährstoff- armen Geländesenken und Dünetälern, Beschattung
<i>Sphagnum fimbriatum</i>		–	<	z	=	z	
<i>Sphagnum palustre</i>		–		–	<	z	
<i>Sphagnum squarrosum</i>		–		s-z	<?	z	
<i>Dicranum spurium</i>	Abnahme	s-z	>	s	>	–	Rückgang offener Dünenvegetation durch nachlassende Übersandung und Humusanreicherung im Oberboden
<i>Polytrichum piliferum</i>		(z)		h	>	s-z	
<i>Ptilidium ciliare</i>		(s)		s	>?	–	
<i>Brachythecium albicans</i>	Zunahme	–	<?	h	=	h	
<i>Campylopus introflexus</i>		–	<	z-h	<	h	
<i>Dicranum polysetum</i>		–	<	s	<	z	
<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>lacunosum</i>		(z)	<?	h	=	h	
<i>Pleurozium schreberi</i>		(z)	<?	z-h	<	h	
<i>Rhynchostegium megapolitanum</i>		–		s-z	<?	h	

Fortsetzung Tab. 3

<i>Encalypta vulgaris</i>	Abnahme	–		s	>	–	nachlassender Weidedruck, geringere Störungsintensität des Oberbodens, Kaninchenrückgang (Konkurrenz pleurokarper Moose)
<i>Hennediella heimii</i> (<i>Desmatodon heimii</i>)		z	=	z	>	s	
<i>Lophocolea minor</i>		–		s	>?	–	
<i>Tortula lindbergii</i> (<i>Pottia lanceolata</i>)		–		s	>?	–	
<i>Tortula protobryoides</i> (<i>Pottia bryoides</i>)		–		s	>?	–	
<i>Brachythecium rutabulum</i>	Zunahme	–	<?	h	=	h	
<i>Homalothecium lutescens</i>		–		s-z	<	z-h	
<i>Dicranum montanum</i>	Zunahme	–		–	<	s-z	Gehölzzunahme und Waldsukzession
<i>Plagiomnium undulatum</i>		–		s-z	<	z	
<i>Orthotrichum affine</i>	Zunahme	–		s-z	<	z	Rückgang sauren Regens (Gehölzzunahme)
<i>Orthotrichum pumilum</i>		–		s	<	s-z	
<i>Ulota bruchii</i>		–		–	<	s-z	
<i>Metzgeria furcata</i>	Zunahme	–		s	<	s-z	Zunahme von Laubwald, Herausbildung von Waldinnenklima (Rückgang sauren Regens)
<i>Orthotrichum cupulatum</i> var. <i>cupulatum</i>	Abnahme	s		s-z	>	–	Unmittelbare Zerstörung (Küstenschutzmaßnahme Neuendorfer Mauer)
<i>Pseudocrossidium revolutum</i>		s	=	s	>	–	
<i>Barbula convoluta</i>	Zunahme	–		s-z	<?	h	Ruderalisierung, Zunahme Tourismus, Kartiermethodik
<i>Barbula unguiculata</i>		–		z	<?	h	
<i>Bryum argenteum</i>		(z)		z	<?	h	
<i>Bryum barnesii</i>		–		–	<?	s-z	
<i>Bryum bicolor</i>		–		s-z	<?	z-h	
<i>Pseudocrossidium hornschuchianum</i>		–		s	<	z-h	
<i>Ptychostomum rubens</i> (<i>Bryum rubens</i>)		–		s	<?	z	
<i>Tortula acaulon</i> (<i>Phascum cuspidatum</i>)		–		s	<?	z	

im Rahmen der Abschlussexkursion durch eine Vielzahl der Teilnehmer besonders gut durchforscht wurde. Letzteres ist erwarteter Weise artenarm und gleichzeitig das einzige Feld, welches bei dem Treffen nur ankartiert werden konnte.

Die auch im Übrigen bestehende Streuung der Daten macht die zu erwartende Tatsache deutlich, dass es noch andere, landschaftsbezogene Erklärungsmuster für artenreiche Rasterfelder gibt. Welches sind diese landschaftlichen Rasterfeld-Eigenschaften auf der Insel Hiddensee? Zur Analyse (Tabelle 4) wurde die Landfläche der Insel in moosreiche Habitate (Wälder, Trockenrasen, Zwergstrauchheiden, Sümpfe und Moore, Kliff und dörflches Mischgebiet), in mäßig moosreiche Habitate (Gewässer, Feuchtgrünland, dörflche Siedlungsgebiete, Abgrabungen) und in moosarme Habitate (Strand, Weißdünen, Salzwiesen, Wirtschaftsgrünland, Verkehrs- und Industrieflächen) unterteilt. Jetzt zeigt sich der Zusammenhang mit dem Artenreichtum nur noch für moosreiche und mäßig moosreiche Habitate, jedoch stärker als für die Gesamtfläche. Die Fläche moosarmer Habitate steht dagegen in keinem signifikanten Zusammenhang mit

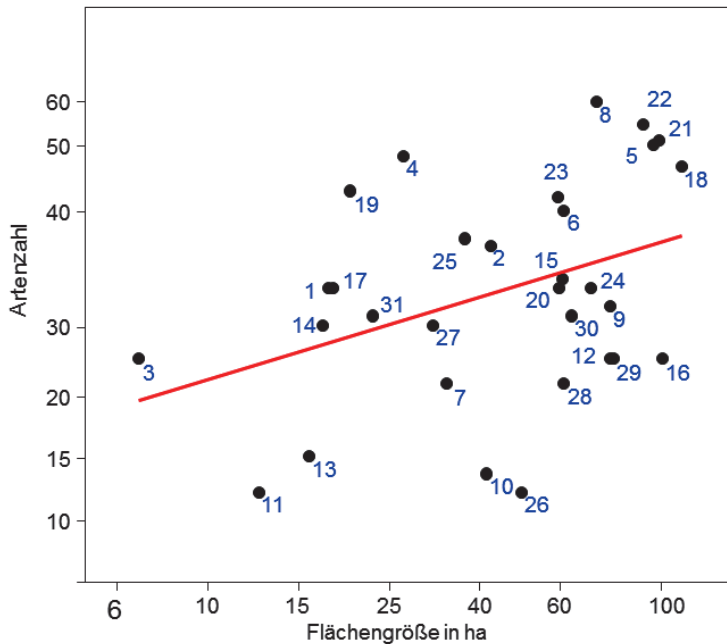


Abb. 4: Art-Areal-Kurve (log-log-Darstellung) der Moosflora der Rasterfelder von Hiddensee. Der Zusammenhang $y=0.222x+1.106$ ist signifikant ($R^2=0.15$, $p=0.03$).

Fig. 4: Species-area curve (log-log plot) of the bryophytes of the mapping grids of Hiddensee. The relationship $y=0.222x+1.106$ is significant ($R^2=0.15$, $p=0.03$).

der flächengewichteten Artenzahl. Noch stärker wird der Zusammenhang, wenn man nicht die Fläche moosreicher Habitate betrachtet, sondern deren Anzahl. Diese kann man als Maß für kleinflächige Habitatdiversität oder auch Nischenreichtum interpretieren, was für die Diversität der Moose also noch wichtiger zu sein scheint als ausreichend geeignete Fläche. Auch die Anzahl aller Habitatflächen einschließlich moosarmer Habitate, ein allgemeines Maß der Landschaftsheterogenität, ist signifikant bedeutsam für den Moosartenreichtum.

Unter den Bedingungen der Insel Hiddensee besteht ferner eine sehr hohe Korrelation des relativen Artenreichtums mit dem geologischen Alter der einzelnen Insel-Bereiche. Dies deutet darauf hin, dass auch die Zeit, die zur Ausprägung einer vielfältigen Habitatstruktur erforderlich ist, für den Artenreichtum der Moose eine Rolle spielt.

Ein weiteres sehr einfaches Maß für Habitatdiversität ist die Reliefenergie. Auch diese zeigt auf Hiddensee einen deutlichen, positiven Zusammenhang mit dem Artenreichtum. Besonders artenreich sind die Rasterfelder am Dornbusch (sehr hohe Reliefenergie) und im Bereich der Dünenheide zwischen Vitte und Neuendorf (geringe, aber immer noch herausgehobene Reliefenergie).

Ein letzter Zusammenhang ergibt sich mit den mittleren Ellenberg-Zeigerwerten für Feuchte. Feuchtezeiger machen also einen großen Teil der Moosvielfalt aus, und das Vorhandensein von Feuchtgebieten ist ein wichtiger Faktor für eine hohe Diversität an Moosen.

In der Abbildung 5 haben wir diese Ergebnisse zu visualisieren versucht. Bei der Interpretation ist zu beachten, dass die Variablen teilweise auch untereinander korrelieren, insbesondere die

Tab. 4: Zusammenhänge der Artenzahl pro Rasterfeld mit verschiedenen Eigenschaften des Rasterfeldes. Rho = Spearmans Rank-Korrelationskoeffizient mit p-Wert für das Signifikanzniveau des Zusammenhangs; Habitat-Daten aus LINFOS (Landschaftsinformationssystem Mecklenburg-Vorpommern), mittlere Zeigerwerte aus ELLENBERG et al. (2001) und Angaben zum geologischen Alter aus Abb.1.

Table 4: Relationships between species number of grid cell and different grid cell features. Rho = Spearman's rank correlation coefficient with p-value for the significance level of the correlation; Habitat data from LINFOS (Landscape Information System Mecklenburg-Vorpommern), mean indicator values for soil reaction and moisture from ELLENBERG et al. (2001), and data for geological age from Fig. 1.

Eigenschaft des Rasterfeldes	Rho	p
Gesamte Landfläche	0.373	0.038
Fläche moosreicher Habitate	0.424	0.018
Fläche mäßig moosreicher Habitate	0.423	0.018
Fläche moosarmer Habitate	0.176	0.344
Anzahl moosreicher Habitate	0.589	0.000
Anzahl mäßig moosreicher Habitate	0.385	0.033
Anzahl moosarmer Habitate	0.222	0.229
Anzahl aller Habitatflächen	0.510	0.003
Geologisches Alter	0.606	0.000
Reliefenergie	0.415	0.010
Ellenberg Zeigerwert R	0.073	0.695
Ellenberg Zeigerwert F	0.511	0.003

Landfläche mit den Habitatwerten (Anzahl und Fläche), und die Anzahl der Habitate mit der Reliefenergie.

Klassifikation von Landschaftseinheiten auf Hiddensee anhand der Moosflora

Aus dem Zusammenhang zwischen Landschaftsstruktur und Moosdiversität ergibt sich die Frage nach den Gemeinsamkeiten und Unterschieden in der Artzusammensetzung der einzelnen Rasterfelder, der sogenannten Beta-Diversität. Diese lässt sich zwischen jeweils zwei Feldern berechnen und in einer Distanzmatrix oder einem Dendrogramm darstellen. Ein Dendrogramm liefert darüber hinaus noch einen hierarchischen Zusammenhang der Ähnlichkeit der Artzusammensetzung der Rasterfelder untereinander, aus dem sich dann eine bryofloristische Gliederung der Naturräume von Hiddensee ableiten lässt (Abb. 6). Zwischen den bryofloristischen Einheiten ist die Beta-Diversität (als Maß für den Wechsel von Arten, „Species-turnover“) besonders hoch, innerhalb der Einheiten eher niedrig.

Die Einheit A kennzeichnet den pleistozänen Kern des Gebietes. Dieser ist nicht nur der älteste Teil von Hiddensee, sondern auch durch natürlich anstehenden Geschiebemergel, basenreiche Lehm Böden und sehr hohe Reliefenergie vom übrigen Teil von Hiddensee unterschieden. Arten, die auf Hiddensee nur an Geschiebemergel-Kliffs vorkommen, wie *Bryoerythrophyllum recurvirostre*, *Bryum gemmiferum*, *Campylidium calcareum* (*Campylium calcareum*), *Dicranella varia*, *Distichum capillaceum*, *Encalypta streptocarpa*, *Mesoptychia badensis* (*Leiocolea badensis*), *M. collaris* (*L. alpestris*), *Plagiochila porelloides* var. *porelloides*, *Ptychostomum pallens* (*Bryum pallens*) oder *Tortula subulata* sind hier exklusiv zu finden, ebenso Arten ba-

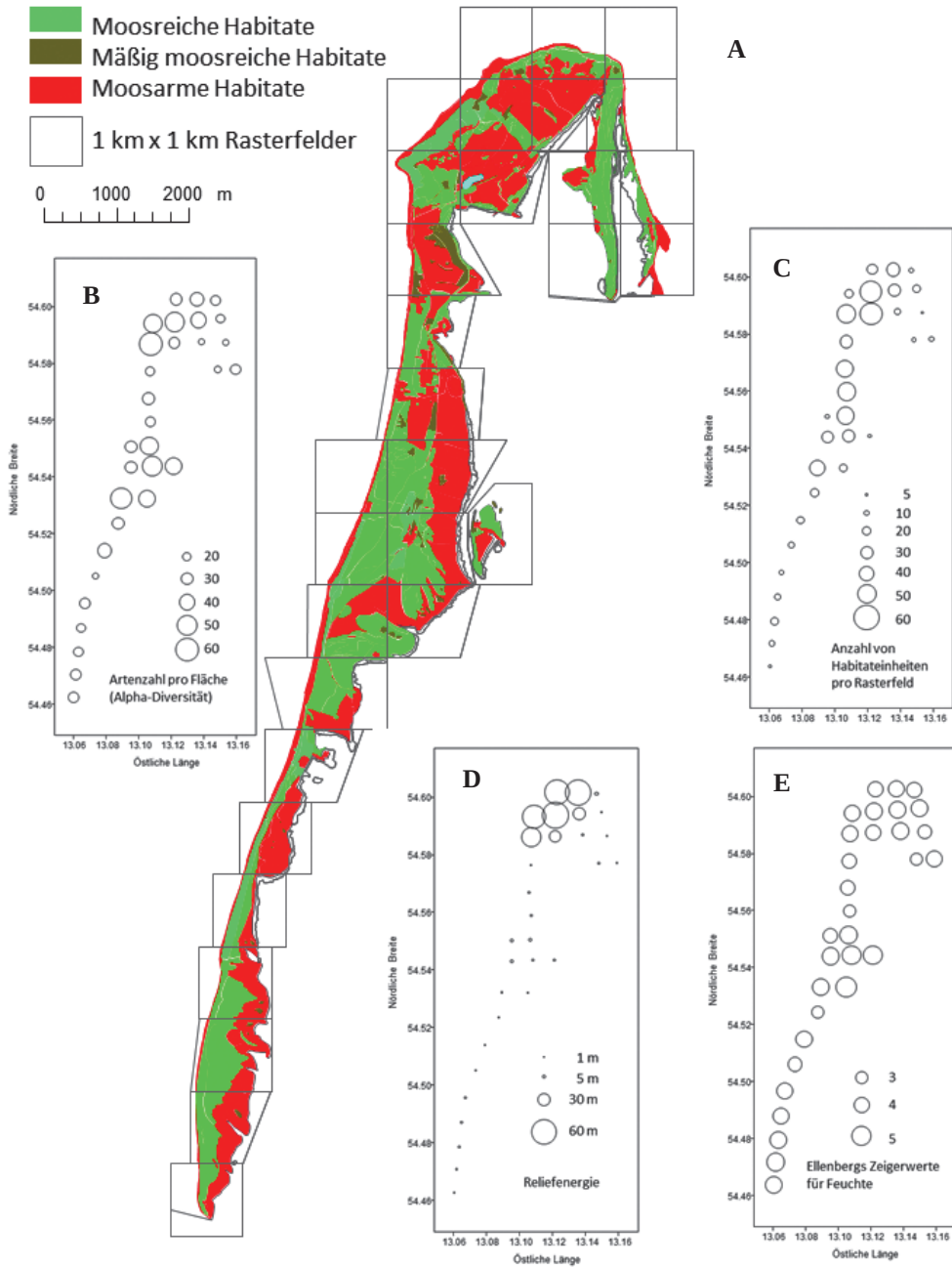


Abb. 5: Verteilung ausgewählter Parameter auf 31 Rasterfeldern der Insel Hiddensee. A) Eignung der Habitate für Moose; B) Artenzahl pro Rasterfeld; C) Anzahl von Habitateinheiten pro Rasterfeld; D) Reliefenergie der einzelnen Rasterfelder; E) Mittelwert der Feuchtezahlen nach Ellenberg (2001) für die auf den einzelnen Rasterfeldern 2014 festgestellten Moosarten.

Fig. 5: Distribution of selected parameters on 31 grid cells of Hiddensee. A) suitability of habitats for bryophytes; B) number of bryophyte species per grid cell; C) number of habitat units per grid cell; D) relief energy of the grid cells; E) mean Ellenberg indicator values for moisture.

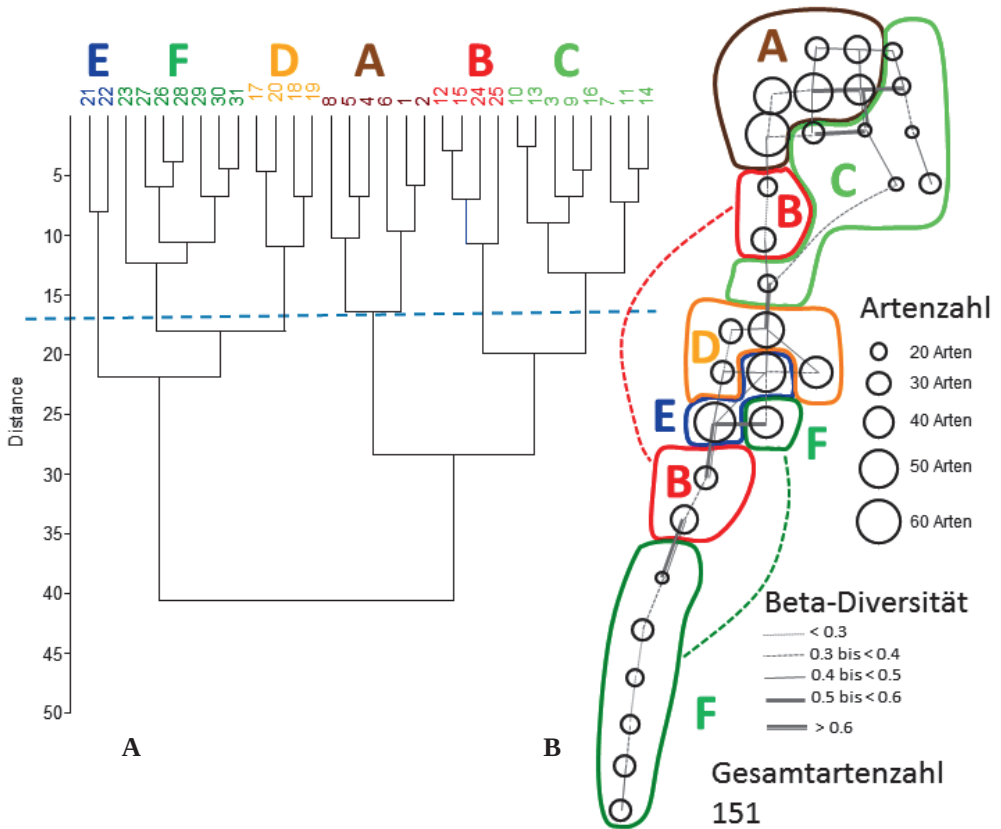


Abb. 6. A) Dendrogramm der Ähnlichkeit der Moosflora von Hiddensee in den 31 Rasterfeldern (Euklidische Distanz, Wardsche Methode), die blaue, gestrichelte Linie kennzeichnet das verwendete Teilungsniveau. B) Schematische Darstellung der Alpha- und Beta-Diversität (Whittakers Beta) der Moosflora von Hiddensee.

Fig. 6. A) Dendrogram of similarity between the moss flora of Hiddensee in the 31 grid cells (Euclidean distance, Ward's method), the blue dashed line indicates the division level. B) Schematic display of the alpha and beta diversity (Whittaker's beta) of the moss flora of Hiddensee.

siphiler Trockenrasen wie *Abietinella abietina*, *Aloina rigida*, *Homalothecium lutescens* oder *Lophocolea minor* und Gesteinsarten wie *Grimmia hartmanii*, *Orthotrichum rupestre* oder *Rhynchostegium murale*. Auch weit verbreitete Arten nährstoff- und basenreicher Standorte wie *Fissidens taxifolius*, *Didymodon insulanus*, *Isothecium alopecuroides*, *Pellia endiviifolia*, *Physcomitrium pyriforme*, *Rhizomnium punctatum* oder *Tortula caucasica* (*Pottia intermedia*) sind auf diesen Raum aktuell beschränkt. Dieser Bereich beherbergt mit der Ortschaft Kloster auch einen alten, vielfältigen Siedlungsraum. Aus diesem Grund teilt er sich einige Arten mit dem Raum B, in dem sich die Ortschaften Vitte und Neuendorf befinden, wenn diese auch auf holozänem Sand gebaut wurden: *Atrichum undulatum*, *Marchantia polymorpha*, *Schistidium crassipilum* und *Orthotrichum anomalum*. Dafür fehlen in diesen beiden Bereichen einige typische Sand- und Heidearten, die ansonsten auf Hiddensee weit verbreitet und häufig sind, wie *Hylocomium splendens*, *Hypnum jutlandicum*, *Leucobryum glaucum*, *Dicranum polysetum* und viele *Sphagnen*. Der Bereich B weist mit *Didymodon rigidulus*, *Ptychostomum imbricatum* (*Bryum caespiticium*), *Syntrichia montana* (*Tortula crinita*) und *Trichodon cy-*

lindricus einige weitere siedlungstypische Arten auf. Der Bereich C ist sehr artenarm, nicht zuletzt durch kleine, reliefarme Flächen, die überwiegend junge Küstenbiotope tragen. Lediglich *Climacium dendroides*, *Hennediella heimii* (*Desmatodon heimii*), *Pohlia wahlenbergii* und *Ptychostomum compactum* (*Bryum algovicum*) haben einen Schwerpunkt in diesem Bereich.

Der Raum D ist der Bereich der Dünenheide, im Westen mit Weißdünen beginnend und nach Osten in Grau- und Braundünen übergehend, bisweilen mit feuchten Dünentälchen. Boddenseitig schließen sich Salzwiesen an, und die Fährinsel als besonderes Mikrobiotop gehört ebenfalls zu diesem Bereich. Typisch sind hier *Polytrichum piliferum* in Graudünen und *Gymnocolea inflata*, *Dicranella cerviculata*, *Sphagnum russowii*, *Cephalozia bicuspidata*, *Polytrichum commune* var. *perigoniale* und *Warnstorfia fluitans* in den feuchten Dünentälchen. Recht ähnlich ist der Raum E, der aber durch den vermoorten Standwallfächer ein einmaliges Biotop enthält, das seine Sonderstellung begründet. Moorarten wie *Calliargon cordifolium*, *Cephalozia connivens*, *Sphagnum molle*, *S. papillosum*, *S. rubellum*, *S. subnitens* und *S. tenellum* sind auf diesen Bereich beschränkt, außerdem kommen in diesem Bereich grundwasser-nahe Gehölzbestände vor, die eine Reihe für Hiddensee ungewöhnlicher Epiphyten beherbergen, wie *Orthotrichum pulchellum*, *O. speciosum*, *Pylaisia polyantha*, *Radula complanata*, *Sanionia uncinata*, *Ulotia crispa* und *U. phyllantha*.

Beim letzten Teil F handelt es sich um den am wenigsten vom Menschen beeinträchtigten, aber von der Habitatstruktur recht einheitlichen südlichen Teil Hiddensees einschließlich des Südgellens. Geprägt wird die Einheit von jungen verdünnten Sandanlagerungen mit ausgedehnten, artenarmen Sandseggen-Beständen und einigen feuchten Dünentälchen, sowie sich boddenseitig anschließenden Brackwasserröhrichten. Hier konnte *Tortella flavovirens* gefunden werden, auch *Campyllum stellatum* ist auf diesen Bereich beschränkt.

Diskussion

Rasterdichte und Kartierungsintensität

Moose und Kryptogamen allgemein sind Organismen, deren Geländeerhebung einen größeren Aufwand erfordert als beispielsweise die Erfassung von Gefäßpflanzen. Die Chance, vorhandene Arten zu übersehen, ist hier besonders groß. Ein frühes Beispiel lieferte Risse (1984), der mit Hilfe einer intensiven, nach 16tel-Quadranten gegliederten Kartierung eines einzigen, bisher kaum von Bryologen beachteten Rasterfeldes im Ruhrgebiet ein überwiegend industriell-städtisch geprägtes Gebiet zu einem der artenreichsten Rasterfelder Nordrhein-Westfalens gemacht hat. Mooszahlen hängen also auch immer von der Kartierungsintensität ab. Obwohl Hiddensee während der floristischen Kartierung Mecklenburg-Vorpommerns von 1985 bis 1999 zu den besser kartierten Gebieten gehörte, konnte die im Oktober 2014 angesetzte „Intensivkartierung“ mit zahlreichen Bryologen aus Norddeutschland weitere 34 Arten für das Gebiet nachweisen. Kleineres Raster bedeutet auch eine höhere Kartierdichte und letztendlich mehr Zeit im Gelände. Unscheinbare Arten, die bei geringer Kartierdichte oft übersehen werden, haben eine größere Chance, gefunden zu werden. Die Einteilung in 1 km × 1 km Rasterfelder bringt darüber hinaus die Möglichkeit einer Auswertung in der ökologisch-topischen Dimension, bei der die Landschaftsstruktur am Standort wesentlich besser ausgewertet werden kann als bei den üblichen 5 km × 5 km Rastern, die sich überwiegend biogeographisch-chorisch auswerten lassen. Es wird also bei den Moosen immer so bleiben, dass scheinbar „abgesuchte“ Gebiete Neufunde bereithalten können. Dies muss nicht zwingend etwas mit Florenveränderung zu tun haben, sondern kann seine Ursachen auch darin haben, dass Arten im Gelände übersehen werden.

Veränderungen der Moosflora Hiddensees und ihre Ursachen

Die deutlichsten Veränderungen in der Moosflora betreffen das Dünengebiet zwischen Vitte und Neuendorf, den angrenzenden Strandwallfächer und in geringerem Ausmaß (wegen geringerer ursprünglicher Ausstattung) den Gellen. Von einem empfindlichen Rückgang betroffen sind in erster Linie konkurrenzschwache Arten der Dünentäler und Feuchtheiden. REMKE & BLINDOW (2011) haben gezeigt, dass die von FRÖDE (1958) in den Jahren 1935 bis 1938 kartierten Feuchtheiden in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts durchschnittlich ca. 5% der Dünengebiete einnahmen. 1990 waren sie bis auf wenige Restflächen verschwunden. In der Moosflora korrespondiert mit diesem Prozess eindrucksvoll der weitgehende Verlust von Lebermoos-Arten. Elf an derartige Standorte gebundene Lebermoose werden noch von FRÖDE aufgeführt (vgl. Tabelle 3), vier wurden in den 1990er Jahren kartiert, 2014 konnten noch zwei dieser Arten (*Gymnocolea inflata* und *Fossombronina foveolata*) gefunden werden. Auch der Fundort von *Pohlia marchica* wurde 2014 nicht wieder bestätigt.

Die üblicherweise für den Artenrückgang in Feuchtbiotopen genannten Ursachen treten auf Hiddensee in den Hintergrund. Die Standorte unterlagen keinerlei unmittelbaren Entwässerungsmaßnahmen, und Stickstoffeinträge fallen mit $6\text{--}8 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ nasser Deposition moderat aus (REMKE & BLINDOW 2011). Vielmehr ist vorrangig eine Reduzierung der äolischen Dünenverlagerung, begünstigt durch die Pflanzung von Küstenschutzwald und das Aufkommen weiterer Gehölze, ausschlaggebend für den Rückgang der Pioniervegetation und der konkurrenzschwachen Moosarten der Dünentäler und Feuchtheiden. Abbildung 7 zeigt diese Prozesse beispielhaft über einen Zeitraum von knapp 8 Jahren. Mit stabileren Vegetationsverhältnissen setzt die Sukzession Richtung Dünenwald ein (REMKE & BLINDOW 2011). Konkurrenzstärkere Elemente dieser Lebensräume, insbesondere im Bereich des Strandwallfächers, haben demgegenüber wesentlich weniger Verluste zu verzeichnen. So sind z. B. in der Gruppe der Torfmoose praktisch keine Verluste nachweisbar; heute sind mehr, einschließlich der landesweit gefährdeten Arten hier zu finden als zu Frödes Zeiten.

Diese Beobachtung führt zu der Frage, in welche Richtung sich die feuchten Dünentäler entwickelt haben. REMKE & BLINDOW (2011) geben Hinweise, dass im Dünengebiet zwischen Vitte und Neuendorf vor allem Birken-Gehölze sowie im Bereich des Gellen hochwüchsige Grasfluren mit *Carex arenaria* die feuchten Dünentäler abgelöst haben. Während letztere kaum noch Raum für Moose lassen, lässt sich die Zunahme einiger mesotraphenter Torfmoos-Arten sowie von *Calliergon cordifolium* auf Prozesse der Gehölzsukzession sowie die damit verbundene Beschattung und Vermehrung der organischen Bodensubstanz zurückführen. Auch die Zunahme des Epiphyten *Dicranum montanum* sowie des Bodenmooses *Plagiomnium undulatum* im Bereich der Dünenheide dürften mit der Gehölzentwicklung im Zusammenhang stehen.

Auf den trockenen Dünenfeldern und -kuppen wirkt sich die nachlassende Übersandung ebenfalls in einer Festlegung der Oberfläche und Vegetationsstabilisierung aus. Für diesen Prozess ist der extreme Rückgang von *Dicranum spurium* besonders charakteristisch, der an der ganzen Küste von Mecklenburg-Vorpommern konstatiert werden muss. Dass auf Hiddensee sogar eine gewisse Abnahme der an sekundären Standorten häufigen Art *Polytrichum piliferum* auf die Dünenfestlegung hinweist, ist ein etwas überraschender Befund.

Auf der anderen Seite wird die Festlegung der trockenen Dünen durch die Zunahme konkurrenzkräftiger Sandarten gekennzeichnet. Beispiele sind *Brachythecium albicans* und *Dicranum polysetum*, die früher sicher oft übersehene Art *Rhynchostegium megapolitanum* sowie insbesondere der Neophyt *Campylopus introflexus*. Der eindrucksvolle Ausbreitungsprozess von



Abb. 7: Ein Luftbild-Ausschnitt aus der südlichen Dünenheide, links Januar 2006, rechts Juni 2013. Trotz der unterschiedlichen Jahreszeit sind die Abnahme offener Flächen und die Verdichtung der Gehölzbestände gut zu erkennen. © 2015 Google Earth, DigitalGlobe.

Fig. 7: An aerial image showing details of the southern Dünenheide, left January 2006, right June 2013. Despite the different seasons, the decrease of pioneer habitats and the increase of woodland are clearly visible. © 2015 Google Earth, DigitalGlobe.

Campylopus introflexus wurde im Untersuchungsgebiet auch hinsichtlich seiner zooökologischen Auswirkungen untersucht (SCHIRMEL 2011, SCHIRMEL et al. 2011a, SCHIRMEL & BUCHHOLZ 2013).

Auf dem Endmoränenkern des Dornbusch sowie in den boddennahen Bereichen des Ostufers der Insel bestehen die Veränderungen vor allem in einer Reduzierung des Beweidungsdruckes. Dies führt – ganz ähnlich wie in den Dünengebieten – zum Rückgang von Pionierelementen in der Moosvegetation und zur Zunahme konkurrenzkräftiger Arten. Selbst wenn *Hennediella heimii* (*Desmatodon heimii*) im Bereich der Hiddenseer Salzwiesen nie wirklich häufig gewesen ist – sie bevorzugt kalkreiche, eher lehmige, salzbeeinflusste Substrate (MARSTALLER 2010) – hat der Rückgang von Störstellen in der Vegetationsdecke sie weiter zurückgedrängt.

Zumindest auf den Lehm Böden des Dornbusch ist darüber hinaus das fast vollständige Aussterben der Kaninchen in den 1980er Jahren als Grund für das geringere Angebot an Pionierstandorten zu nennen. Folgen für die Moosflora sind die Abnahme von *Encalypta vulgaris* und weiterer Magerrasenarten sowie – in Verbindung mit dem geringeren Nutzungsdruck – die Zunahme u. a. von *Homalothecium lutescens*.

Die allgemeine Zunahme der Rindenepiphyten nach dem Rückgang saurer Niederschläge fällt auf Hiddensee geringer als erwartet aus. Lediglich ein Weidensumpf nördlich von Neuendorf im Wind- und Salzaerosol-Schatten des Küstenschutzwaldes erwies sich als artenreiches Epiphytenhabitat. Im Übrigen scheint vor allem die Windexposition die Herausbildung reicher Epiphytenvegetation der Moose zu behindern.

Das Waldgebiet des Dornbusch ist noch jung, Laubwaldanteile erst vor kurzer Zeit aus Nadelwäldern hervorgegangen. In der Moosflora wird diese Tatsache z. B. durch das geringe, ausschließlich epiphytische und erst 2014 nachgewiesene Vorkommen von *Isoetecium alopecuroides* unterstrichen. Eine gewisse Zunahme des Epiphyten *Metzgeria furcata* zeigt ebenfalls an, dass die Besiedelung mit laubwaldtypischen Moosen noch anhält.

Die Bedeutung der Insel Hiddensee für die Moosflora Norddeutschlands

Neben den erwähnten floristischen Besonderheiten beherbergt Hiddensee größere und derzeit noch stabile Populationen von Arten, die auf der Roten Liste der Moose Mecklenburg-Vorpommerns (BERG et al. 2009) stehen. Wir haben den Anteil gefährdeter Arten mit Hilfe des „Gefährdungsinhaltes“ visualisiert (Abb. 8). Hier sticht jetzt das Gebiet der Dünenheide einschließlich des südlich der Heiderose liegenden Standwallfächers durch eine besonders hohe Anzahl gefährdeter Arten hervor. Wir möchten hier den von Fröde bereits frühzeitig gemachten Aufruf zum Schutz dieses einmaligen Gebietes (FRÖDE 1964) noch einmal betonen. Rückgänge in der Artenzahl, besonders bei den Lebermoosen, zeigen, dass es schleichende Veränderungen gibt, die von einer Unterschutzstellung allein – ob als Nationalpark oder als Naturschutzgebiet – nicht aufgehalten werden können. Hier bedarf es eines an die besondere Ökologie und Artausstattung des Gebietes angepassten Managementkonzeptes.

Auffällig ist ferner das kontinuierliche Anwachsen des „Gefährdungsinhaltes“ der Moosarten mit dem abnehmenden Alter der Sandnehrungen in Richtung der Südspitze der Insel. Es zeigt das Vorkommen gefährdeter Moose sowohl von sauren als auch basischen Feuchtstandorten an, wird im südlichsten Feld auch von dem Vorkommen *Tortella flavovirens* bestimmt und weist – wenn auch auf niedrigem Niveau des „Gefährdungsinhaltes“ – auf die Naturschutzbedeutung junger Küstenanlandungen hin.

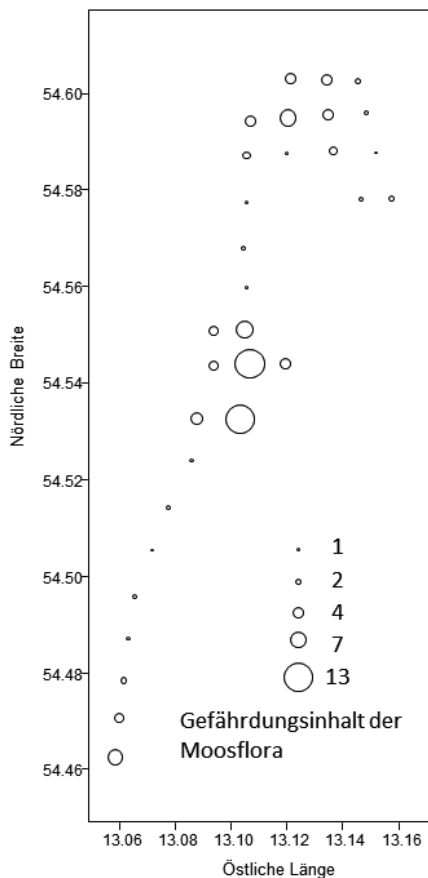


Abb. 8: Gefährdungsinhalt der Moosflora pro Rasterfeld, errechnet aus der Anzahl von Rote-Liste-Arten gewichtet nach einem numerischen Wert für die Rote-Liste-Kategorien.

Fig. 8: “Relevance for species conservation” per grid, calculated from the number of Red List species weighted by a numerical value for the Red List categories.

Vergleicht man Hiddensee im Hinblick auf den relativen Artenreichtum mit anderen Inseln im norddeutschen Raum, so ergeben sich interessante Erkenntnisse (Abb. 9). Die Gerade zeigt an, dass die Insel Rügen (α -Index -0.05) und die Insel Rügen (α -Index 0.03) in etwa den gleichen relativen Artenreichtum aufweisen, obwohl Rügen mit der Halbinsel Jasmund einen bryologischen Hotspot europäischer Dimension besitzt (ECCB 1995, BERG et al. 2000). Die Steigung der Regressionsgraden ist mit 0.24 ein durchschnittlicher Wert, wie er auch für Gefäßpflanzen und Festlandsgebiete errechnet werden kann (HOBOM 2000). Überdurchschnittlich artenreich sind in der Ostsee die beiden Naturschutzinseln Vilm (α -Index 0.35) und Hiddensee (α -Index 0.24), in der Nordsee die Inseln Borkum (α -Index 0.24) und Langeoog (α -Index 0.23). Die überwiegend agrarisch geprägten, reliefarmen Inseln Poel (α -Index -0.19), Fehmarn (α -Index -0.20) und Ummanz (α -Index -0.29) liegen dagegen weit unter dem Durchschnitt. Tiefpunkt des Artenreichtums sind Mellum (α -Index -0.30) und Memmert (α -Index -0.77, nur 11 Moose auf 5 km²), die beide erst im 20. Jahrhundert aus einer Sandbank im Watt hervorgegangen sind und von artenarmen Dünen und Marsch-Grünland bedeckt sind. Bemerkenswert ist noch, dass Hiddensee und Langeoog nicht nur ungefähr gleich groß sind, sondern auch nahezu gleich viele Moose beherbergen, obwohl die Ostseeinsel mit Endmoränenkern und Sandnehrungen geologisch diverser aufgebaut ist als die Dünen- und Sandinsel in der Nordsee. Die Auswahl unterstreicht die herausragende Rolle, welche Hiddensee im Hinblick auf die Moosflora spielt.

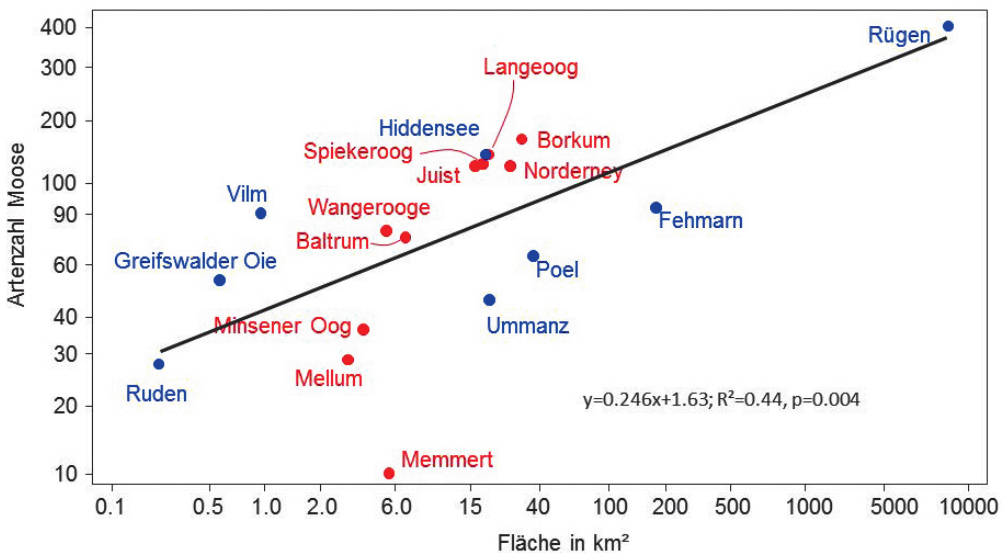


Abb. 9: Artenzahl-Areal-Beziehung verschiedener Inseln der Nordsee (rot) und Ostsee (blau) in Hinblick auf die Moosflora. Daten der Nordsee (Ostfriesische Inseln) aus HOMM (2008), Daten der Ostsee (einschließlich Hiddensee) aus der Floristischen Datenbank für Mecklenburg-Vorpommern, sowie aus DE BRYUN (1995, Vilm) und SCHULZ & DENGLER (2006, Fehmarn).

Fig. 9: Species-area relationship of various northern Germany islands of the North Sea (red) and the Baltic Sea (blue) regarding bryophyte species. Data of the North Sea (East Frisian Islands) from HOMM (2008), data of the Baltic Sea (including Hiddensee) from the floristic database for Mecklenburg-Vorpommern, as well as from DE BRYUN (1995, Vilm) and SCHULZ & DENGLER (2006, Fehmarn).

Dank

Wir danken Frau Dr. Regine Stordeur (Halle) für ihr jahrelanges Engagement für die Zeitschrift *Herzogia* und ihre Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses in der Kryptogamenkunde. Wir widmen ihr diese Arbeit zu ihrem 65. Geburtstag.

Unser Dank gilt auch den im Text genannten übrigen Teilnehmern am Moostreffen Hiddensee 2014 für die Mithilfe bei der Kartierung und das Überlassen ihrer Daten. Weiterhin danken wir Frau Jacqueline Sambale vom Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie in Güstrow für GIS-Arbeiten bei der Vorbereitung der Kartierung 2014 und bei der Auswertung sowie Frau Karin Schmidt und Frau Vilma Schmidt vom Staatlichen Amt für Landwirtschaft und Umwelt Rostock für Auskünfte bezüglich des LINFOS Mecklenburg-Vorpommern und zum Küstenschutz auf Hiddensee.

Für die Ausnahmegenehmigung zum Betreten aller Teile der Insel Hiddensee danken wir dem Nationalparkamt Vorpommern in Born/Darß.

Wir gedenken auch des im Februar 2015 viel zu früh gestorbenen niedersächsischen Bryologen und Lichenologen Uwe de Bruyn, der durch seine Teilnahme an den Mooskartierungstreffen und seine Arbeit über die Moosflora der Insel Vilm wertvolle Beiträge zur Kenntnis der Moosflora Mecklenburg-Vorpommerns lieferte.

Literatur

- AHRENS, M. 2000. Pottiaceae. – In: NEBEL, M. & PHILIPPI, G. (Hrsg.). Die Moose Baden-Württembergs. Bd. 1. S. 230–370. – Stuttgart: Eugen Ulmer.
- AHRENS, M. 2001. Bryaceae. – In: NEBEL, M. & PHILIPPI, G. (Hrsg.). Die Moose Baden-Württembergs. Bd. 1. S. 9–107. – Stuttgart: Eugen Ulmer.
- ARRHENIUS, O. 1921. Species and area. – *J. Ecol.* **9**: 95–99.
- BERG, C., ABDANK, A., ISERMANN, M., JANSEN, F., TIMMERMANN, T., & DENGLE, J. 2014. Red Lists and conservation prioritization of plant communities – a methodological framework. – *Appl. Veg. Sc.* **17**: 504–515.
- BERG, C., DENGLE, J., ABDANK, A. & ISERMANN, M. (eds) 2004. Die Pflanzengesellschaften Mecklenburg-Vorpommerns und ihre Gefährdung – Textband. – Jena: Weissdorn.
- BERG, C., HOMM, T., LINKE, C., MANTHEY, M., MEINUNGER, L., PREUSSING, M., RÄTZEL, S., SIEMSEN, M. & WIEHLE, W. 2000. Zur Moosflora der Stubnitz und der Insel Rügen – Bericht vom 20. Kartierungstreffen der Moosfloristen Mecklenburg-Vorpommerns in Binz auf Rügen vom 8.–11. Oktober 1998. – *Bot. Rundbr. Meckl.-Vorp.* **34**: 133–140.
- BERG, C., LINKE, C., & WIEHLE, W. 2009. Rote Liste der Moose (Bryophyta) Mecklenburg-Vorpommerns. 2. Fassung. – Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.). – Schwerin: Turo-Print.
- BERG, C., WIEHLE, W. & MEINUNGER, L. 1992. Neue und bemerkenswerte Moosfunde aus Mecklenburg-Vorpommern und den angrenzenden Gebieten. – *Bot. Rundbr. Meckl.-Vorp.* **24**: 67–71.
- BLINDOW, I. 2008. Die Lebensräume Hiddensees und ihre Besonderheiten für die Vogelwelt. – In: BENKE, H. (ed.). Die Vogelwelt der Insel Hiddensee. – Meer und Museum **21**: 35–50.
- BÜRGNER, O. 1924. Beiträge zur Moosflora Neuvorpommerns. – *Abh. Ber. Pomm. Naturforsch. Ges.* **4**: 68–69.
- BÜRGNER, O. 1925. Über die Verbreitung der Astmoose (Gattung *Hypnum*) in Neuvorpommern. – *Abh. Ber. Pomm. Naturforsch. Ges.* **6**: 25–28.
- BÜRGNER, O. 1926. Bryologisches aus Neuvorpommern. – *Abh. Ber. Pomm. Naturforsch. Ges.* **7**: 95–104.
- BÜRGNER, O. 1927. Weitere bryologische Beobachtungen aus Neuvorpommern. – *Abh. Ber. Pomm. Naturforsch. Ges.* **8**: 61–63.
- BÜRGNER, O. 1929. Zur Laubmoosflora von Neuvorpommern und Rügen. – *Abh. Ber. Pomm. Naturforsch. Ges.* **10**: 13–20.
- BÜRGNER, O. 1933. Weitere bryologische Beobachtungen aus Neuvorpommern und Rügen. – *Abh. Ber. Pomm. Naturforsch. Ges.* **12**: 13–18.
- BÜRGNER, O. 1939. Bryologische Beobachtungen aus Vorpommern. – *Abh. Ber. Pomm. Naturforsch. Ges. (Dohniana)* **18**: 97–99.
- DE BRYUN, U. 1995. Die Moosflora und -vegetation des NSG „Insel Vilm“. – *Bot. Rundbr. Meckl.-Vorp.* **27**: 87–102.
- DENGLE, J. 2009. Which function describes the species-area relationship best? A review and empirical evaluation. – *J. Biogeogr.* **36**: 728–744.
- DURING, H. & SIEBEL, H. 2006. Beknopte Mosflora van Nederland en België. – Utrecht: KNNV Uitgeverij.
- ECCB [European Committee for the Conservation of Bryophytes] 1995. Red Data Book of European Bryophytes. – Trondheim: ECCB.
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V. & WERNER, W. 2001. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 3. Auflage. – *Scr. Geobot.* **18**: 1–258.

- ESRI 2012. ArcGIS Desktop: Release 10.1. – Redlands: Environmental Systems Research Institute.
- EU (European Union) 1992. Richtlinie 92/43/EWG des Rates der Europäischen Union vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. – Amtsblatt L 206 vom 22.7.1992. Link: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:DE:PDF>.
- FAUST, M. 2001. Das Capri von Pommern. Geschichte der Insel Hiddensee von den Anfängen bis 1990. – Rostock: Ingo Koch Verlag.
- FRÖDE, E. T. 1949. Die Pflanzengesellschaften der Insel Hiddensee. – Inaugural-Dissertation, EMAU Greifswald.
- FRÖDE, E. T. 1958 [„1957/58“]. Die Pflanzengesellschaften der Insel Hiddensee. – Wiss. Z. Ernst Moritz Arndt Univ. Greifswald, Math. nat. R. 7: 277–305.
- FRÖDE, E. T. 1961. Die Sukzessionen der Pflanzengesellschaften der Insel Hiddensee im Laufe der letzten 25 Jahre. – Forschungsbericht, Biologische Station Hiddensee.
- FRÖDE, E. T. 1964. Schützt die Dünenheide auf der Insel Hiddensee. – Naturschutzarb. Meckl. 7: 9–14.
- FUKAREK, F. & HENKER, H. [HENKER, H. & BERG, C. (Hrsg.)] 2006. Flora von Mecklenburg-Vorpommern. Farn- und Blütenpflanzen – Jena: Weissdorn-Verlag.
- HAMMER, Ø., HARPER, D. A. T. & RYAN, P. D. 2001. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. – *Palaeontologica Electronica* 4: 1–9.
- HODGETTS, N. G. 2015. Checklist and country status of European bryophytes – towards a new Red List for Europe. – *Irish Wildlife Manuals* 84: 1–130.
- HOBOM, C. 2000. Biodiversität. – Wiebelsheim: Quelle & Meyer.
- HOMM, T. 2008. Die Moose der Ostfriesischen Inseln (Bryophyta). – Schriftenreihe Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer 11: 61–72.
- ISERMANN, M. 1996. Vegetationszonierung auf dem Darß und auf dem Gellen an der Ostseeküste Mecklenburg-Vorpommerns. – Abhandl. Naturwiss. Vereins Bremen 43: 551–556.
- JESCHKE, L., KLAFS, H., SCHMIDT, H. & STARKE, W. 1980. Handbuch der Naturschutzgebiete der DDR. Die Naturschutzgebiete der Bezirke Rostock, Schwerin und Neubrandenburg. – Leipzig: Urania.
- KOPERSKI, M., SAUER, M., BRAUN, W. & GRADSTEIN, S. R. 2000. Referenzliste der Moose Deutschlands. – *Schriften. Vegetationsk.* 34: 1–519.
- KORP, C. 2008. Vegetationsdynamik und Naturschutzkonflikte im Nationalpark „Vorpommersche Boddenlandschaft“ am Beispiel des Dornbusch. – Diplomarbeit, Universität Greifswald.
- LFG MV (Landesamt für Forsten und Großschutzgebiete Mecklenburg-Vorpommern) 2002. Nationalparkplan Vorpommersche Boddenlandschaft – Leitbild und Ziele. – Schwerin: Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft.
- LANGE, E., JESCHKE, L. & KNAPP, H. D. 1986. Die Landschaftsgeschichte der Insel Rügen seit dem Spätglazial. – *Schriften zu Ur- und Frühgeschichte* 38: 1–174.
- LUDWIG, G., HAUPT, H., GRUTTKE, H. & BINOT-HAFKE, M. 2006. Methodische Anleitung zur Erstellung Roter Listen gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze. – *BfN-Skripten* 191: 1–97.
- MARSTALLER, R. 2010. Das Pottietum heimii – Soziologie, Ökologie und Verbreitung in Mitteldeutschland. – *Herzogia* 23: 159–170.
- MEINUNGER, L. & SCHRÖDER, W. 2007a. Verbreitungsatlas der Moose Deutschlands. Bd. 1. – Regensburg: Regensburgische Botanische Gesellschaft.
- MEINUNGER, L. & SCHRÖDER, W. 2007b. Verbreitungsatlas der Moose Deutschlands. Bd. 2. – Regensburg: Regensburgische Botanische Gesellschaft.
- MLUV MV (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern) 2009. Regelwerk Küstenschutz Mecklenburg-Vorpommern – Übersichtsheft. – Schwerin. Link: http://service.mvnet.de/_php/download.php?datei_id=111879.
- MÖBUS, G. 2000. Geologie der Insel Hiddensee (südliche Ostsee) in Vergangenheit und Gegenwart – eine Monographie. – Greifswalder Geowissenschaftliche Beiträge 8: 1–150.
- MÖBUS, G. 2001. Wie Hiddensee zur Insel wurde. Aus der geologischen Vergangenheit und Gegenwart. – Schwerin: Thomas Helms Verlag.
- MÜLLER, F. 1996. Bemerkenswerte Moosfunde aus Mecklenburg Vorpommern. – *Bot. Rundbr. Meckl.-Vorp.* 29: 153–156.
- MÜLLER, K. 2011. Einfluss von Verbuschung auf Vegetation und Mikroklima am Beispiel eines Trockenrasens im Dornbuschgebiet, Hiddensee. – Diplomarbeit, Universität Greifswald.
- NYHOLM, E. 1993. Illustrated Flora of Nordic Mosses, Fasc. 3: Bryaceae – Plagiomniaceae, Pp. 145–244. – Lund: Nordic Bryological Society.
- PATON, J. A. 1999. The Liverwort Flora of the British Isles. – Colchester: Harley Books.
- PIETZSCH, D., OCHSNER, S., MANTILLA-CONTRERAS, J. & HAMPICKE, U. 2013. Low-intensity husbandry as a cost-efficient way to preserve dry grasslands. – *Landscape Research* 38: 523–539.

- REMKE, E. 2003. Vegetationsökologischer Vergleich von Heidegebieten der Insel Hiddensee, Mecklenburg-Vorpommern. – Diplomarbeit, Universität Greifswald.
- REMKE, E. S. & BLINDOW, I. 2011. Site specific factors have an overriding impact on Baltic dune vegetation change under low to moderate N-deposition-a case study from Hiddensee island. – J. Coast. Conserv. **15**: 87–97.
- RETZLAFF, W. 2011. Veränderung von Vegetation und Bodeneigenschaften im Zuge der Verbuschung von Extensivgrünland mit drei Straucharten auf der Insel Hiddensee. – Diplomarbeit, Universität Göttingen.
- RISSE, S. 1984. Die Moosflora der Umgebung von Velbert (TK 4608) Nordrhein-Westfalen. – Essen: Selbstverlag.
- SCHIRMEL, J. 2011. Response of the grasshopper *Myrmeleotettix maculatus* (Orthoptera: Acrididae) to invasion by the exotic moss *Campylopus introflexus* in acidic coastal dunes. – J. Coast. Conserv. **15**: 159–162.
- SCHIRMEL, J. & BUCHHOLZ, S. 2013. Invasive moss alters patterns in life-history traits and functional diversity of spiders and carabids. – Biol. Invas. **15**: 1089–1100.
- SCHIRMEL, J. & FARTMANN, T. 2014. Coastal heathland succession influences butterfly community composition and threatens endangered butterfly species. – J. Insect Conserv. **18**: 111–120.
- SCHIRMEL, J., BLINDOW, I. & FARTMANN, T. 2010. The importance of habitat mosaics for Orthoptera (Caelifera and Ensifera) in dry heathlands. – Eur. J. Entomol. **107**: 129–132.
- SCHIRMEL, J., TIMLER, L. & BUCHHOLZ, S. 2011a. Impact of the invasive moss *Campylopus introflexus* on carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) in acidic coastal dunes at the southern Baltic Sea. – Biol. Invas. **13**: 605–620.
- SCHIRMEL, J., MANTILLA-CONTRERAS, J., BLINDOW, I. & FARTMANN, T. 2011. Impacts of succession and grass encroachment on heathland Orthoptera. – J. Insect Conserv. **15**: 633–642.
- SCHIRMEL, J., BLINDOW, I. & BUCHHOLZ, S. 2012. Life-history trait and functional diversity patterns of ground beetles and spiders along a coastal heathland successional gradient. – Basic Appl. Ecol. **13**: 606–614.
- SCHIRMEL, J., MANTILLA-CONTRERAS, J., GAUGER, D. & BLINDOW, I. 2015. Carabid beetles as indicators for shrub encroachment in dry grasslands. – Ecol. Indicators **49**: 76–82.
- SCHUBERT, R. 1993. Vegetationsdynamik von Küstenheiden auf Hiddensee nach Brand und Abplaggen. – Fragm. Florist. Geobot., Suppl. **2**: 557–575.
- SCHULZ, F. & DENGLE, J. (Hrsg.) 2006. Verbreitungsatlas der Moose in Schleswig-Holstein und Hamburg. – Flintbeck: Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein.
- TOUW, A. & RUBERS, W. V. 1989. De Nederlandse Bladmossen. – Utrecht: Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging.
- WARD, J. H. 1963. Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. – J. Am. Stat. Ass. **58**: 236–244.
- WARNSTORF, C. 1906. Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. Bd. 2. – Leipzig: Borntraeger.
- WHITTAKER, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. – Taxon **21**: 213–251.
- WIEHLE, W. & BERG, C. 2000. Neue und bemerkenswerte Moose aus Mecklenburg-Vorpommern II. – Limprichtia **14**: 17–20.

Manuskript angenommen / manuscript accepted: 01. September 2015.

Anschriften der Verfasser / addresses of the authors

Christian Berg, Institut für Pflanzenwissenschaften, Universität Graz, Holteigasse 6, 8010 Graz, Österreich. E-mail: christian.berg@uni-graz.at

Christoph Linke, Am alten Bahndamm 5, 17192 Kargow, Deutschland.

Thomas Homm, Dalsper 12, 26931 Elsfleth, Deutschland.

Michael Manthey, Institut für Botanik und Landschaftsökologie, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Soldmannstraße 15, 17487 Greifswald, Deutschland.

Irmgard Blindow, Biologische Station Hiddensee, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Biologenweg 15, 18565 Kloster, Deutschland.