

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 38 (1997)
Heft: 3

Artikel: Geoökologische Einflüsse auf die Biodiversität im Faltenjura
Autor: Ogermann, Petra / Gasser-Ahmad, Christine
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088263>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Geoökologische Einflüsse auf die Biodiversität im Faltenjura

Petra Ogermann und Christine Gasser-Ahmad

Zusammenfassung

Bei Untersuchungen von zwölf extensiv bewirtschafteten Kalkmagerrasen und neun vieh- und forstwirtschaftlich genutzten Standorten im Faltenjura der Schweiz konnten Zusammenhänge zwischen der Pflanzendiversität und einigen Bodenfaktoren festgestellt werden. Die Beziehung zwischen der Pflanzendiversität eines Standortes und dessen Bodeneigenschaften, insbesondere dem pflanzenverfügbaren Nitrat, lässt sich mit einer quadratischen Kurve beschreiben, das heisst, die maximale Pflanzendiversität tritt bei mittleren (suboptimalen) Standortbedingungen auf. Einen weiteren wesentlichen Faktor für die Diversität stellt die kleinräumige Heterogenität von Bodenmerkmalen dar, die auf den insgesamt sehr artenreichen Kalkmagerrasen-Standorten ebenfalls einer quadratischen Kurve folgt, dagegen auf den bewirtschafteten Flächen einen positiv linearen Zusammenhang zur Diversität aufweist. Wesentlich für die Biodiversitätsbetrachtung ist die ökosystemspezifische Bedeutung verschiedener Faktoren für die Artenvielfalt.

Adresse der Autorinnen: Petra Ogermann und Christine Gasser-Ahmad, Abt. Physiographie und Landschaftsökologie, Geographisches Institut der Universität Basel, Spalenring 145, CH-4055 Basel

1 Einleitung

Der weltweite Verlust an Genen, Arten und Lebensräumen wird zunehmend als wichtiges Problem erkannt. Jedoch sind viele Fragen zum Thema Biodiversität und deren Gefährdungsursachen ungeklärt.

Im Rahmen des integrierten Biodiversitätsprogramms des Schwerpunktprogramms Umwelt ("Swiss Priority Programme Environment-Biodiversity") in der Schweiz werden seit 1993 Forschungen der verschiedensten natur- und geisteswissenschaftlichen Fachrichtungen zu Fragen der Entstehung und Erhaltung biologischer Vielfalt von der genetischen bis zur landschaftlichen Ebene durchgeführt (Leser 1994a; Weber *et al.* 1995).

Forschungsgegenstand sind Magerrasen, eines der artenreichsten, aber auch gefährdetsten Ökosysteme in Mitteleuropa. Ihr Schutz ist dringend notwendig. Doch um richtige Massnahmen für den Erhalt der Artenvielfalt der Magerwiesen in der Praxis treffen zu können, ist fundiertes Wissen über die biotischen und abiotischen Faktoren und deren Wechselwirkung in diesem Ökosystem notwendig.

In zwei Projekten der landschaftsökologischen Forschungsgruppe des Geographischen Instituts Basel wurden zwölf extensiv bewirtschaftete Kalk-Magerrasen-Standorte im Nordwestschweizer Jura (Ogermann, in Vorbereitung) und neun Standorte auf einer Allmendweide im Freiburger Jura bei Les Breuleux, welche mehr oder weniger intensiv forst- und viehwirtschaftlich genutzt werden (Gasser-Ahmad, unveröffentlicht), in Bezug auf ihren Nährstoff- und Kohlenstoffhaushalt und den Einfluss landschaftökologischer Faktoren auf die Pflanzendiversität untersucht.

Der Artenreichtum einer Pflanzengesellschaft wird durch vielfältige abiotische und biotische Faktoren beeinflusst. Welche Faktoren im einzelnen besonders wirksam sind, hängt vom räumlichen Betrachtungsmaßstab, der geographischen Lage des Gebietes und dem Standort selbst ab. Arktische Ökosysteme haben eine andere Biodiversität als tropische Regenwälder, was in erster Linie auf makroklimatische Ursachen (z.B. Temperaturbedingungen, Länge der Vegetationsperiode) zurückzuführen ist (Begon *et al.* 1986; Huston 1994). Dagegen spielen im hier betrachteten regionalen Maßstab unter gleichen makroklimatischen Bedingungen neben biologischen Faktoren Nährstoffangebot und -vielfalt für die Pflanzendiversität die entscheidende Rolle (Rosenzweig 1995, Grime 1986). Im folgenden soll der Einfluss einiger landschaftsökologisch relevanter Faktoren auf die Pflanzendiversität und Artenzusammensetzung von Grünlandstandorten mit unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität aufgezeigt werden. Da sich jedoch abiotische und biotische Einflüsse von verschiedenen Skalen überlagern, ist es schwierig, durch einen Standortvergleich das Wirken einzelner Faktoren nachzuweisen. Trotzdem werden einige Tendenzen deutlich, die hier diskutiert werden sollen.

2 Methodische Probleme der Bestimmung der Biodiversität

Die Messung und Aussage der Biodiversität (im Sinne von *Leser* [1994b] 'Diversität biologischer Systeme') ist abhängig *erstens* von der betrachteten Massstabsebene (Diversität innerhalb einer Landschaft, einer Lebensgemeinschaft, einer Art), *zweitens* welcher Teil der Biozönose betrachtet wird (Pflanzen, Fauna, Bodenfauna etc.) und *drittens* von der Aufnahmemethodik (s.u.). In dieser Arbeit wird unter Diversität die Vielfalt der Pflanzenarten einer Lebensgemeinschaft (ohne Berücksichtigung der Moose und Flechten) an einem Standort verstanden.

Ein Mass für die Diversität ist der Diversitätsindex. In seine Berechnung geht die Anzahl der Arten und ihre relative Häufigkeit ein. Hier wird der Diversitätsindex

nach Shannon-Weaver verwendet (*Remmert* 1992, 233):
$$Hs = \sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln p_i$$

[s = Anzahl vorhandenen Arten; p_i = relative Häufigkeit pro Fläche (=Abundanz) der i-ten Art]. Das Problem liegt in der Beschaffung von absoluten Zahlen über die Abundanzen der Arten. Hier spielt die Aufnahmemethode sowie der Aufnahmezeitpunkt eine Rolle, da die Biozönose infolge Witterungsunterschieden etc. zeitlichen und räumlichen Veränderungen unterliegt. Deshalb sollte der Index nur als eine Relativzahl gesehen werden, welche dem Vergleich von Standorten dient, die nach der gleichen Methode untersucht worden sind.

Die Artenaufnahme erfolgte für alle Magerrasen nach der gleichen Methode (Aufnahme der Abundanzen der Arten) auf einer gleichgrossen Fläche (Plots à 0.25 m²) für Nenzlingen (N-OH, N-UH) und Vicques (V-OH, V-UH) durch *Joshi* (1994) und für die anderen Standorte durch *Fischer* (1996). Die Vegetationsaufnahmen von *Gasser-Ahmad* auf der Allmendweide bei Les Breuleux erfolgten nach der Methode *Braun-Blanquet* (1964) jeweils für die gesamte Fläche einer Phytozönose (je nach Standort 0.01-0.8 km²). Auf Grund der grösseren Untersuchungsfläche ist hier die Wahrscheinlichkeit grösser, dass mehr Arten des Standortes erfasst wurden als bei den kleineren Probeflächen auf den Magerrasen (vgl. *Rosenzweig* 1995). Deshalb können die Diversitätsindizes und Artenzahlen der verschiedenen Untersuchungen nicht direkt miteinander verglichen werden.

Die Bestimmung der edaphischen Parameter erfolgte nach bodenkundlichen Standardmethoden, wie sie bei *Wiüthrich* (1993, 24) aufgeführt sind.

3 Einfluss von Geoökofaktoren auf die Pflanzendiversität

Die Pflanzendiversität der untersuchten Magerrasen unterscheidet sich signifikant von Standort zu Standort (Abb. 1).

Die Pflanzendiversität ist auf den extrem humosen, flachgründigen, relativ steilen und skelettreichen Magerrasen-Standorten R und C (Diversitätsindex: 3.1) am höchsten. Auf Grund der hohen Gehalte an organischer Substanz ist zwar potentiell eine sehr hohe Bodenatmungsrate möglich. Diese wird jedoch durch ungünstige Faktoren, wie Flachgründigkeit, hohen Skelettgehalt und zeitweiligen

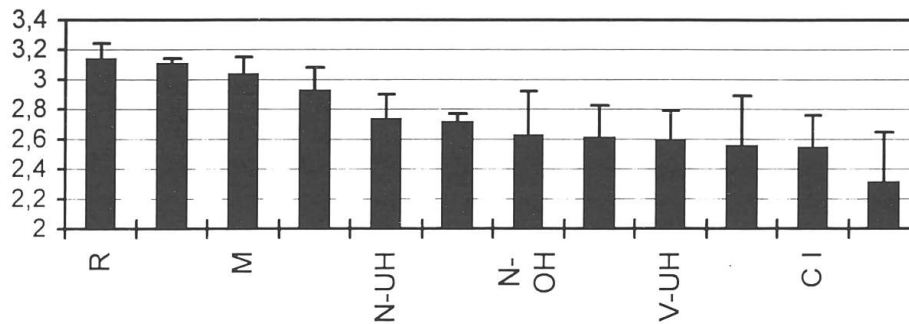


Abb. 1 Diversitätsindex (nach Shannon-Weaver) der höheren Pflanzen von zwölf Magerasen-Standorten (Aufnahme durch Fischer [1996] und Joshi [1994]; Standortmittelwert und Standardabweichung, $n = 6$; weitere Beschreibung der Standorte bei Ogermann, in Vorbereitung).

Wassermangel, eingeschränkt. Dadurch bleibt der in der organischen Substanz gebundene Stickstoff fixiert und ist nicht pflanzenverfügbar. Der im Vergleich zu allen anderen Standorten höchste Anteil Stickstoffarmut anzeigender Pflanzen belegt dies. Das Phytomassewachstum wird durch diese Standortbedingungen begrenzt, so dass sich konkurrenzstarke Arten nicht auf Kosten konkurrenzschwächerer ausbreiten können. Es bleibt genügend Platz und Licht für viele Arten. Ausserdem sind diese Standorte wegen der Hanglage und des dunklen, da extrem humosen Bodens wärmebegünstigt. Wegen starker Strahlungsabsorption des dunklen Humusbodens wurden vergleichsweise hohe durchschnittliche Bodentemperaturen gemessen (Ogermann, in Vorbereitung). Das ermöglicht zusätzlich besonders wärmeliebenden Arten hier das Vorkommen und spiegelt sich in einem vergleichsweise höheren Anteil kontinentaler Pflanzenarten, wie zum Beispiel *Globularia elongata*, *Teucrium chamaedrys*, *Helianthemum nummularia*, *Hieracium pilosella*, *Hippocrepis comosa*, wider.

Am geringsten ist die Pflanzendiversität an den Standorten B und CI. Es sind die Standorte mit dem geringsten Bedeckungsgrad, dem niedrigsten Phytomassevorrat, aber auch mit dem höchsten Kalkgehalt im Oberboden (>50%), dem höch-

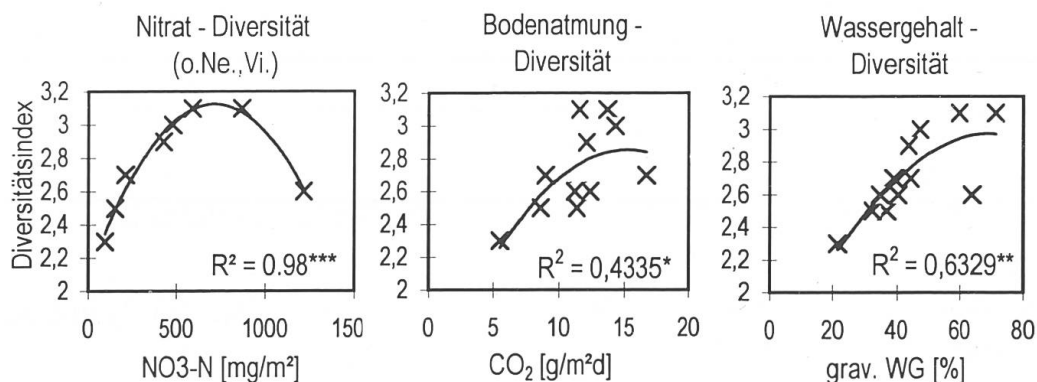


Abb. 2 Zusammenhang zwischen Geoökofaktoren (Nitrat, Bodenatmungsrate, gravimetrischer Wassergehalt) und der Pflanzendiversität (Diversitätsindex nach Shannon-Weaver). Dargestellt sind polynomische Regressionsgleichungen 2. Ordnung (R^2 mit * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$).

sten pH-Wert, der geringsten Kationenaustauschkapazität und dem niedrigsten Gehalt an organischer Substanz mit dem weitesten C/N-Verhältnis. Alles spricht für den geringen Entwicklungsgrad der Böden und die geringste Produktivität ($<200 \text{ g/m}^2 \text{ a}$) im Vergleich zu den anderen Standorten (vgl. *Ogermann*, in Vorbereitung). Insgesamt hat der Standort B mit der grössten Stresssituation (d. h. stärkster Nährstoffmangel, grösste Temperaturschwankungen, kürzeste Vegetationsperiode) die geringste Pflanzenvielfalt (Diversitätsindex <2.3).

Die von vielen Autoren (*Begon et al.* 1986; *Grimme* 1986; *Rosenzweig* 1995) vertretene Auffassung, dass die Pflanzendiversität bei mittleren Produktivitätsraten unter suboptimalen (mittleren) Wachstumsbedingungen am grössten ist, kann durch die genannten Fallbeispiele sowie die in Abb. 2 dargestellten Zusammenhänge zwischen Geoökofaktoren, insbesondere Nitrat, und Diversität für Magerrasen bestätigt werden. Sind die Bedingungen zu extrem, können viele Pflanzen nicht mehr wachsen (Beispiel Standort B, vgl. *Gigon* 1987). Durch Zunahme der Produktivität auf Grund günstigerer Lebensbedingungen (Nährstoffe, Wärme, Wasser) steigt der Grad der Spezialisierung und die Artenvielfalt (Beispiel Standort C und R). Werden die Bedingungen für einige Arten sehr günstig, zum Beispiel durch Nährstoffreichtum, verdrängen diese hochproduktiven Arten die anderen durch eine Zunahme ihrer Individuenzahl. Es kommt zum Rückgang der Diversität (Beispiel Standort N-UH). Noch deutlichere Aussagen sind zu erwarten, wenn mehrere Vegetationsgesellschaften und ein breiteres Ressourcenspektrum, zum Beispiel Fettwiesen oder Feuchtwiesen, einbezogen würden. Die Ergebnisse der Untersuchung von *Gasser-Ahmad* zeigen ebenfalls den beschriebenen Zusammenhang: Standorte mit mittleren Stickstoffzeigerwerten – als Ausdruck des Stickstoffangebotes für die Pflanzen gewertet – weisen die höchste Pflanzendiversität auf (Abb. 3).

In Abhängigkeit vom betrachteten Ökosystem kann ein Faktor einmal fördernd, einmal hemmend auf die pflanzliche Diversität wirken. So wirken hohe Kalkgehalte in der Wald-Wytweide fördernd auf die Pflanzendiversität, während extrem hohe Kalk- und Magnesiumgehalte in den Magerrasen die Diversität eher niedrig halten.

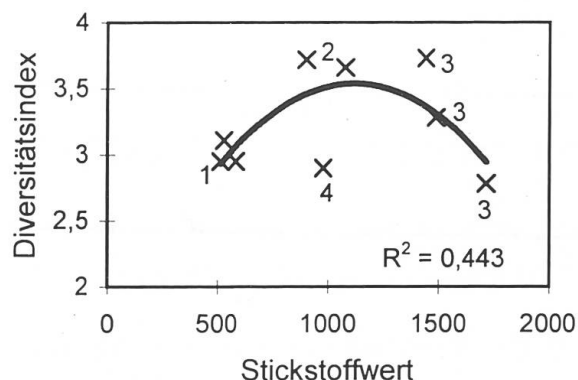


Abb. 3 Zusammenhang zwischen dem Stickstoffwert und der Pflanzendiversität der Standorte auf der Allmendweide bei Les Breuleux. Dargestellt ist eine polynomische Regressionsgleichung 2. Ordnung ($r=0.66$; $P<0.05$; $n=9$). Stickstoffwert = Summe der Produkte aus Deckungsgrad und Stickstoffzeigerwert für alle Arten des Standortes; Diversitätsindex nach Shannon-Weaver.

- 1 = Waldbedeckung $>35\%$;
- 2 = Waldweide (10-35% Waldbedeckung);
- 3 = Weide (0-10% Waldbedeckung);
- 4 = obwohl mittlere Stickstoffwerte auftreten, verringert die Stauvernässung an diesem offenen Waldstandort die Pflanzendiversität.

Kalk-Magerrasen (pH_{KCL} 5.40 - 7.23)	Wald-Wytweide (pH_{KCL} 3.59 - 5.12)
<p><i>Faktoren, die die Pflanzendiversität fördern:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • mittlere kleinräumige Heterogenität der Standortbedingungen (s. Abb. 5a) • mittlere Phytomasseproduktion auf Grund suboptimaler Ressourcenbedingungen 	<p><i>Faktoren, die die Pflanzendiversität fördern:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • grössere kleinräumige Heterogenität der Standortbedingungen (s. Abb. 5b) • hohe Kalk- und Magnesiumgehalte
<p><i>Faktoren, die die Pflanzendiversität verringern:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • extrem hohe Kalk- und Magnesiumgehalte • extreme Phosphor- und Stickstoffarmut • niedrige Pflanzenproduktivität 	<p><i>Faktoren, die die Pflanzendiversität verringern:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Viehtritt → Verdichtung → Stauvernässung • hohe mineralische Stickstoff- und Phosphorgehalte • hohe Walddichte → geringerer Lichteinfall → Diversität der Krautschicht verringert

Abb. 4 Landschaftsökologisch relevante Schlüsselparameter für die Pflanzendiversität in zwei verschiedenen Ökosystemen.

Auch sehr niedrige Gehalte an Phosphor und Stickstoff begrenzen die Diversität im Kalk-Magerrasen, während hohe Phosphor- und Stickstoffgehalte die Diversität der Wald-Wytweide reduzieren (Abb. 4).

4 Kleinräumige Heterogenität des Bodens und Pflanzendiversität

Kleinräumige Heterogenität der abiotischen und biotischen Standortbedingungen wird als ein weiterer wichtiger Faktor für hohe Diversität angesehen. Sie ermöglicht es vielen Arten, auf engem Raum zu koexistieren (Fitter 1982; Martin & Graham 1991, Willems *et al.* 1993). Es ist jedoch die Frage, ob eine grosse abiotische Heterogenität eine grosse Vielfalt von Lebensbedingungen bietet und damit viele Arten auf engem Raum koexistieren lässt oder ob die Vielfalt der Pflanzen mit unterschiedlichen Einflüssen auf den Boden und dessen Prozesse eine grosse Heterogenität schafft.

Wie gross sind nun die abiotischen, insbesondere edaphischen Unterschiede innerhalb der untersuchten Magerrasen im Vergleich untereinander und zu anderen Ökosystemen?

Einige Magerrasen (Standorte: B, E, CII, R) weisen insgesamt grössere kleinräumige Unterschiede auf als andere (Standorte: N-OH, V-OH, V-UH, CI). In Abbildung 5a ist der Zusammenhang zwischen der kleinräumigen Heterogenität eines Magerrasen-Standortes (gekennzeichnet durch die Variationskoeffizienten der geoökologischen Parameter innerhalb des Standortes, s. Ogermann) und der Pflanzendiversität dargestellt. Die Kurve deutet darauf hin, dass – wie bei den Ressourcenbedingungen (s. o.) – eine vergleichsweise mittlere Heterogenität eines

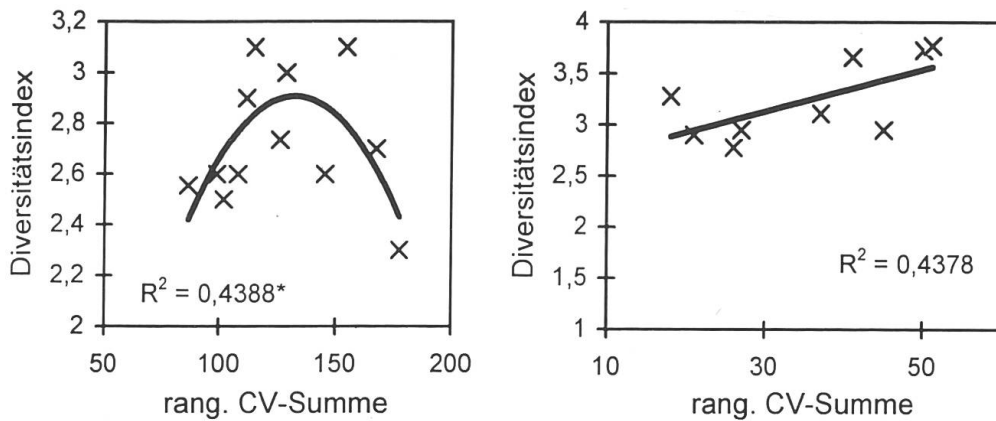


Abb. 5 Zusammenhang zwischen der innerstandörtlichen geökologischen Heterogenität (rang. CV-Summe) und der Pflanzendiversität (Diversitätsindex):

links: 5a) von zwölf Magerrasen-Standorten (polynomische Regressionsgleichung 2. Ordnung, * $P < 0.05$);

rechts: 5b) von neun Standorten auf der Allmendweide bei Les Breuleux (lineare Regression, $P = 0.056$).

(rang. CV-Summe = Summe der Ränge der Variationskoeffizienten von a) 19 und b) 7 edaphischen Parametern eines Standortes mit je sechs Proben).

Standortes mit der höchsten Pflanzendiversität verbunden ist. Jedoch beeinflussen sehr viele andere Faktoren, wie Relief, Substrat und Nutzung, die Pflanzendiversität wie auch die räumliche Heterogenität abiotischer Faktoren – zum Teil auch gegensätzlich – und überlagern diesen Zusammenhang. Die Daten lassen eine Trennung der verschiedenen Einflüsse nicht zu.

Im Vergleich zu intensiv landwirtschaftlich genutzten Standorten in Mitteleuropa, welche sich durch eine geringere Pflanzendiversität auszeichnen, konnte bei vielen Parametern auf den untersuchten Magerrasen eine grössere kleinräumige Heterogenität gefunden werden (Ogermann, in Vorbereitung). Die Untersuchungen auf der Allmendweide bei Les Breuleux zeigen, dass die Standorte mit höherer Diversität bei vielen geökologischen, insbesondere edaphischen Parametern eine grössere Heterogenität innerhalb des Standortes aufweisen als Standorte mit niedrigerer Diversität (Abb. 5b).

5 Fazit

Die Vielfalt der Pflanzenarten eines Standortes wird durch einen ganzen Faktorenkomplex mit mehr oder weniger bedeutenden Einflussgrössen bedingt, deren unterschiedliche Wirksamkeit vom betrachteten Ökosystemtyp abhängt. Welche Beziehung zwischen den abiotischen Standortbedingungen und der Pflanzendiversität gültig ist, hängt vom betrachteten Ökosystemausschnitt (der Spannbreite der Merkmale) und der räumlichen Skala ab (Vergleich von Standorten eines oder verschiedener Ökosystemtypen in einer Region oder aus unterschiedlichen geographischen Zonen). Im regionalen Massstab scheinen suboptimale Standortbedingungen, die zu mittleren Produktivitätsraten führen sowie eine relativ grosse kleinräumige

Boden-Heterogenität vielen Pflanzenarten die Koexistenz zu ermöglichen. Zur Absicherung dieser Zusammenhänge zwischen Biodiversität und geoökologischen Faktoren sind weitere landschaftsökologische Forschungen notwendig, die verschiedene Ökosystemtypen einer Region vergleichend untersuchen.

Die Autorin bedankt sich bei M. Fischer und J. Joshi (Botanisches Institut der Universität Basel) für die Vegetationsaufnahme.

Diese Arbeit wurde durch die finanzielle Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds (SNF) ermöglicht.

Literatur

Begon M., Harper J.L. u. C.R. Townsend 1986. *Ecology – Individuals, Populations and Communities*. Oxford, London, Edinburgh, 1-876.

Braun-Blanquet J. 1964. *Pflanzensoziologie*. Wien. 1-865.

Fischer M. 1996. *Experimental population biology of the rare *Gentianella germanica**. Dissertation, Botanisches Institut, Universität Basel [in Druckvorbereitung].

Fitter A.H. 1982. Influence of soil heterogeneity on the coexistence of grassland species. *Journal of Ecology* 70, 139-148.

Gasser-Ahmad C. [o. J.]. *Geoökologische Zustandsgrößen einer Wytweide im Grossraum Basel – Bedeutung für Bodenerhaltung, Bewirtschaftung und Biodiversität*. Unpubliziertes Manuskript.

Gigon A. 1987. A Hierarchic Approach in Causal Ecosystem Analysis. *Ecol. Studies* 61, 228-244.

Grime J.P. 1986. *Plant strategies and vegetation processes*. Chichester, 1-222.

Huston M.A. 1994. *Biological diversity: the coexistence of species on changing landscapes*. Cambridge, 1-681.

Joshi J. 1994. *Patterns of plant species diversity in habitat fragments and effects of isolation and fragment size on plant reproductive capacity*. Diplomarbeit, Botanisches Institut, Universität Basel, unveröffentlicht.

Leser H. 1994a. Das Biodiversitätsprojekt auf der Nenzlinger Weide. Interdisziplinäre Arbeit aus ökologischer Sicht. *Regio Basiliensis* 35/2, 81-90.

Leser H. 1994b. Räumliche Vielfalt als methodische Hürde der Geo- und Biowissenschaften. *Potsdamer Geogr. Forsch.* 9, 7-22.

Martin J.L. u. B. Graham 1991. The ecology and genetics of fitness in forest plants. II. Microspatial heterogeneity of the edaphic environment. *Journal of Ecology* 76, 687-696.

- Ogermann P. [o.J.]. *Biologische Bodenaktivität, Kohlenstoffumsatz und Nährstoffversorgung auf Magerrasen-Standorten unterschiedlicher Vegetationszusammensetzung und Produktivität*. Dissertation, Departement für Geographie, Universität Basel [in Vorbereitung].
- Remmert H. 1992. *Ökologie*. Berlin, Heidelberg, New York, 5. Aufl., 1-363.
- Rosenzweig M.L. 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge, 1-436.
- Weber M., Körner C., Schmid B. u. W. Arber 1995. Diversity of Life in a Changing World. *GAIA* 4, 185-190.
- Willems J.H., Peet R.K. u. L. Bik 1993. Changes in chalk-grassland structure and species richness resulting from selective nutrient additions. *Journal of Vegetation Science* 4, 203-212.
- Wüthrich Ch. 1993. Methoden und erste Ergebnisse zum Kompartiment "Humus" im Standortregelkreis der Geoökosysteme am Liefdefjorden. Leser, H. (Hrsg.). Methoden- und Datenübersicht der Forschungsgruppen der Geowissenschaftlichen Spitzbergenexpedition 1990 und 1991 zum Liefdefjorden ("Datenband"). Basel, *Materialien zur Physiogeographie*, 15, 23-36.

