



1. Einleitung

Trockenrasen gehören im Allgemeinen zu den artenreichsten Ökosystemen Mitteleuropas sowohl bei den Tieren als auch bei den Pflanzen. Zugleich variieren die absolute Artendichte und der relative Anteil erheblich, den verschiedene Artengruppen von Pflanzen daran haben. Damit sind Trockenrasen exzellente Modellsysteme, um Phytodiversitätsmuster und ihre Ursachen zu analysieren.

Ein besonders interessanter Teilaspekt der Biodiversitätsforschung ist die Beziehung zwischen Flächengröße A und Artenzahl S. Immer mehr Untersuchungen kommen zu dem Ergebnis, dass sich dieser Zusammenhang in den meisten Dimensionsbereichen von der typischen Größe von Vegetationsaufnahmen bis hinauf zur Fläche ganzer Inseln oder Länder am besten durch eine Potenzfunktion $S = cA^z$ beschreiben lässt (z. B. HOBOMH 1998, DOLNIK 2003). DENGLER (2003: 72) stellte aber heraus, dass dies aus theoretischen Gründen nicht für ganz kleine Flächen gelten könnte, sondern ein vegetationspezifischer unterer Grenzwert der Artenzahl existiere, der auch bei fortwährender Verkleinerung der Fläche nicht unterschritten wird. Aus diesem Grunde sollte die Artenzahl-Areal-Kurve in der doppeltlogarithmischen Darstellung zu ganz kleinen Flächen hin allmählich flacher werden. Erstaunlicherweise fand LÖBEL (2001) bei ihren Untersuchungen zur Phytodiversität ölandischer Trockenrasen sogar ein gegenteiliges Phänomen: Die Steigung ihrer Kurven nahm zu den kleinsten von ihr untersuchten Flächengrößen (1 cm²) hin sogar zu.

Wir präsentieren hier erste Auswertungen eines Projektes im Rahmen der „Vegetationsökologischen Geländeübungen“ im Fach „Ökologie“ des Studienganges Diplom-Umweltwissenschaften an der Universität Lüneburg entstanden ist. Unsere Hauptziele waren die folgenden:

- Quantifizierung der Artendichte (gesamt und gruppenspezifisch) bezogen auf 4 m² für die wichtigsten uckermärkischen Trockenrasentypen, um so einen Vergleich mit entsprechenden Daten aus anderen Teilen Europas zu ermöglichen.
- Analyse der Einflüsse von Standortverhältnissen, Vegetationsstruktur und kleinräumiger Heterogenität auf die Pflanzenartenvielfalt auf unterschiedlichen räumlichen Skalenebenen.
- Erstellung von Artenzahl-Areal-Kurven ausgewählter Trockenrasentypen im Bereich von 1 mm² bis 100 m², d. h. über 8 Größenordnungen hinweg. Dabei sollte insbesondere geklärt werden, ob sich das postulierte Abflachen der Kurve unterhalb von 1 cm² feststellen lässt.

2. Das Untersuchungsgebiet

Die Uckermark liegt im Nordosten des Bundeslandes Brandenburg und gehört naturräumlich zu den Mecklenburg-Brandenburgischen Becken und zum Odertal. Neben dem gleichnamigen Landkreis umfasst sie auch Teile der Landkreise Barnim und Märkisch-Oderland.

Das engere Untersuchungsgebiet für die Artenzahl-Areal-Untersuchungen bildeten die „Gabower Hänge“ zwischen Gabow und Altgietzen (Lkr. Märkisch-Oderland, Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin, vgl. KRATZERT & DENGLER 1999). Sie liegen auf der „Oderinsel“ (Neuenhagener Sporn), einem Endmoränenlobus des Pommerschen Stadiums der Weichselzeit, der eine Maximalhöhe von 75 m über NN erreicht. Nach Südosten fällt er steil zum Oderbruch ab, das nur geringfügig über Ostseeebene liegt. Im Gebiet überwiegen carbonatreiche, sandige Substrate.

Die Uckermark liegt im Übergangsbereich vom atlantisch geprägten Klima Nordwestdeutschlands zum subkontinentalen Klima Polens. Die Jahresniederschläge sind im Vergleich zum übrigen Deutschland gering; die Oderinsel mit mittleren Jahresniederschlägen von unter 500 mm gehört sogar zu den trockensten Regionen Deutschlands. Die relativ heißen Sommer und die kalten Winter der Region entsprechen dem Charakter subkontinentaler Klimate.

3. Methoden

An den Gabower Hängen haben wir insgesamt 10 quadratische Probeflächen von je 100 m² untersucht, verteilt auf die vier häufigsten dort vorkommenden Trockenrasentypen. Innerhalb jeder dieser Gesamtplots haben wir jeweils gemäß Abb. 1 fünf Teilplots von je 9 m² Fläche angelegt, die ihrerseits Flächen von 100 cm², 900 cm², 1 m² und 4m² in einem *nested plot*-Design enthielten. Auf der Gesamtfläche und auf allen genannten Teilplots haben wir vollständige Artenlisten der Gefäßpflanzen, Moose und Flechten erstellt. Auf den 4 m²-Flächen zudem Vegetationsaufnahmen mit der modifizierten Braun-Blanquet-Skala nach DENGLER (2003: 131) angefertigt, Struktur- und Bodenparameter erhoben. Zum Aufnahmezeitpunkt Mitte August waren die zahlreichen Frühjahrsannuelen (*Cerastium semidecandrum*, *Erophila verna*, *Saxifraga tripartita* usw.) zwar schon abgestorben, aber mit etwas Erfahrung noch gut zu erkennen, so dass sie nahezu vollständig, aber ohne Deckung mit erfasst sind.

Die Kleinstflächenaufnahmen für Flächengrößen von 1 mm², 9 mm², 1 cm² und 9 cm² wurden mit einem eigens dafür entwickelten Gerät vorgenommen (siehe Abb. 3). Dies umfasst ein Aluminiumgestell, durch das im 10 cm-Abstand eine Führungsstange mit sehr geringem

Spiel zu Boden gelassen werden kann. An die Führungsstange können verschiedene quadratische Aufsätze angeschraubt werden (Abb. 2), die die Größe der zu untersuchenden Fläche haben. Während eine Person die Führungsstange zu Boden lässt, kann eine andere beobachten, von wievielen verschiedenen Pflanzensippen lebende Organe von dieser Spitze getroffen werden. Diese Erhebungen wurden mit einem Mehrflächen-Design innerhalb aller 1 m²-Plots durchgeführt, wobei wir im Allgemeinen fünf Replikate erhoben haben. Bei den Kleinstflächen haben wir jeweils die Artenzahlen differenziert nach den drei Gruppen Gefäßpflanzen, Moose und Flechten ermittelt.

Für die Auswertung der 4 m²-Flächen haben wir weitere sieben Aufnahmen aus anderen Bereichen der Uckermark hinzugezogen.

4. Ergebnisse

4.1 Charakterisierung der Vegetationseinheiten

Die untersuchten Trockenrasentypen haben wir in Anlehnung an die Gliederungsvorschläge von DENGLER (2000) und BERG & al. (2001, 2004) zu fünf Einheiten auf Verbandsniveau zusammengefasst (Tab. 1), wovon für die ersten vier auch Artenzahl-Areal-Daten erhoben wurden. Tab. 2 zeigt die wichtigsten gemeinsamen und differenzierenden Arten.

Tab. 1: Syntaxonomische Übersicht der untersuchten Vegetationstypen. Tab. 2: Stark gekürzte Steigtabelle der untersuchten Vegetationstypen.

	V1	V2	V3	V4	V5
K Koelerio-Corynephoretia					
<i>Rumex acetosella</i>	60	100	56	-	-
<i>Agrostis capillaris</i>	50	100	56	6	-
<i>Cerastium purpureum</i> ssp. <i>purpureum</i>	60	50	94	-	41
<i>Hieracium umbellatum</i>	30	83	75	-	-
<i>Cladonia furcata</i> ssp. <i>furcata</i>	60	58	63	-	-
<i>Hieracium pilosella</i>	20	100	50	6	-
<i>Polypodium filiforme</i>	100	8	56	-	-
<i>Cetraria aculeata</i>	100	17	44	-	-
V Corynephoria canescens und Koelerion glaucae					
<i>Cladonia foliacea</i>	100	-	88	6	-
<i>Corynephora canescens</i>	100	-	81	-	-
V Armerion elongatae					
<i>Armeria maritima</i> ssp. <i>elongata</i>	-	100	-	-	-
<i>Trifolium campestre</i>	-	67	-	-	-
<i>Rumex thyrsiflorus</i>	-	58	-	-	-
V Koelerion glaucae					
<i>Festuca psammophila</i>	50	-	100	20	-
<i>Koeleria glauca</i>	20	-	100	6	-
K Festuco-Brometea					
<i>Euphorbia cyparissias</i>	-	75	38	82	100
<i>Allium obtusum</i>	-	-	-	53	100
<i>Festuca brevipila</i>	-	92	6	8	100
<i>Medicago falcata</i>	-	-	-	24	100
<i>Pseudolychnis spicata</i> ssp. <i>spicata</i>	-	33	-	65	50
<i>Koeleria macrantha</i>	-	-	-	63	50
V Cirsio-Brachypodium pinnati					
<i>Centaurea scabiosa</i> ssp. <i>scabiosa</i>	-	8	-	6	100
<i>Linum catharticum</i>	-	-	-	100	100
<i>Plagiumonium affine</i>	-	67	-	100	100
<i>Schizopodium curvum</i>	-	-	-	100	100
Sonstige Arten					
<i>Artemisia campestris</i> ssp. <i>campestris</i>	-	33	75	82	-
<i>Cerastium semidecandrum</i>	-	8	88	88	-
<i>Cladonia pyxidea</i>	70	8	69	6	-

4.2 Artenzahlen auf 4 m²

Die Artenzahlen in den 57 Vegetationsaufnahmen von 2 m x 2 m reichen von 10 bis 38. Die Betrachtung auf Verbandsebene (Abb. 3) zeigt ein klar differenziertes Bild zwischen den fünf unterschiedenen Vegetationstypen sowohl hinsichtlich der Gesamtartenzahl als auch hinsichtlich der relativen Anteile der drei unterschiedenen Artengruppen, bei zugleich geringer Varianz: Das Corynephoria, das saure Sandstandorte besiedelt, ist mit 13 Arten der Verband mit der geringsten Artendichte. Es folgen mit bereits mehr als doppelt so hoher Artendichte die beiden Koelerio-Corynephoretia-Verbände basenreicherer Sandstandorte, das Koelerion glaucae (25) und das Armerion elongatae mit (26) Arten. Noch höhere Artendichten besitzen die beiden Festuco-Brometea-Verbände Festucion valesiacae (28) und Cirsio-Brachypodium pinnati (35).

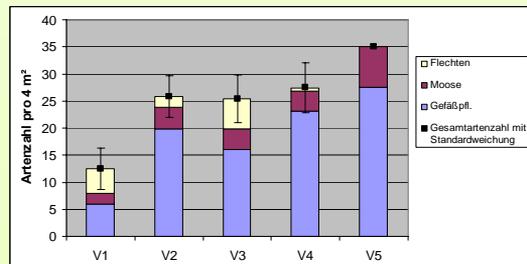


Abb. 3: Mittlere Artenzahlen der fünf Trockenrasenverbände auf 4m².

Während der relative Artenanteil der Moose in allen fünf Vegetationstypen mit Werten zwischen 12 und 21% eine ähnliche Größenordnung aufweist, variieren jener der Flechten und komplementär dazu jener der Gefäßpflanzen stark. Während im Corynephoria fast ganz ausschließlich verschiedene Flechten auf 4 m² vorkommen wie Gefäßpflanzen und der Anteil der Flechten im Koelerion immer noch über 20% liegt, beträgt er in den drei anderen Verbänden deutlich unter 10%. Das Corynephoria ist auch der einzige unter den uckermärkischen Trockenrasenverbänden, in denen die Moose und Flechten zusammen mehr Sippen aufweisen als die Gefäßpflanzen.

4.3 Artenzahl-Areal-Beziehung

Die Artenzahl-Areal-Kurven der einzelnen Trockenrasenverbände zeigen einen ähnlichen Verlauf. Bei Betrachtung des gesamten untersuchten Dimensionsbereiches von 1 mm² bis 100 m² (Abb. 5) lassen sie sich durchweg exzellent durch eine Potenzfunktion beschreiben ($R^2 > 0,977$ für die lineare Regressionsfunktion in doppeltlogarithmischer Darstellung). Die Steigungen dieser Regressionsfunktionen der 10 Plots aus vier unterschiedlichen Gesellschaften liegen alle in einem engen Wertebereich zwischen 0,193 und 0,222. Diese geringen Unterschiede führen auch dazu, dass die Rangfolge der vier Verbände über den ganzen untersuchten Dimensionsbereich praktisch unverändert bleibt (Abb. 5). Am artenreichsten sind Armerion elongatae und Festucion valesiacae, deutlich artenärmer ist bereits das Koelerion glaucae und als unter den Trockenrasen am artenärmsten kann das Corynephoria canescens gelten.

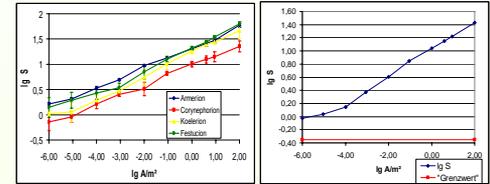


Abb. 5: Vergleich der Artenzahl-Areal-Beziehung der unterschiedlichen Gesellschaften der untersuchten Dimensionsbereiche. Dargestellt sind Mittelwerte der 10 Plots sowie der prognostizierte Plots und deren Standardabweichung. Abb. 6: Artenzahl-Areal-Beziehung am Beispiel des Plots 6 (Corynephoria). Dargestellt sind jeweils Mittelwerte aus Mittelwerte der zugehörigen vier bzw. drei den 5 Subplots sowie der prognostizierte Plots und deren Standardabweichung.

Betrachtet man die Artenzahl-Areal-Kurven für die 10 Plots genauer, so fällt auf, dass diese im Allgemeinen im unteren Kurvenbereich abflachen. Dies lässt sich quantifizieren, indem man die Steigungen der Regressionsgeraden für die Werte bis 1 cm² und ab 1 cm² vergleicht. In neun von zehn Plots liegen diese im unteren Bereich deutlich niedriger, und zwar um 0,035-0,127 oder 18-59%.

Besonders gut erkennt man dieses Phänomen in Plot 6 (Abb. 6). In dieser Abbildung haben wir auch den nach DENGLER (2003) zu erwartenden Grenzwert dargestellt. Bei diesem handelt es sich einfach um den Zehnerlogarithmus des Überdeckungsgrades verschiedener Pflanzenarten. Der Überdeckungsgrad seinerseits lässt sich durch den Wert der reinen Dominanzskala von DENGLER (2003) besonders gut zurückrechnen. Wie in DENGLER (2003: 132) diskutiert, erfolgte die „Rückübersetzung“ der Artmächtigkeiten zum geometrischen Mittel ihrer jeweiligen unteren und oberen Klassengrenzen der prozentualen Deckung. Es ist allerdings zu vermuten, dass der ermittelte Grenzwert etwas zu niedrig ist, da die abgestorbenen Annuellen pauschal mit einer Deckung entsprechend der Artmächtigkeit berücksichtigt haben.

Diskussion und Fazit

1. Die Artenzahl-Areal-Beziehung lässt sich auch bei Betrachtung eines sehr großen Dimensionsbereiches von acht Zehnerpotenzen exzellent durch eine Potenzfunktion beschreiben.
2. Die prognostizierte Abflachen der Artenzahl-Areal-Kurve tritt bei den Trockenrasen für unterhalb von 1 cm² auf.
3. Die Steigungen der von uns ermittelten Regressionsgeraden (für den Gesamtbereich) liegen nahe am „Durchschnittswert“ 0,2, den HOBOMH (1998) für ganz kleine Gesellschaften Mitteleuropas ermittelt hat, der absolute Artenreichtum dagegen nur beim Corynephoria geringfügig darunter, bei allen anderen untersuchten Vegetationstypen dagegen erheblich darüber (bis zu 2,7x im Cirsio-Brachypodium!).
4. Hinsichtlich des relativen Artenreichtums und der Anteile verschiedener Artengruppen entsprechen unsere Ergebnisse sehr gut jenen die DENGLER für ganz NO-Deutschland ermittelt hat (siehe dessen Poster). Die absoluten Werte auf unseren 4 m²-Plots liegen aber gleich hoch oder sogar höher als jene, die er für 10 m²-Plots ermittelt hat, während nach der Artenzahl-Areal-Beziehung ein gut 15% niedriger Wert zu erwarten gewesen wäre. Eine mögliche Erklärung dafür könnte der weit überdurchschnittliche regionale *Species pool* an Trockenrasenarten im Untersuchungsgebiet sein.

Danksagung

Unser besonderer Dank gilt Dieter Stengel, der das Kleinstflächenmessgerät in gewohnt perfekter Art und Weise für uns gebaut hat.

Literatur

BERG, C., DENGLER, J., ABDANK, A. (2001) [Hrsg.]: Pflanzengesellschaften Mecklenburg Vorpommern und ihre Gefährdung. Tabellenband - 341 S., Weisdom, Jena.
BERG, C., DENGLER, J., ABDANK, A., ISERMAN, M. (2004) [Hrsg.]: Pflanzengesellschaften Mecklenburg Vorpommern und ihre Gefährdung - Textband - 606 S., Weisdom, Jena.
DENGLER, J. (2003): Systematische Stellung und Gliederung der uckermärkischen Sandtrockenrasen. - Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth 24: 302-306, Bayreuth.
DENGLER, J. (2003): Entwicklung und Bewertung neuer Ansätze in der Pflanzenökologie unter besonderer Berücksichtigung der Vegetationsökologie. - Arch. Naturwiss. Dis. 14: 271 S., Nürnberg.
DOLNIK, C. (2003): Artenzahl-Areal-Beziehungen von Wald- und Offenlandgesellschaften - Ein Beitrag zur Erfassung der botanischen Artenvielfalt unter besonderer Berücksichtigung der Flechten und Moose am Beispiel des Nationalparks Kurische Nehrung (Russland) - Mitt. Arbeitsgem. Geb.-Schleswig-Holstein. Hamb. 62: 163 S., Kiel.
HOBOMH, C. (1998): Pflanzenökologie und die Erforschung der Artenvielfalt. - Arch. Naturwiss. Dis. 5: 231 S., Galdur, Wien.
KRATZERT, G., DENGLER, J. (1999): Die Trockenrasen der „Gabower Hänge“ am Oderbruch. - Verh. Bot. Ver. Berl. Brandeb. 132: 285-329 + 10 Tab. + 1 Kt., Berlin.
LÖBEL, S. (2002): Trockenrasen auf Öland. Syntaxonomie - Ökologie - Biodiversität. - 187 S., Diplomarbeit, Institut für Ökologie und Umweltchemie, Univ. Lüneburg (nicht publiziert).



Abb. 1: Flächenaufsatz mit 3 m Kantenlänge im Einsatz am Kleinstflächenmessgerät

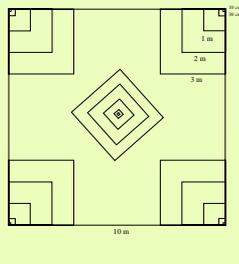


Abb. 2: Versuchsflächendesign für die Artenzahl-Areal- und Heterogenitätsuntersuchungen



Abb. 4: Kleinstflächenmessgerät im Einsatz im Festuco psammophila-Koelerion glaucae (Verband: Koelerion glaucae) an den Gabower Hängen.



Abb. 7: Dianthus deltoideus-Armerietum elongatae (Verband: Armerion elongatae) mit Armeria maritima ssp. elongata, Hieracium umbellatum und Achillea cf. pannonica an den Gabower Hängen.