

# **Beziehungen zwischen der Artenvielfalt von Gefäßpflanzen, Moosen und Flechten in Trockenrasen der Insel Öland (Schweden)**

– Swantje Löbel, Uppsala, Jürgen Dengler & Carsten Hobohm, Lüneburg –

## **1 Einleitung**

Die Alvare Ölands und Gotlands stellen die vegetationsgeographisch und floristisch herausragenden Trockengebiete Skandinaviens dar (DIERBEN 1996: 618). Die Flora Ölands vereint zahlreiche Sippen, die auf der Insel den Rand ihres Verbreitungsareal erreichen oder aber disjunkte Vorkommen besitzen. Die meisten von ihnen sind an Trockenrasengesellschaften gebunden, insbesondere die des Großen Alvars. Zahlreiche Studien beschäftigen sich mit der Artenvielfalt der öländischen Alvargesellschaften (z. B. VAN DER MAAREL 1988, VAN DER MAAREL & SYKES 1993, HUBER 1994, 1999), wobei der Fokus bislang jedoch bei den Gefäßpflanzen lag. Generell existieren nur relativ wenige Studien, die sich mit den ursächlichen Zusammenhängen der Artendiversität von Kryptogamen beschäftigen: Welche Einflussfaktoren sind von Bedeutung? Wie verhalten sich Gefäßpflanzen- und Kryptogamenartenvielfalt zueinander? Welche Unterschiede gibt es hinsichtlich der Verteilungsmuster? Der Kryptogamenreichtum der öländischen Trockenrasengesellschaften lädt dazu ein, diesen Fragen nachzugehen.

Bei Biodiversitätsstudien stellt sich die Frage der Skalenabhängigkeit des Ergebnisses. Unter der Annahme einer linearen Artenzahl-Areal-Beziehung im doppeltlogarithmischen Raum schlägt HOBHOM (1998, 2000) den  $\alpha$ -Index als Maß für die relative Artenvielfalt einer Fläche vor. Der  $\alpha$ -Index soll den Vergleich der Artenvielfalt unterschiedlicher Flächengrößen ermöglichen; insgesamt liegen bislang aber recht wenige empirische Daten über die Artenzahl-Areal-Beziehung für kleine Flächengrößen vor (HOBHOM 1998: 129). Wenig ist auch über den Einfluss verschiedener Artengruppen (Gefäßpflanzen vs. Nicht-Gefäßpflanzen) auf die Artenzahl-Areal-Beziehung bekannt.

## **2 Das Untersuchungsgebiet**

Die Ostseeinsel Öland erstreckt sich parallel zur Südostküste des schwedischen Festlandes. Das eigentliche Untersuchungsgebiet umfasst den nördlichen Teil Süd-Ölands. Der anstehende Fels wird in Öland von kambrischen und ordovizischen Sedimentgesteinen gebildet, die in weiten Teilen der Insel von quartären Ablagerungen bedeckt sind. Im südlichen Teil der Insel, insbesondere im Bereich des Großen Alvars, sind diese jedoch von relativ geringer Mächtigkeit und fehlen teilweise ganz. Verglichen mit anderen Kalkgebieten Europas ist der ordovizische Kalk Ölands relativ hart und verwitterungsresistent, was im Bereich der Großen Alvars zu teilweise schlechten Dränierungsverhältnissen und Frostwechselphänomenen führt (ROSÉN 1982, KRAHULEC & al. 1986, STERNER & LUNDQVIST 1986). Ölands Klima weist sowohl ozeanische als auch kontinentale Züge auf. Während es von dem Temperaturregime her als schwach ozeanisch einzustufen ist, legen die Niederschlagsverhältnisse eine Zuordnung zu einem kontinentalen Klimatyp nahe (KRAHULEC & al. 1986, STERNER & LUNDQVIST 1986). Die Insel ist seit der frühen Steinzeit besiedelt und die heutigen flachgründigen Böden des Großen Alvars sind vermutlich das Ergebnis von Bodenerosionen in Folge intensiver Beweidung während der Bronze- und Eisenzeit. Beweidung und Feuerholznutzung haben die Flächen über Jahrhunderte hinweg effektiv offengehalten (DIERBEN 1996).

### 3 Methodik

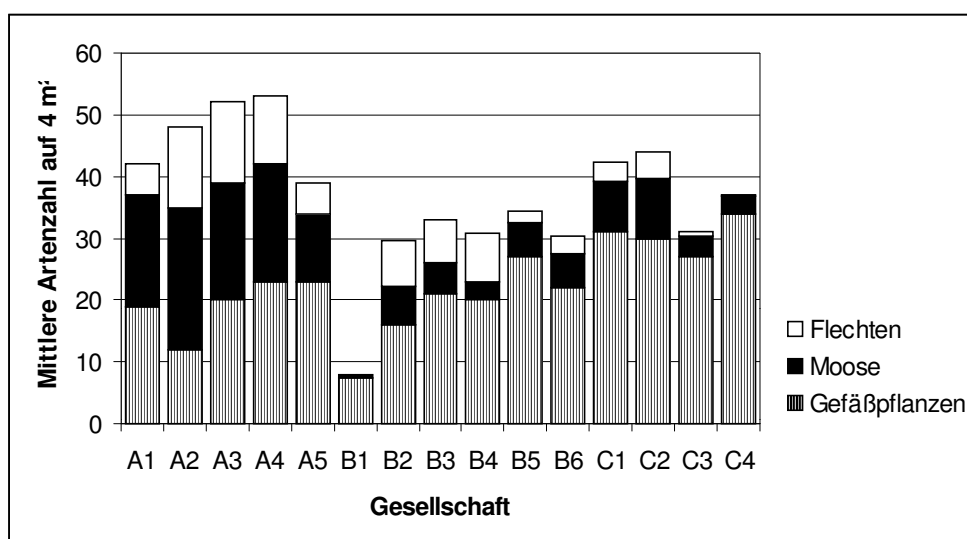
Im Frühling und Sommer 2001 wurden 469 pflanzensoziologische Aufnahmen von Trockenrasen im Untersuchungsgebiet angefertigt. Die Aufnahmeflächen wurden repräsentativ über alle im Untersuchungsgebiet existierenden Trockenrasengebiete und die dort vorkommenden, physiognomisch unterscheidbaren Typen verteilt. Als Aufnahmeflächengröße haben wir einheitlich 4 m<sup>2</sup> gewählt. Alle vorkommenden Arten mit Ausnahme epilithischer und epiphytischer Krustenflechten wurden sorgfältig identifiziert. Die Klassifikation der einzelnen Gesellschaften (siehe hierzu LÖBEL 2002, LÖBEL & DENGLER i. V.) erfolgte nach der Braun-Blanquet-Methode entsprechend der Vorschläge von DENGLER (2003). Die Gesamtdeckung sowie die Deckungen der Feld- und Bodenschicht wurden im Gelände geschätzt. Zusätzlich wurde eine Oberbodenmischprobe entnommen. Davon wurde im Labor u. a. der pH-Wert mittels pH-Meter bestimmt und der Kohlenstoffgehalt nach der Methode von SCHLICHTING & al. (1995: 45) geschätzt.

Auf dem Gebiet des Großen Alvars wurde an 31 Stellen die Artenzahl-Areal-Beziehung der dort vorkommenden fünf Trockenrasenassoziationen untersucht. Hierbei wurde die sogenannte Einflächenmethode angewandt (vgl. DIERSCHKE 1994: 139). Dabei wurde die Artenzusammensetzung und -zahl für folgende Flächengrößen ermittelt: 1 cm<sup>2</sup>, 4 cm<sup>2</sup>, 9 cm<sup>2</sup>, 25 cm<sup>2</sup>, 100 cm<sup>2</sup>, 400 cm<sup>2</sup>, 900 cm<sup>2</sup>, 0,25 m<sup>2</sup>, 1 m<sup>2</sup>, 4 m<sup>2</sup>, 9 m<sup>2</sup>.

Zusammenhänge zwischen der Gesamt- und gruppenspezifischen Artenvielfalt sowie den erhobenen Struktur- und standortsökologischen Parametern wurden mit Hilfe von Spearman-Rang-Korrelationen untersucht. Die Artenzahl-Areal-Beziehungen wurden grafisch dargestellt und mittels linearer Regression analysiert. Hierzu wurden die Daten logarithmisch transformiert (*transformed power model*). Alle statistischen Analysen wurden mit SPSS durchgeführt.

### 4 Ergebnisse

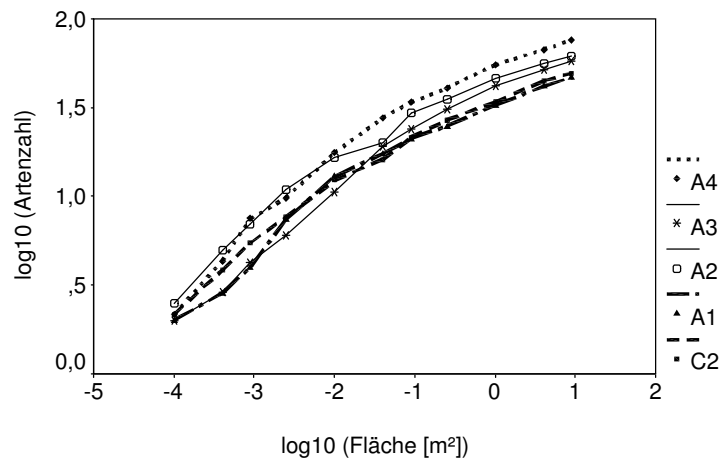
In den öländischen Trockenrasen wurde eine minimale Artendichte von 7 Arten und eine maximale von 80 Arten auf 4 m<sup>2</sup> festgestellt. Auch die mittleren Pflanzenartendichten der Trockenrasengesellschaften des Untersuchungsgebietes überspannen einen großen Bereich (Abb. 1).



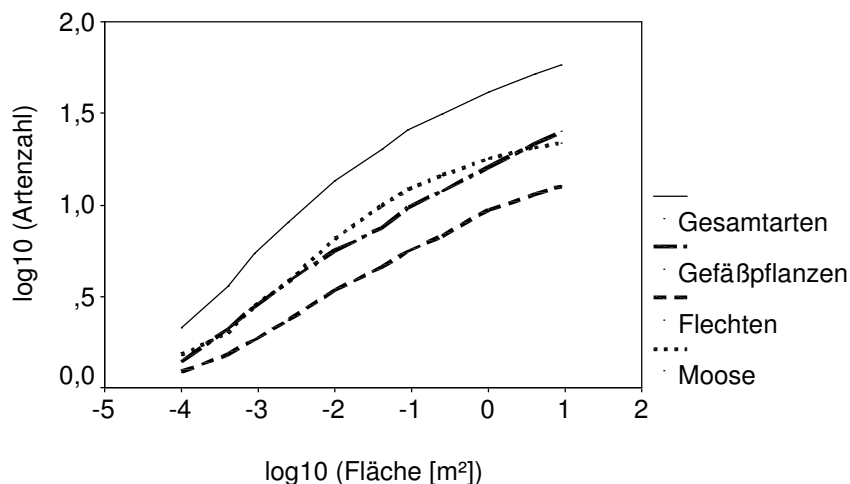
**Abb. 1:** Mittlere Gesamtartenzahlen der öländischen Trockenrasengesellschaften auf 4 m<sup>2</sup>. Zusätzlich dargestellt ist der jeweilige Anteil der Gefäßpflanzen, Moose und Flechten. Es bedeuten: A1–A5: Felsgrusgesellschaften der Sedo-Scleranthenea, B1–B6: Sandtrockenrasengesellschaften der Koelerio-Coryneporenea, C1–C4: basiphile Halbtrockenrasengesellschaften der Festuco-Brometea.

Die höchsten Artenzahlen weisen die basiphilen Felsgrusgesellschaften aus der Unterklasse Sedo-Scleranthenea (Br.-Bl. 1955) Dengler in Dengler & al. 2003 auf, gefolgt von den basiphilen Halbtrockenrasen aus der Klasse Festuco-Brometea Br.-Bl. & Tx. exKlika&Hadač1944, die niedrigsten die Sandtrockenrasen (Unterklasse Koelerio-Corynephorenea [Klika in Klika & V. Novák 1941] Dengler in Dengler & al. 2003). Der Anteil der Kryptogamen an der Phytodiversität differiert stark. Bei den Assoziationen der Felsgrusfluren tragen diese wesentlich zur Artenvielfalt bei. Vergleichsweise unbedeutend ist der Anteil der Moos- und Flechtenarten in dicht geschlossenen Halbtrockenrasenbeständen außerhalb des Großen Alvars (C3, C4, Abb. 1).

Die Korrelationsanalyse zeigt einen negativen Zusammenhang zwischen der Nicht-Gefäßpflanzen-Artenzahl und der Gefäßpflanzen-Artenzahl ( $r = -0,227$ ) sowie der Deckung der Feldschicht ( $r = -0,576$ ). Demgegenüber besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Gefäßpflanzen-Artenvielfalt und der Deckung der Bodenschicht ( $r = 0,240$ ) sowie der Deckung der Feldschicht ( $r = 0,544$ ). Die Gefäßpflanzen-Artenvielfalt ist positiv mit der Bodentiefe und negativ mit dem Boden-pH, Karbonatgehalt und der Gesteinsdeckung assoziiert, wohingegen für die Artendichte der Nicht-Gefäßpflanzen ein entgegengesetztes Muster festzustellen ist.



**Abb. 2:** Artenzahl-Areal-Beziehung der verschiedenen Trockenrasengesellschaften (Mittelwerte) des Großen Alvars in doppeltlogarithmischer Darstellung. Für die Gesellschaftsbezeichnungen vgl. Abb. 1.



**Abb. 3:** Artenzahl-Areal-Beziehung der Trockenrasen des Großen Alvars (Mittelwerte über alle Gesellschaften) in doppeltlogarithmischer Darstellung. Es sind getrennte Kurven für die Gesamtartenzahl und die drei untersuchten Artengruppen wiedergegeben.

In der log-log-Darstellung der Artenzahl-Areal-Beziehung ist ein annähernd linearer Zusammenhang festzustellen, der Kurvenverlauf ist jedoch im Bereich sehr kleiner Flächen etwas steiler (Abb. 2, 3). Die Kurven der untersuchten Alvar-Assoziationen verlaufen nahezu parallel zueinander (Abb. 2). Bei den Nicht-Gefäßpflanzen ist bereits eine Abflachung der Kurve im oberen Abschnitt des untersuchten Skalenbereiches zu erkennen, wohingegen bei den Gefäßpflanzensippen dort weiterhin eine ungebrochene Zunahme erfolgt (Abb. 3).

## 5 Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse vorliegender Arbeit zeigen deutliche Unterschiede in der Verteilung der Artenvielfalt von Gefäßpflanzen, Moosen und Flechten. Die signifikante Abnahme der Nicht-Gefäßpflanzen-Artendichten bei steigender Feldschichtdeckung weist darauf hin, dass der Konkurrenzausschluss höherwüchsiger Gefäßpflanzensippen eine entscheidende Rolle für die Kryptogamenartenvielfalt spielt. Dies erklärt auch den positiven Zusammenhang von Moos- und Flechtenartenzahlen mit Umweltfaktoren, die konkurrenzstarke Gefäßpflanzensippen ausschließen. Der uneingeschränkt positive Zusammenhang zwischen der Deckung der Feldschicht und der Gefäßpflanzenartenzahl deutet demgegenüber darauf hin, dass die interspezifische Konkurrenz innerhalb der Gruppe der Gefäßpflanzen in Trockenrasenökosystemen gering ist. Ein positiver Effekt konnte auch für die Deckung der Bodenschicht beobachtet werden, was mit ausgleichenden Effekten erklärt werden könnte, z. B. geringeren Temperaturschwankungen und geringerer Bodenaustrocknung.

Der durchgängig positive Zusammenhang zwischen Artenzahl und Fläche zeigt, dass der Flächeneffekt auch in sehr kleinen Skalenbereichen von Bedeutung ist. Unsere Daten lassen allerdings vermuten, dass sich die Verhältnisse von Kryptogamen- und Gefäßpflanzenartenzahlen mit zunehmender Flächengröße zugunsten des Gefäßpflanzenanteils verändern. Weitere Studien zum Einfluss der Lebensformen auf den Verlauf der Artenzahl-Areal-Kurve, die einen größeren Skalenbereich sowie unterschiedliche Vegetationstypen einschließen, sind zur Klärung jedoch erforderlich.

## Danksagung

Wir danken E. Rosén und L. Ågren für hilfreiche Hinweise vor Ort; letzterem danken wir außerdem für die Möglichkeit, während der Feldarbeitsperiode die Einrichtungen der ökologischen Forschungsstation in Skogsby auf Öland nutzen zu können.

## Literatur

- DENGLER, J. (2003): Entwicklung und Bewertung neuer Ansätze in der Pflanzensoziologie unter besonderer Berücksichtigung der Vegetationsklassifikation. – Arch. Naturwiss. Diss. 14: 297 S., Galunder, Nürnberg.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie – Grundlagen und Methoden. – 683 S., Ulmer, Stuttgart.
- DIERBEN, K. (1996): Vegetation Nordeuropas. – 838 S., Ulmer, Stuttgart.
- HOBOHM, C. (1998): Pflanzensoziologie und die Erforschung der Artenvielfalt. – Arch. Naturwiss. Diss. 5: 231 S., Galunder, Wiehl.
- HOBOHM, C. (2000): Biodiversität. – UTB 2162: 214 S., Quelle & Meyer, Wiebelsheim.
- HUBER, R. (1994): Changes in plant species richness in a calcareous grassland following changes in environmental conditions. – Folia Geobot. Phytotaxon. 29: 469–482, Praha.

- HUBER, R. (1999): Patterns of species richness in a limestone grassland under different treatments in relation to spatial scale. – *Appl. Veg. Sci.* 2: 257–266, Uppsala.
- KRAHULEC, F., ROSÉN, E., MAAREL, E. VAN DER (1986): Preliminary classification and ecology of dry grassland communities on Ölands Stora Alvar (Sweden). – *Nord. J. Bot.* 6: 797–809, Copenhagen.
- LÖBEL, S. (2002): Trockenrasen auf Öland: Syntaxonomie – Ökologie – Biodiversität. – 178 + XIV S., 4 Tab., Diplomarb., Inst. für Ökologie und Umweltchemie, Univ. Lüneburg.
- LÖBEL, S., DENGLER, J. (i. V.): Weathered rock and outcrop communities (Sedo-Scleranthenea) in Southern Scandinavia with special consideration of Öland. – zur Einreichung bei „Phytocoenologia“.
- MAAREL, E. VAN DER (1988): Floristic diversity and guild structure in the grasslands of Öland's Stora Alvar. – *Acta Phytogeogr. Suec.* 76: 53–65, Uppsala.
- MAAREL, E. VAN DER, SYKES, M. T. (1993): Small-scale plant species turnover in a limestone grassland: the carousel model and some comments on the niche concept. – *J. Veg. Sci.* 4: 179–188, Uppsala.
- ROSÉN, E. (1982): Vegetation development and sheep grazing in limestone grasslands of south Öland, Sweden. – *Acta Phytogeogr. Suec.* 72: 108 S., Uppsala.
- SCHLICHTING, E., BLUME, H.-P., STAHR, K. (1995): *Bodenkundliches Praktikum – Eine Einführung in pedologische Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land- und Forstwirte, und für Geowissenschaftler.* – Pareys Studentexte 81: 2. Aufl., 295 S., Blackwell, Berlin [u. a.].
- STERNER, R., LUNDQVIST, Å. (1986): *Ölands kärlväxtflora* [schwed., engl. Zus.]. – 2. Aufl., 400 S., Förlagstjänsten, Stockholm.

Manuskript eingegangen am 18. 10. 2004, angenommen am 12. 11. 2004.

*Anschriften der Verfasser:*

Swantje Löbel, Villavägen 14, Department of Plant Ecology, Evolutionary Biology Centre, Uppsala University S-75236 Uppsala, *e-mail*: swantje.lobel@ebc.uu.se

Jürgen Dengler, Institut für Ökologie und Umweltchemie, Universität Lüneburg, Scharnhorststr. 1, 21335 Lüneburg, dengler@uni-lueneburg.de

Carsten Hobohm, Institut für Ökologie und Umweltchemie, Universität Lüneburg, Scharnhorststraße 1, D-21335 Lüneburg, *e-mail*: hobohm@uni-lueneburg.de