

Einfluß der Landschaftsstruktur auf die Verbreitung von Pflanzenarten im Mitteldeutschen Trockengebiet

Annett WANIA, Ingolf KÜHN, Manfred FRÜHAUF und Stefan KLOTZ

6 Abbildungen und 8 Tabellen

ABSTRACT

WANIA, A.; KÜHN, I.; FRÜHAUF, M.; KLOTZ, S.: Influence of landscape structure on the distribution of plant species in Central Germany.- *Hercynia* N.F. **35** (2002): 215-231.

As discussed in recent publications, the distribution and diversity of plant species is no longer only influenced by natural conditions, but also very strongly by human activity. Two processes are the main causes: the natural landscape structure has been transformed by cultivation, urbanisation and the construction of roads and railways, and many bio-geographical barrier ranges of species were eliminated by the deliberate and unintentional transplantation of species. Extremely high species numbers in certain ecosystems contrast the loss of biodiversity on the global scale. This requires the investigation of the factors involved in the distribution and diversity of species in today's cultivated landscapes.

This study especially focuses on the relationship between plant biodiversity and landscape structure. The study sites are located within a characteristic landscape in Central Germany (Saxony-Anhalt), which is defined by urban centres and large agricultural fields. The study is based on two different study areas and compares mainly urban sites (within the city of Halle) with those dominated by agriculture (surroundings of the 'Süßer See' situated to the West of Halle). Both sites differ considerably in land use pattern. The landscape structure was analysed using landscape metrics after MCGARIGAL et MARKS (1994). The number of landscape metrics is reduced by performing principal component analysis. Principal components and species numbers are then placed in a multiple linear regression.

The results show that the number of species found in the urban landscape is higher than that of the agricultural landscape. This is the case for native as well as alien plant species. The most decisive factor for biodiversity in general and the high diversity of native plant species on the local scale is the variety of landscape structures that is mainly caused by anthropogenic land use. The alien plant species show a stronger dependence on the proportion of anthropogenic land use.

Keywords: landscape structure, landscape metrics, urban landscape, agricultural landscape, plant species distribution, alien and native plants

1 EINLEITUNG

Die natürlichen Verbreitungsmuster von Pflanzen und Tieren wurden durch den Menschen maßgeblich verändert. Hierbei waren zwei Prozesse von wesentlicher Bedeutung: die Veränderung des ursprünglichen Lebensraumes durch unterschiedlichste Formen der Landnutzung sowie die Einwanderung und Einbringung gebietsfremder Arten. Aus den Naturlandschaften entstanden die heutigen Kulturlandschaften, die HAASE et RICHTER (1980) als ein Mosaik aus nutzungsbedingten Komponenten und Naturraumkomponenten beschreiben. Durch die Reduzierung der Habitats in Anzahl und Ausdehnung, ihre Isolation innerhalb der Landschaft und die Veränderung abiotischer Standortfaktoren wurden die natürlichen Lebensbedingungen der standörtlichen Vegetation negativ beeinflusst. Die Folge ist oftmals ein allmählicher Verlust an Artenvielfalt. Gleichzeitig wird durch diese Prozesse aber auch Lebensraum für andere Arten geschaffen, die diese Lebensbedingungen tolerieren (KOWARIK 1995). Es muß an dieser Stelle bemerkt werden, daß bis Mitte des vorigen Jahrhunderts mit der Erhöhung der Strukturvielfalt auch eine Erhöhung der Artenzahlen einherging. Seitdem wird ein allgemeiner Verlust an Artenvielfalt festgestellt.

Der zweite Faktor, der zur Veränderung der natürlichen Verbreitungsmuster von Pflanzenarten führte, war die bewußte oder unbewußte Einbringung von Arten anderer Kontinente und Regionen, die in unserem Raum nicht heimisch sind (ELTON 1958). Diese gebietsfremden Arten sind z.T. zu einem festen Bestandteil der heimischen Flora geworden.

Diese Prozesse tragen auf der einen Seite zu einem weltweiten Verlust an Artenvielfalt bei. Auf der anderen Seite kann es lokal und regional zur Zunahme von Artenzahlen kommen. Zahlreiche Studien belegen für Pflanzen in Städten höhere Artenzahlen als für das Umland (HAEUPLER 1974; KLOTZ 1990, 2000; KOWARIK 1995; STADLER et al. 2000; DEUSCHEWITZ et al. im Druck). Einen bedeutenden Anteil haben hieran die gebietsfremden Arten (KOWARIK 1995; KLOTZ 2000). Als Gründe werden die größere Habitatheterogenität in Städten, die Rolle der Städte als Zentren der Immigration sowie die größere Anpassungsfähigkeit gebietsfremder Arten an anthropogene Störungen aufgeführt. Es gibt aber auch Studien, die keine erhöhten Artenzahlen im Vergleich zum Umland feststellen konnten (z.B. ROY et al. 1999 für Großbritannien).

Im Rahmen dieser Arbeit sollte die Verbreitung einheimischer und gebietsfremder Pflanzenarten am Beispiel einer mitteldeutschen Landschaft untersucht werden. Ziel war es, Landschaftsmerkmale zu finden, die zur Vorhersage von Artenvielfalt in den Kulturlandschaften des mitteldeutschen Raumes dienen können. Dies erfolgte vor dem Hintergrund der anthropogenen Überprägung der Landschaft, maßgeblich durch landwirtschaftliche Nutzung und Siedlungsaktivität.

2 UNTERSUCHUNGSGBIET UND METHODEN

Für die Untersuchung wurden zwei Gebiete ausgewählt, die sich aufgrund ihres Landnutzungsmusters maßgeblich voneinander unterscheiden. Bedingung für deren Auswahl war die Lage innerhalb eines einzigen Landschaftsraumes, wodurch klimatisch bedingte Unterschiede der Artvorkommen von Anfang an minimiert werden sollten. Kennzeichnend für die standörtliche Vegetation ist die Lage im Mitteldeutschen Trockengebiet. Dessen kontinental getöntes Lokalklima mit den ausgesprochen geringen Jahresniederschlägen unter 500 mm ist bedingt durch die Lage im Regenschatten des Harzes.

Das vorwiegend durch landwirtschaftliche Nutzung geprägte Untersuchungsgebiet Umland liegt westlich von Halle im Bereich der Mansfelder Seen (Abb. 1). Neben großflächiger Ackernutzung und Obst-anbau wird das Nutzungsmuster hier auch durch den ober- und unterirdischen Abbau von Rohstoffen (Kohle und Kupferschiefer) bestimmt.

Diesem gegenüber stand das vorwiegend städtisch geprägte Untersuchungsgebiet Stadt (Abb. 1), durch das eine möglichst große Bandbreite der vielfältigen Nutzungstypen im Stadtgebiet in die Untersuchung einbezogen werden sollte. Neben den typischen Wohn- und Industrie- bzw. Gewerbenutzungen umfaßt dieses Untersuchungsgebiet somit auch den durch Wiesen und Wald gekennzeichneten Grüngürtel im Bereich der Saaleaue.

Die Abgrenzung der beiden, jeweils 10 x 11 km großen Untersuchungsgebiete erfolgte auf der Grundlage des Gauß-Krüger-Koordinatensystems. Innerhalb dieser 110 km² wurden in einem Zufallsverfahren je 20 Testflächen ausgewählt (Abb. 1). Deren Größe beträgt 250 x 250 m. Auf diese insgesamt 40 Testflächen bezieht sich die gesamte Untersuchung.

2.1 Datengrundlage

2.1.1 Floristische Daten

Für die 40 Testflächen wurden alle spontan vorkommenden Gefäßpflanzen in Artenlisten erfaßt (WANIA 2001). Über die Verknüpfung dieser Artenlisten mit den floristischen Datenbanken FLORA89 (FRANK et al. 1989; FRANK et KLOTZ 1990) und BIOLFLORE (KLOTZ et al. im Druck) erfolgte die Zuordnung der ökologischen Artmerkmale. Entsprechend ihrem Status erfolgte so eine Aufteilung in die Gruppe der

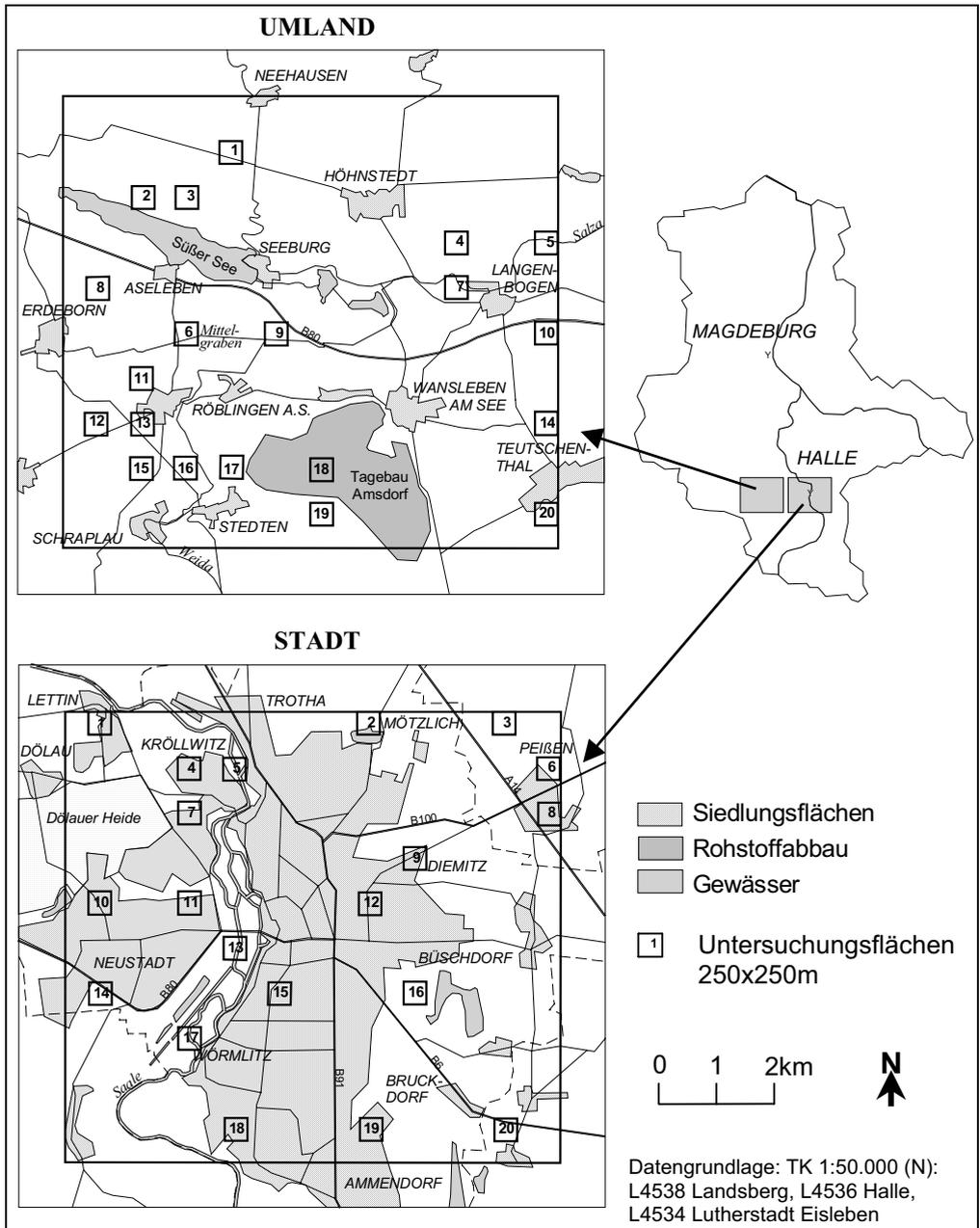


Abb. 1: Lage der beiden Untersuchungsgebiete innerhalb Sachsen-Anhalts und ihre räumliche Abgrenzung

einheimischen Arten (indigene Arten) sowie der gebietsfremden Arten. Entsprechend dem Einwanderungszeitraum wurden letztere differenziert in die Gruppe der Archäophyten (Alteinwanderer: vor 1500) und Neophyten (Neueinwanderer: seit 1500). Die Archäophyten gelangten mit der Einführung des Acker-

baus nach Mitteleuropa. Sie treten deshalb häufig ackerbegleitend bzw. als stickstoffliebende Arten auch in Siedlungsnähe auf. Die Neophyten gelangten unbewußt über Handelsgüter seit der Entdeckung Amerikas in unseren Raum oder wurden als Zier- und Nutzpflanzen eingeführt bzw. kultiviert und dann verwildert.

2.1.2 Landnutzungs- und Bodendaten

Wesentliche Grundlage für die Ausweisung des Landnutzungsmusters war die Biotop- und Nutzungstypenkartierung Sachsen-Anhalt (Stand 1992/93), die durch eigene Kartierungen, CIR-Luftbilder sowie weitere Flächennutzungsdaten im Bereich rezenter Umnutzungen (Tagebau Amsdorf, Salziger See, Stadt Halle) aktualisiert und ergänzt wurde (WANIA 2001). Zur Quantifizierung des menschlichen Einflusses wurden den 37 ausgewiesenen Flächennutzungstypen Versiegelungsgrade und Hemerobiestufen zugeordnet. Die Versiegelungsgrade wurden dabei aus der offiziellen Biotop- und Nutzungstypenkartierung übernommen. Diese unterscheidet 5 Stufen der Versiegelung: unversiegelt, gering-, mäßig-, stark- und sehr stark versiegelt. Als Maß zur Interpretation der Flächennutzungsintensität wurde jeder Flächennutzung eine Hemerobiestufe zugeordnet, die jeweils den Grad der menschlichen Beeinflussung auf die spontane Vegetation am Standort angibt. Grundlage hierfür war die elf-stufige Skala von KOWARIK (1988). Aufgrund der intensiven anthropogenen Überprägung der Landschaft im mitteldeutschen Raum kommen die als natürlich einzustufenden Habitate der ersten drei Stufen in den Untersuchungsgebieten hier allerdings nicht vor. Deshalb wurden nur 8 Hemerobiestufen ausgewiesen (vgl. Tab. 1).

Die Quantifizierung der Landschaftsstruktur (Analyse der räumlichen Muster) erfolgte über Landschaftsstrukturmaße nach MCGARIGAL et MARKS (1994). Die Theorie zu deren Aufstellung beruht, gemäß der

Tab. 1: Verwendete Landschaftsstrukturmaße und ihre Gruppierung in Maße der Komposition und Konfiguration. MPS = mean patch size, EDGED = edge density, CWED = contrast weighted edge density, AW... = area weighted... (AWVERS, AWAZ) (Bezeichnungen übernommen aus MCGARIGAL et MARKS, 1994)

	Bezeichnung (Name)
Konfiguration	Anzahl der Teilflächen (NUMP)
	Anzahl der Bodenteilflächen (NUMP_Bo)
	durchschnittliche Größe der Teilflächen (MPS)
	Variationskoeffizient der Teilflächengröße (PSCOV)
	durchschnittliche Größe der Bodenteilflächen (MPS_Bo)
	Anzahl der Grenzlinien (NUMEDGE)
	Anzahl der Boden-Grenzlinien (NUMEDGE_Bo)
	Dichte der Grenzlinien (EDGED)
	Dichte der Boden-Grenzlinien (EDGED_Bo)
Komposition	Anzahl verschiedener Flächennutzungen (NUMFN)
	Anzahl verschiedener Hemerobiestufen (NUMHEM)
	Anzahl verschiedener Versiegelungsgrade (NUMVERS)
	Anzahl verschiedener Bodenklassifizierungen (NUMKlass_Bo)
	Anzahl verschiedener Bodenarten (NUMBodart)
	durchschnittliche Versiegelung (AWVERS)
	durchschnittliche Ackerzahl (AWAZ)
	Flächenanteile der 8 Hemerobiestufen (HEM 3-10)
	Flächenanteile der 5 Versiegelungsgrade (unversiegelt bis sehr stark versiegelt)
	Dichte der Verkehrswege (WEGED)
	kontrastgewichtete Grenzliniendichte-Hemerobie (CWED)
	kontrastgewichtete Grenzliniendichte-Ackerzahl (CWED_Bo)

landschaftsökologischen Modellvorstellung, auf der Zerlegung der Landschaft in einzelne Elemente (HAASE et RICHTER 1980 u.a.). Landschaftsstrukturmaße ermöglichen somit eine Quantifizierung der räumlichen Heterogenität einer Landschaft, die charakterisiert ist durch ihre Komposition und Konfiguration (MCGARIGAL et MARKS 1994). Die Komposition wird dabei über die Vielfalt und die Flächenanteile der spezifischen Landschaftselemente (auch inhaltliche Gliederung einer Landschaft nach BARSCH 1988) ermittelt. Die Konfiguration bezieht sich auf physische und räumliche Eigenschaften der Landschaftselemente und wird durch deren Größe, Anzahl und Form bestimmt. Inhaltlich lassen sich die Landschaftsstrukturmaße in insgesamt sechs Gruppen zusammenfassen. Dabei wird zwischen den einfacheren Flächen-, Dichte-, Grenzlinien- und Formenmaßen sowie komplexeren Größen unterschieden. Letztere ermöglichen auch eine Quantifizierung der Diversität einer Landschaft sowie Aussagen zu den Kernzonen von Habitaten (core-area). Aufgrund des Untersuchungsmaßstabs wurden nur Maße aus den ersten drei Gruppen ausgewählt. Die Berechnung erfolgte mit PatchAnalyst¹ in ArcView und durch eigene Berechnungen für jede der 40 Testflächen. Grundlage für die Aufstellung der Maße waren zum einen die Polygon- und Linienlayer für die Analyse der Landnutzungsstruktur. Zum anderen wurden zur Ermittlung des Einflusses der edaphischen Standortvariabilität Kenngrößen auf der Grundlage der Bodendaten berechnet (WANIA 2001). Da sich die Daten der Reichsbodenschätzung auf Bereiche außerhalb von Siedlungen beschränken, konnten diese nur für 20 Testflächen bestimmt werden. Entscheidend hierfür war das flächendeckende Vorhandensein von Daten der Reichsbodenschätzung innerhalb eines Rasters. In Tab. 1 sind alle verwendeten Maße aufgeführt.

Die Konfiguration der Landschaft (Anordnung der Landschaftselemente) wird durch die generelle Anzahl der Teilflächen aus Landnutzung (NUMP) und Bodenklassifikation (NUMP_Bo) sowie deren durchschnittliche Größe (MPS, MPS_Bo) charakterisiert. Aufgrund der sehr großen Schlaggrößen innerhalb der mitteldeutschen Agrarlandschaft wurde zur Erfassung der Flächengrößenvariabilität für die Landnutzung auch der Variationskoeffizient der Teilflächengröße (PCOV) berechnet. Die Grenzlinien selbst konnten über ihre Anzahl (NUMEDGE, NUMEDGE_Bo) und Dichte (EDGED, EDGED_Bo) quantifiziert werden.

Die Grundlage für die Bemessung der Komposition (Landschaftszusammensetzung) bildet die Anzahl verschiedener Flächennutzungen (NUMFN), Hemerobiestufen (NUMHEM) und Versiegelungsgrade (NUMVERS). Für die außerurbanen Räume bildete zusätzlich die Anzahl verschiedener Bodenklassifizierungen (NUMKlass_Bo) und Bodenarten (NUMBodart) die Basis. Des Weiteren wurde die durchschnittliche Versiegelung (AWVERS) und für den Boden die durchschnittliche Ackerzahl (AWAZ) berechnet. Für die Berechnung der Komposition konnten weiterhin die jeweiligen Flächenanteile der 8 Hemerobiestufen (HEM 3[mesohermerob]-10[metahermerob]) und 5 Versiegelungsgrade (unversiegelt bis stark) herangezogen werden. Zur Bewertung des Einflusses linearer Strukturen wurde die Dichte der Verkehrswege ermittelt (WEGED). Des Weiteren erfolgte in Anlehnung an MCGARIGAL et MARKS (1994) für die Grenzlinien zwischen den Teilflächen eine Bestimmung des Kontrastes (CWED, CWED_Bo).

2.2 Statistik

Zur Beurteilung der beiden Untersuchungsgebiete wurden zunächst die Gesamtartenzahlen und die durchschnittlichen Artenzahlen pro Raster verglichen. Die Landschaftsstruktur konnte über die prozentualen Flächenanteile der Hauptnutzungstypen (gruppierte Einzelnutzungen), die 8 Hemerobiestufen und 5 Versiegelungsgrade sowie die durchschnittlichen Werte der in Stadt und Umland unterschiedlichen Landschaftsstrukturmaße hinreichend charakterisiert werden.

Die Aufdeckung der Zusammenhänge zwischen Artenvielfalt und Landschaftsstruktur erfolgte über die Kombination einer Hauptkomponentenanalyse und einer multiplen Regression (RIITERS et al. 1995; CAIN et al. 1997; DEUSCHEWITZ im Druck). Die Hauptkomponentenanalyse ermöglicht als multivariates Verfahren die Reduzierung der hohen Anzahl an Landschaftsstrukturmaßen auf eine geringe Anzahl an

¹ Patch Analyst ist eine Erweiterung von ARCVIEW und als Download im Internet verfügbar unter <http://flash.lakeheadu.ca/~rrempel/patch/>

Hauptkomponenten. Auf der Grundlage der Korrelationsmatrix werden jeweils hoch korrelierende Variablen in solchen Hauptkomponenten zusammengefaßt. Aufgrund der Schiefe der Verteilung der floristischen Daten und der Landschaftsdaten wäre allerdings eine Transformation der Daten notwendig gewesen. Da die durchgeführten Transformationen (log, Wurzel, arcsin) nur für einige Variablen eine Normalverteilung zur Folge hatten, wurde aber zugunsten der Vergleichbarkeit der Daten auf eine Transformation generell verzichtet. Um eine starke Verzerrung der Ergebnisse zu verhindern war es stattdessen notwendiger, die Daten hinsichtlich ihrer Eignung für eine Hauptkomponentenanalyse zu prüfen (BACKHAUS et al. 1996). So wurden in der Folge zunächst alle Variablen ausgeschlossen, die niedrige Korrelationskoeffizienten aufwiesen. Desweiteren erfolgte eine Prüfung der Anti-Image-Kovarianzmatrix (Werte in der Diagonalen vorzugsweise nahe Null) und der Anti-Image-Korrelationsmatrix bzw. des Kaiser-Meyer-Olkin-Kriteriums ($>0,5$).

Zur Optimierung des Ladungsmusters wurde eine Varimax-Rotation durchgeführt. Für die folgende multiple lineare Regression fanden Hauptkomponenten mit Eigenwerten größer eins Verwendung (Kaiserkriterium). Ein weiteres entscheidendes Auswahlkriterium war die Interpretierbarkeit des Ladungsmusters sowie die Anzahl hoch ladender Variablen innerhalb der Hauptkomponenten.

In der multiplen linearen Regression konnten die ermittelten Faktorwerte der jeweiligen Hauptkomponenten den Artenzahlen gegenüber gestellt werden. Für den Variableneinschluß (in diesem Fall die Hauptkomponenten) in das Regressionsmodell wurde die schrittweise Methode gewählt. Kriterium hierfür war die F-Wahrscheinlichkeit, die für den Ausschluß auf 0,1 und für die Aufnahme auf 0,05 festgelegt wurde. Für die Analyse über alle 40 Testflächen erwies sich aufgrund der hohen Anzahl an Hauptkomponenten eine Bonferroni-Korrektur der F-Wahrscheinlichkeit als zweckmäßig.

Die Beurteilung der Aussagefähigkeit der ermittelten Regressionsfunktion erfolgte über den F-Test (95 % Konfidenzintervall). Die Signifikanzprüfung der partiellen Regressionskoeffizienten konnte anhand des t-Tests vollzogen werden. Die Überprüfung der zuvor angenommenen linearen Beziehung zwischen Artenzahlen und Landschaftsstrukturparametern ließ sich anhand des Streudiagramms der standardisierten Vorhersagewerte und Residuen vornehmen. Die Residuen wurden so auch auf ihre Normalverteilung geprüft.

3 ERGEBNISSE

3.1 Charakteristik der beiden Untersuchungsgebiete

3.1.1 Floristische Daten

Die floristischen Daten zeigen signifikante Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgebieten. Die Gesamtartenzahl des Untersuchungsgebietes Stadt ist deutlich höher als im Untersuchungsgebiet Umland (Tab. 2). Dieser Unterschied basiert hauptsächlich auf dem Anteil der einheimischen Arten, der im Umland größer als in der Stadt ist. Auch bei den Archäophyten weist das Untersuchungsgebiet Umland im Vergleich zur Stadt einen höheren Anteil an der Gesamtartenzahl auf. Lediglich die Neophyten sind in der Stadt stärker als im Umland vertreten.

Die durchschnittliche Gesamtartenzahl pro Testfläche ist in der Stadt mit 146,8 deutlich höher als im Umland (89,2). Dies trifft auch hinsichtlich der Unterteilung in einheimische und gebietsfremde Arten (s. Abb. 2) zu. So ist die durchschnittliche Anzahl der einheimischen Arten in der Stadt mit 97,4 wesentlich höher als im Umland mit 61,9. Auffallend ist jedoch, daß außerhalb des urbanen Raumes die durchschnittliche Anzahl der Archäophyten mit 15,2 etwas höher ist als die der Neophyten mit 12,0. In der Stadt dominieren demgegenüber die Neophyten (26,7) im Verhältnis zu den Archäophyten (22,4).

3.1.2 Landnutzungsdaten

Zur Verdeutlichung der Unterschiede zwischen den Flächennutzungsanteilen beider Untersuchungsgebiete wurden die 37 Nutzungstypen zu acht Hauptnutzungsgruppen zusammengefaßt. Abbildung 3 zeigt die prozentualen Anteile dieser Hauptnutzungsgruppen an der Gesamtfläche. Hierbei wird der Unterschied

Tab. 2: Gesamtartenzahl, Anzahl der einheimischen Arten, Archäophyten, Neophyten und anteilige Prozente an der Gesamtartenzahl in beiden Untersuchungsgebieten

Artengruppe	Umland		Stadt	
	Artenzahl	%	Artenzahl	%
Gesamtarten	415		539	
einheimische Arten	268	65	332	62
Archäophyten	62	15	64	12
Neophyten	85	20	143	26

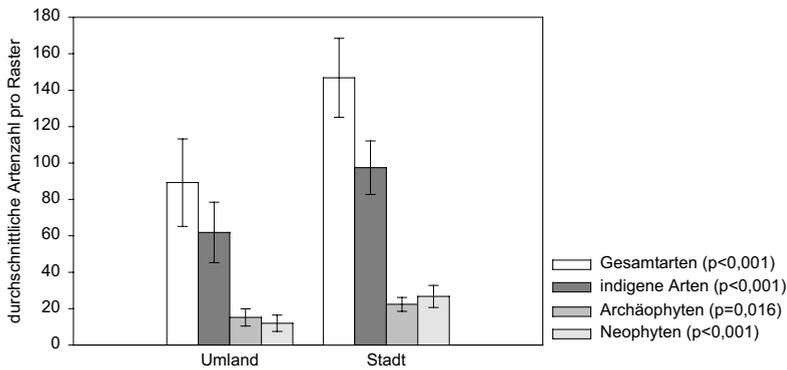


Abb. 2: Durchschnittliche Artenzahlen pro Raster (Fehlerbalken geben das 95 % Konfidenzintervall an) (p-Niveau Mann-Whitney U-Test)

zwischen dem agrarisch dominierten und dem städtisch geprägten Untersuchungsgebiet besonders deutlich. Das Untersuchungsgebiet Umland wird neben den agrarischen auch durch naturnahe Nutzungen bestimmt. Innerhalb des städtischen Untersuchungsraumes erscheinen die Flächenanteile von Industrie bzw. Gewerbenutzungen, Wohnbebauung, Verkehrsflächen sowie städtischen Grünflächen prägend.

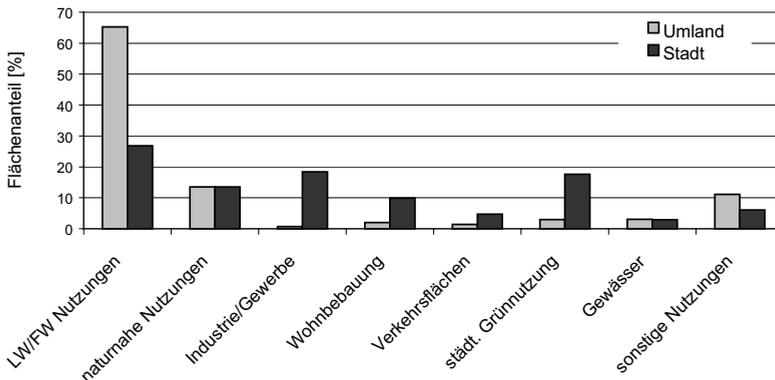


Abb. 3: Landschaftsstruktur der Untersuchungsgebiete – prozentuale Flächenanteile der Nutzungstypen (gruppiert). LW/FW Nutzungen = land- und forstwirtschaftliche Nutzungen, naturnahe Nutzungen = Staudenflur, naturnahes Gebüsch, Röhricht, Streuobstwiese, Wald

Die Struktur der Flächennutzung konnte u.a. über die Flächenanteile der Hemerobiestufen und Versiegelungsgrade charakterisiert werden. Die so ermittelten Kenngrößen bildeten nicht nur eine wesentliche Basisinformation für die weiteren Analysen, sondern erlaubten auch eine weitergehende Gruppierung der Flächennutzungen. Als objektives Maß zur weiteren Differenzierung der beiden Untersuchungsgebiete konnten die Flächenanteile der fünf Versiegelungsgrade (Abb. 4) bestimmt werden. Der hohe Anteil unversiegelter Flächen unterstreicht hierbei eindrucksvoll den offenen Landschaftscharakter des Untersuchungsgebietes im Umland. Demgegenüber erscheint es kaum verwunderlich, daß das Untersuchungsgebiet Stadt einen deutlich höheren Anteil bei den versiegelten Flächen aufweist. Die Grundaussagen, die sich aus dem Vergleich der Anteile der einzelnen Stufen ergeben, finden ihren Ausdruck in der durchschnittlichen Versiegelung (AWVERS). Diese ist im Untersuchungsgebiet Stadt mit 1,24 wesentlich höher als im Untersuchungsgebiet Umland mit 0,20 ($p < 0,001$, U-Test). Die Unterschiede zwischen den Flächenanteilen der einzelnen Versiegelungsgrade sind außer für den Grad "stark" alle als signifikant zu bezeichnen.

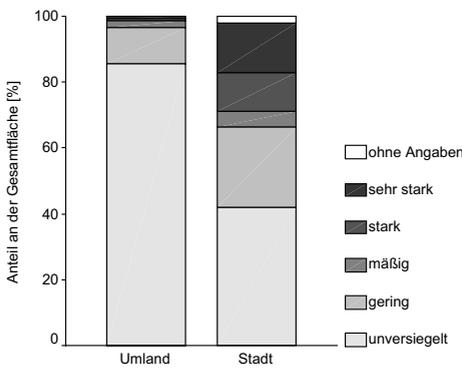


Abb. 4: Prozentuale Flächenanteile der Versiegelungsstufen an der Gesamtfläche der jeweils 20 Untersuchungsflächen in beiden Untersuchungsgebieten (p-Niveau Mann-Whitney U-Test: unversiegelt $< 0,001$; gering = 0,01; mäßig = 0,03; stark = 0,17; sehr stark = 0,01)

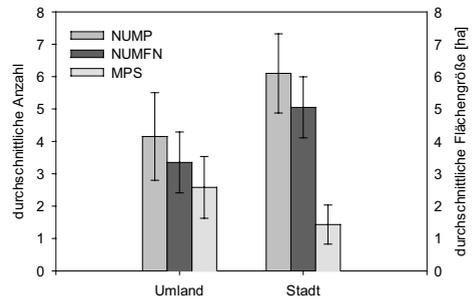


Abb. 5: Ausgewählte Landschaftsstrukturmaße beider Untersuchungsgebiete im Vergleich (bezogen auf die Landnutzung)

Durchschnittliche Anzahl der Teilflächen (NUMP, $p = 0,02$), durchschnittliche Anzahl verschiedener Flächennutzungen (NUMFN, $p = 0,01$) und durchschnittliche Größe der Teilflächen (MPS, $p = 0,04$) beider Untersuchungsgebiete im Vergleich (p-Niveau Mann-Whitney U-Test) (Fehlerbalken geben das 95 % Konfidenzintervall an)

Die aufgezeigten Unterschiede in der Landnutzung wirken sich in markanter Art und Weise auf die Zusammensetzung des Landschaftsmosaiks aus. In Abbildung 5 sind drei charakteristische Landschaftsstrukturmaße dargestellt. Sie verdeutlichen eindrucksvoll die Unterschiede in der Landschaftsstruktur zwischen beiden Untersuchungsgebieten. Im Umland treten durchschnittlich wesentlich weniger, allerdings dann größere Teilflächen pro Untersuchungsareal auf. In der Stadt ist demgegenüber die Anzahl verschiedener Nutzungen und damit die Nutzungsvielfalt wesentlich höher.

In Abbildung 6 sind eine urbane, eine agrarisch dominierte und eine naturnahe Untersuchungsfläche beispielhaft dargestellt. Deutlich erkennbar sind die Unterschiede bezüglich der unterschiedlichen Landnutzung, der Flächengrößen sowie der damit verbundenen Anzahl und Vielfalt an Grenzlinien.

3.2 Zusammenhang zwischen Flora und Landschaftsstruktur

Die ersten Aussagen beziehen sich auf die Landschaftsstrukturmaße, die auf Grundlage des Landnutzungs mosaiks ermittelt wurden. Diese fanden auch Eingang in der Analyse zum Einfluß der edaphi-

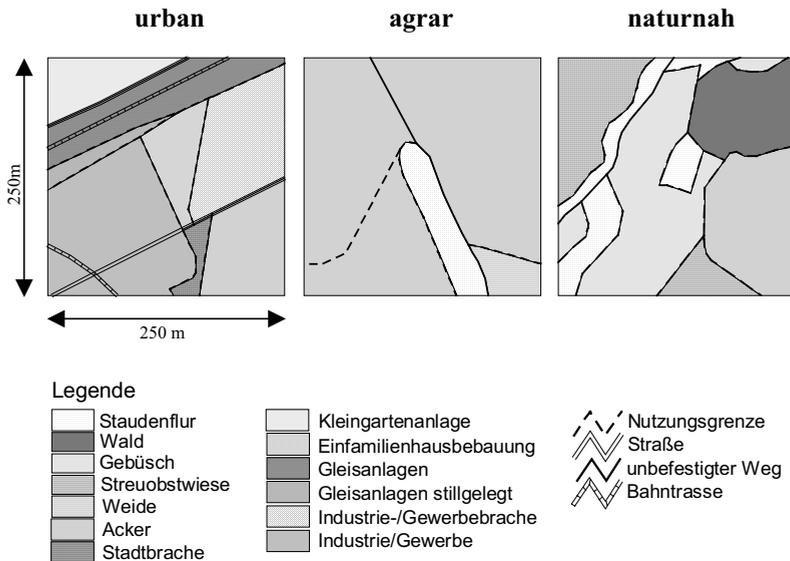


Abb. 6: Einfluß der Flächennutzung auf die Strukturvielfalt, dargestellt am Beispiel von drei unterschiedlich geprägten Untersuchungsflächen

schen Standortvariabilität, in der darüber hinaus auch die Ergebnisse der Reichsbodenschätzung berücksichtigt werden mußten.

3.2.1 Untersuchungsgebiet Umland

Nach Eignungsprüfung der Variablen wurde die Hauptkomponentenanalyse über 15 Landschaftsstrukturmaße durchgeführt. Das Ladungsmuster der jeweiligen Hauptkomponenten ist in Tabelle 3 aufgeführt. Die erste Hauptkomponente faßt den Großteil der Landschaftsstrukturmaße zusammen, die eine klein strukturierte Landnutzung widerspiegeln (viele verschiedene Nutzungen, kleine Flächengrößen, hohe Anzahl an Grenzlinien). Die dritte Hauptkomponente beinhaltet ausschließlich Grenzlinienmaße. Die übrigen Hauptkomponenten beziehen sich vorrangig auf die Hemerobiestufen und Versiegelungsgrade.

Die Ladungsmuster der einzelnen Hauptkomponenten wurden wie folgt interpretiert:

HK 1: stark differenzierte, kontrastreiche Landschaftsstruktur naturnaher Bereiche

HK 2: hoher Versiegelungsgrad

HK 3: hohe Verkehrswegedichte

HK 4: hohe Nutzungsintensität.

In den anschließenden multiplen Regressionen für die Artengruppen wurde die vierte Hauptkomponente in keines der Modelle einbezogen, da hier kein signifikanter Zusammenhang bestand. In Tabelle 4 sind die korrigierten Bestimmtheitsmaße für die Modelle der Artengruppen sowie die in die einzelnen Modelle einbezogenen Hauptkomponenten mit ihren entsprechenden Beta-Werten und Signifikanzen aufgeführt.

Hieraus wird ableitbar, daß im Umland die Siedlungsstrukturen ganz wesentlich zur Erhöhung der Artenvielfalt beitragen. Eine starke Beziehung besteht hier vor allem für die gebietsfremden Arten. Die hohen Beta-Werte der zweiten Hauptkomponente verdeutlichen einen starken Bezug zu hoch versiegel-

Tab. 3: Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse - Untersuchungsgebiet Umland: Ladungen der Landschaftsstrukturmaße innerhalb der Hauptkomponenten (HK)
Hohe Ladungen sind entsprechend hervorgehoben. Die Hauptkomponenten erklären insgesamt 86,1 % Varianz.

Landschaftsstrukturmaße	Hauptkomponenten (erklärender Anteil an der Gesamtvarianz in %)			
	HK 1 (52,6)	HK 2 (16,2)	HK 3 (10,1)	HK 4 (7,1)
Name Inhalt				
NUMP Anzahl Teilflächen	0,98	0,06	0,11	0,10
NUMFN Anzahl verschiedener Flächennutzungen	0,95	0,20	0,06	0,06
MPS durchschnittliche Größe der Teilflächen	-0,83	-0,27	-0,18	0,23
PSCOV Variationskoeffizient der Teilflächengröße	0,80	0,15	0,12	-0,34
NUMEDGE Anzahl Grenzlinien	0,89	0,04	0,25	0,15
EDGED Grenzliniendichte	0,90	0,13	0,20	0,15
CWED Grenzliniendichte gewichtet nach Hemerobiekontrast	0,77	0,20	0,52	0,01
NUMVERS Anzahl verschiedener Versiegelungsgrade	0,42	0,76	-0,01	-0,13
AWVERS durchschn. Versiegelungsgrad flächengewichtet	0,08	0,96	0,07	0,06
WEGED Verkehrswegedichte	0,20	0,28	0,86	-0,02
NUMHEM Anzahl verschiedener Hemerobiestufen	0,93	0,11	-0,17	-0,14
Hem 4 Flächenanteil meso-bis β -euhemerob	0,76	-0,28	0,28	0,29
Hem 8 Flächenanteil α -euhemerob bis polyhemerob	-0,21	-0,02	-0,18	-0,83
Hem 9 Flächenanteil polyhemerob	-0,24	0,15	-0,40	0,69
Flächenanteil unversiegelt	0,01	-0,90	-0,28	-0,17

Tab. 4: Ergebnisse der multiplen linearen Regression - Untersuchungsgebiet Umland: Ergebnisse der Regression der Artengruppen mit den Hauptkomponenten (HK)
Die im Modell eingeschlossenen Hauptkomponenten sind nach der Höhe ihres Anteils erklärter Varianz (ausgedrückt durch Beta) absteigend geordnet.

Artengruppe	korr R ²	Hauptkomponenten im Modell		Beta	Signi- fikanz
		Nr.	Bezeichnung		
Gesamtarten	0,70	HK2	hoher Versiegelungsgrad	0,56	<0,001
		HK1	stark diff., kontrastreiche Landschaftsstruktur durch naturnahe Bereiche	0,55	<0,001
		HK3	Fragmentierung durch Verkehrswege	0,36	0,012
einheimische Arten	0,63	HK1	stark diff., kontrastreiche Landschaftsstruktur durch naturnahe Bereiche	0,65	<0,001
		HK2	hoher Versiegelungsgrad	0,38	0,015
		HK3	Fragmentierung durch Verkehrswege	0,36	0,019
Archäophyten	0,63	HK2	hoher Versiegelungsgrad	0,81	<0,001
Neophyten	0,71	HK2	hoher Versiegelungsgrad	0,71	<0,001
		HK1	stark diff., kontrastreiche Landschaftsstruktur durch naturnahe Bereiche	0,37	0,009
		HK3	Fragmentierung durch Verkehrswege	0,34	0,014

ten Flächennutzungen bzw. Siedlungsstrukturen. Des weiteren wird erkennbar, daß Vorkommen von Archäophyten ausschließlich durch diese zweite Hauptkomponente beeinflusst werden. Naturnahe Bereiche begünstigen vor allem einheimische Arten.

3.2.2 Untersuchungsgebiet Stadt

Die Hauptkomponentenanalyse wurde für 16 Landschaftsstrukturmaße durchgeführt. Das Ladungsmuster ist in Tabelle 5 aufgeführt. Wie bei der Analyse für das Umland umfaßt die erste Hauptkomponente vorrangig die reinen Strukturmaße (Anzahl, Größe, Grenzlinien). Die übrigen Komponenten beziehen sich in ihrem Ladungsmuster wiederum hauptsächlich auf die Flächenanteile der Versiegelungsgrade und Hemerobiestufen.

Tab. 5: Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse - Untersuchungsgebiet Stadt: Ladungen der Landschaftsstrukturmaße innerhalb der Hauptkomponenten (HK)
Hohe Ladungen sind entsprechend hervorgehoben. Die Hauptkomponenten erklären insgesamt 75,2 % Varianz.

Landschaftsstrukturmaße	Hauptkomponenten (erklärender Anteil an der Gesamtvarianz in %)		
	HK 1 (45,1)	HK 2 (21,9)	HK 3 (8,1)
Name Inhalt			
NUMP Anzahl Teilflächen	0,91	0,06	0,31
NUMFN Anzahl verschiedener Flächennutzungen	0,89	0,22	0,06
MPS durchschnittliche Größe der Teilflächen	-0,75	-0,18	-0,37
PSCOV Variationskoeffizient der Teilflächengröße	0,15	0,22	0,89
NUMEDGE Anzahl Grenzlinien	0,78	0,14	0,22
EDGED Grenzliniendichte	0,83	-0,24	0,42
CWED Grenzliniendichte gewichtet nach Hemerobiekontrast	0,69	-0,54	0,38
NUMVERS Anzahl verschiedener Versiegelungsgrade	0,74	0,44	0,14
AWVERS durchschn. Versiegelungsgrad flächengewichtet	0,21	0,90	0,06
WEGED Verkehrswegedichte	0,69	-0,07	0,03
NUMHEM Anzahl verschiedener Hemerobiestufen	0,93	0,19	-0,01
Hem 4 Flächenanteil meso-bis β -euhemerob	0,25	-0,32	0,71
Hem 8 Flächenanteil α -euhemerob bis polyhemerob	-0,49	-0,28	-0,48
Hem 9 Flächenanteil polyhemerob	0,06	0,86	0,20
Flächenanteil unversiegelt	-0,06	-0,86	0,09
Flächenanteil stark versiegelt	0,09	0,67	-0,04

Aufgrund der Ladungen in den einzelnen Hauptkomponenten lassen sich folgende Interpretationen treffen:

HK 1: stark differenzierte, kontrastreiche Landschaftsstruktur

HK 2: stark versiegelte Siedlungsbereiche

HK 3: naturnahe Strukturen.

In den sich hieran anschließenden multiplen Regressionen wurden alle drei Hauptkomponenten eingeschlossen (Tab. 6).

Tab. 6: Ergebnisse der multiplen linearen Regression - Untersuchungsgebiet Stadt: Ergebnisse der Regression der Artengruppen mit den Hauptkomponenten
Die im Modell eingeschlossenen Hauptkomponenten (HK) sind nach der Höhe ihres Anteils erklärter Varianz (ausgedrückt durch Beta) absteigend geordnet.

Artengruppe	korr R ²	Hauptkomponenten im Modell		Beta	Signi- fikanz
		Nr.	Bezeichnung		
Gesamtarten	0,40	HK1	stark diff., kontrastreiche Landschaftsstruktur	0,66	0,002
einheimische Arten	0,54	HK1	stark diff., kontrastreiche Landschaftsstruktur	0,69	<0,001
		HK3	naturnahe Bereiche	0,33	0,048
Archäophyten	0,40	HK2	stark versiegelte Siedlungsbereiche	0,66	0,002
Neophyten	0,56	HK2	stark versiegelte Siedlungsbereiche	0,57	0,002
		HK1	stark diff., kontrastreiche Landschaftsstruktur	0,53	0,003

Insgesamt wird hieraus klar erkennbar, daß in der Stadt der Einfluß der stark strukturierten Landschaft prägend ist. Ob diese Strukturen an naturnahe oder eher städtische Bereiche gebunden sind, geht aus der Analyse nicht hervor. Für die einheimischen Arten ist jedoch das Vorhandensein naturnaher Strukturen zweitwichtigster Einflußfaktor. Für die gebietsfremden Arten wird die Bindung an Siedlungsstrukturen mit hohen Versiegelungsgraden erkennbar.

In einem nächsten Schritt wurde eine Analyse über alle 40 Testflächen ungeachtet ihrer Zuordnung zu einem der beiden Untersuchungsgebiete durchgeführt. Auf die ausführliche Darstellung der Ergebnisse wird in diesem Rahmen verzichtet, da sie im Wesentlichen die bereits getroffenen Aussagen unterstreichen. Auch hier wird Artenvielfalt allgemein durch die aufgezeigte Landschaftsstrukturvielfalt begünstigt. Sie ist für die Gesamtartenzahlen und die einheimischen Arten Haupteinflußfaktor. Der Einfluß dieses Faktors tritt bei den gebietsfremden Arten hinter dem Einfluß der Flächenanteile intensiver Landnutzungen und ihren Versiegelungsgraden zurück. Für die Archäophyten ist das Vorhandensein von Siedlungsstrukturen entscheidend. Die Neophyten hingegen werden vorrangig durch intensiv vom Menschen geprägte, aber kaum versiegelte Nutzungen beeinflusst.

3.2.3 Analyse zur Untersuchung des Einflusses (edaphischer) abiotischer Standortvariabilität

Aufgrund der Verfügbarkeit der Daten zur Reichsbodenschätzung konnte diese Analyse nur für 20 Untersuchungsflächen durchgeführt werden. Die edaphische Standortvielfalt wurde auf Grundlage der Bodenschätzungsdaten für acht Landschaftsstrukturmaße ermittelt (Tab. 1). Die der Analyse vorausgehende Prüfung der Parameter ergab erwartungsgemäß den Ausschluß aller Versiegelungsparameter. In die Untersuchung gingen so neun Landschaftsstruktur- sowie alle Bodenparameter ein. Das Ladungsmuster der einzelnen Hauptkomponenten ist in Tabelle 7 dargestellt.

Die Hauptkomponenten lassen sich hieraus ableitend wie folgt interpretieren:

HK 1: stark differenzierte, kontrastreiche Landschaftsstruktur naturnaher Bereiche

HK 2: stark differenziertes Bodenmosaik

HK 3: geringwertige, nicht landwirtschaftlich genutzte Böden = naturnahe Bereiche.

Die dritte Hauptkomponente hat keinen signifikanten Einfluß auf die Artengruppen und wurde folglich in keines der Regressionsmodelle einbezogen (Tab. 8). Es wird deutlich, daß die edaphischen Einflußfaktoren auf die Artverbreitung in starkem Maße durch die Landnutzung überlagert werden. Die Landschaftsstrukturvielfalt ist somit für einheimische und gebietsfremde Arten gleichermaßen der Hauptein-

Tab. 7: Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse - Untersuchung zur edaphischen Standortvariabilität: Ladungen der Landschaftsstrukturmaße innerhalb der Hauptkomponenten (HK). Hohe Ladungen sind entsprechend hervorgehoben. Die Hauptkomponenten erklären insgesamt 82,6 % Varianz

Landschaftsstrukturmaße	Hauptkomponenten (erklärender Anteil an der Gesamtvarianz in %)		
	HK 1 (50,0)	HK 2 (26,5)	HK 3 (6,1)
Name Inhalt			
NUMP_Bo Anzahl der Bodenteilflächen	0,04	0,96	-0,02
NUMKlass_Bo Anzahl verschiedener Bodenklassifizierungen	0,19	0,91	0,23
MPS_Bo durchschnittliche Größe der Bodenteilflächen	0,07	-0,84	-0,35
AWAZ durchschnittliche Ackerzahl flächengewichtet	-0,26	-0,47	-0,69
NUMBodart Anzahl verschiedener Bodenarten	0,30	0,68	0,26
NUMEDGE_Bo Anzahl Grenzlinien Boden	0,02	0,94	-0,17
EDGED_Bo Grenzliniendichte Boden	0,11	0,95	0,06
CWED_Bo Grenzliniendichte gewichtet nach Kontrast Ackerzahl	0,16	0,77	0,06
NUMP Anzahl Teilflächen	0,90	0,17	0,33
NUMFN Anzahl verschiedener Flächennutzungen	0,90	0,15	0,31
MPS durchschnittliche Größe der Teilflächen	-0,91	-0,19	0,01
NUMEDGE Anzahl Grenzlinien	0,73	0,16	0,51
EDGED Grenzliniendichte	0,93	0,02	0,24
CWED Grenzliniendichte gewichtet nach Hemerobiekontrast	0,90	0,09	0,17
NUMHEM Anzahl verschiedener Hemerobiestufen	0,93	0,05	0,12
Hem 4 Flächenanteil meso-bis β -euhemerob	0,51	0,18	0,56
Hem 8 Flächenanteil α -euhemerob bis polyhemerob	-0,46	0,09	-0,72

flußfaktor. Bei den Archäophyten zeigt der Beta-Wert einen geringeren Einfluß an als bei den einheimischen Arten und den Neophyten. Ein signifikanter Einfluß der edaphischen Standortvariabilität bei den einzelnen Artengruppen ist nur für die gebietsfremden Arten festzustellen. Er ist bei den Archäophyten größer als bei den Neophyten.

Tab. 8: Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse - Untersuchung zur edaphischen Standortvariabilität: Ergebnisse der Regression der Artengruppen mit den Hauptkomponenten
Die im Modell eingeschlossenen Variablen (HK) sind nach der Höhe ihres Anteils erklärter Varianz (ausgedrückt durch Beta) absteigend geordnet.

Artengruppe	korr R ²	Hauptkomponenten im Modell		Beta	Signifi- kanz
		Nr.	Bezeichnung		
Gesamtarten	0,64	HK1	stark diff., kontrastreiche Landschaftsstruktur naturnaher Bereiche	0,77	<0,001
		HK2	stark differenziertes Bodenmosaik	0,29	0,049
einheimische Arten	0,61	HK1	stark diff., kontrastreiche Landschaftsstruktur naturnaher Bereiche	0,79	<0,001
Archäophyten	0,33	HK1	stark diff., kontrastreiche Landschaftsstruktur naturnaher Bereiche	0,47	0,024
		HK2	stark differenziertes Bodenmosaik	0,43	0,038
Neophyten	0,51	HK1	stark diff., kontrastreiche Landschaftsstruktur naturnaher Bereiche	0,64	0,001
		HK2	stark differenziertes Bodenmosaik	0,38	0,030

4 DISKUSSION

Die Ergebnisse machen deutlich, daß die Verbreitung der Arten im untersuchten Maßstab und Raum ganz stark von der Variabilität der Standortbedingungen beeinflusst wird. Damit werden die Aussagen von WAGNER et al. (2000) bestätigt, die in ihrer Untersuchung in einem deutlich größeren Maßstab (1 m²-Raster) die Habitatvariabilität und Habitatheterogenität als Schlüsselfaktoren zur Erklärung von Artenvielfalt benennen. Die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ermittelte Variabilität der Standortbedingungen ist vorrangig anthropogen bedingt (mit Ausnahme der Analyse zur edaphischen Standortvariabilität). Der Vergleich mit anderen Studien macht deutlich, daß die Art der beeinflussenden Standortvariabilität – natürlich oder anthropogen – ganz maßgeblich vom gewählten Untersuchungsmaßstab abhängig ist. So stellten KÜHN et al. (2002) auf Basis ihrer deutschlandweiten Betrachtung fest, daß die Heterogenität der geologischen Untergrundbedingungen Haupteinflussfaktor für die Verbreitung einheimischer und gebietsfremder Pflanzenarten ist. Zu diesem Schluß kamen auch MUTKE et BARTHOLOTT (2000) in ihrer Untersuchung für das Gebiet der USA. Auch wenn die Ergebnisse der Analyse zum Einfluß der edaphischen Standortvariabilität in ihrer Aussagekraft eingeschränkt sind, so deuten sie im untersuchten, wesentlich größeren Maßstab, eine Überlagerung der Funktion der ursprünglichen Standortvariabilität (ausgedrückt durch Substratvielfalt und unterschiedliche Wertigkeit der Böden als Pflanzenstandorte) durch die anthropogene Landnutzung an. Zu diesem Schluß kamen auch DEUTSCHEWITZ et al. (im Druck) in ihrer Studie auf regionaler Ebene. Folglich wird hier Habitatvariabilität vorrangig durch den menschlichen Eingriff hervorgerufen (mit Ausnahme flächenintensiver Nutzungen, z.B. Acker) (KOWARIK 1988; WAGNER et al. 2000). Sie findet Ausdruck in einem vielfältigen Landnutzungsmosaik, das gekennzeichnet ist durch eine hohe Dichte kleiner Teilflächen und eine entsprechend hohe Dichte an Grenzlinien. Die Eigenschaften der Teilflächen wiederum sind ausschlaggebend für die Kontraste innerhalb der Landschaft, die über die anthropogene Störung in Form von Versiegelung und Nutzungsintensität (Hemerobie) quantifiziert wurden. Die Habitatvariabilität ist dabei wichtiger als die Faktoren (anthropogen oder naturnah), die diese bedingen.

WAGNER et al. (2000) stellten in ihrer Untersuchung weiterhin fest, daß die Flächenanteile der unterschiedlich intensiven Nutzungen als dritter Schlüsselfaktor zur Vorhersage von Artenvielfalt in den heutigen Kulturlandschaften herangezogen werden können. Die Ergebnisse unserer Analysen machen deutlich, daß anthropogene Nutzungen – unabhängig von ihrem Versiegelungsgrad – zur Erhöhung der Artenvielfalt führen. Diese Aussagen bestätigen somit ähnliche Ergebnisse von MILLER et al. (1997). Während die Strukturvielfalt bei den Artenzahlen generell und bei den einheimischen Arten den höchsten Anteil an der Varianz erklärt, sind es bei den gebietsfremden Arten an erster Stelle die Flächenanteile der stark anthropogen überprägten Nutzungen. Sie dienen zur Vorhersage von Artenvielfalt. Hiervon ausgenommen sind flächenintensive Nutzungen (beispielsweise Acker), wodurch sich wiederum ein Bezug zur Strukturvielfalt ergibt. Die Ergebnisse zeigen darüber hinaus auch für die einheimischen Arten einen deutlichen Einfluß der Flächenanteile unterschiedlich intensiver Nutzungen. Hier sind die naturnahen Grünstrukturen zu erwähnen, die KENT et al. (1999) in ihrer Rolle als Refugien für Arten in Städten als lokale ‚hot-spots‘ bezeichneten.

Ein weiterer Faktor, der zur Vorhersage der Vielfalt speziell gebietsfremder Arten dient, ist das Vorhandensein urbaner Strukturen – ausgedrückt durch hohe Versiegelungsgrade und/oder hohe Nutzungsintensität. Dies wird zum einen durch den Vergleich der Artenzahlen beider Untersuchungsgebiete deutlich. Zum anderen belegen die Ergebnisse der ersten beiden Analysen den positiven Einfluß hoher Versiegelungsgrade für alle drei Artengruppen. Bei den beiden Gruppen der gebietsfremden Arten ist dieser gleichermaßen Haupteinflussfaktor. Die enge Bindung der Neophyten an urbane Strukturen wurde auch bereits durch andere Autoren nachgewiesen (KOWARIK 1995; PYŠEK 1998; KÜHN et al. 2002). Ursächlich spielt hierbei die heterogene Herkunft dieser Artengruppe, aufgrund derer sie größere ökologische Amplituden aufweist, eine wesentliche Rolle. Sie sind dadurch fähig, sich an die vielfältigen und oftmals extremen Bedingungen in Städten anzupassen (KOWARIK 1988; KLOTZ 2000). Hierauf verweist auch der generell positive Einfluß einer vielfältigen Landnutzungsstruktur bzw. Habitatheterogenität. Sie wird als eine der Hauptursachen für den Artenreichtum in Städten angesehen (KOWARIK 1988, 1995;

KLOTZ 2000; STADLER et al. 2000). Die Ergebnisse zeigen auch für die Archäophyten, neben der bekannten Bindung an ländliche Siedlungen (PYŠEK 1993), eine deutlich positive Reaktion auf städtische Nutzungen. Auch wenn diese hinsichtlich ihrer Anpassungsfähigkeit als relativ homogene Artengruppe gelten (KOWARIK 1988), sind sie offensichtlich zunehmend auch in größeren Siedlungen bzw. Städten zu finden. Die Ergebnisse stützen die Vermutung, daß Siedlungen mit ihrer Vielfalt an Lebensräumen innerhalb der homogenen Agrarlandschaft Rückzugsgebiete für viele Arten bieten, deren Lebensraum durch die intensiven Umlandnutzungen vernichtet wurde.

Der große Artenreichtum der Städte wird bislang oftmals auf die erhöhten Zahlen gebietsfremder Arten zurückgeführt. Unsere Ergebnisse zeigen jedoch, daß neben der Anzahl der gebietsfremden Arten auch die der einheimischen Arten in Städten höher ist. Zu diesem Schluß kamen auch STADLER et al. (2000) und KLOTZ (2000). Auch wenn die einheimischen Arten generell vorrangig durch naturnahe Strukturen gefördert werden (DEUTSCHEWITZ et al. im Druck), lassen die Ergebnisse auch ihren Rückzug aus der ausgeräumten Agrarlandschaft in Siedlungsgebiete erkennen. PYŠEK (1993) spricht in diesem Zusammenhang von der Funktion der Siedlungen als eine Art Insel innerhalb der homogenen Agrarlandschaft.

Es darf an dieser Stelle allerdings nicht unerwähnt bleiben, daß in diesem Zusammenhang einige Autoren diesen Artenreichtum der Städte gegenüber ihrem Umland nicht nachweisen konnten. So untersuchten ROY et al. (1999) für Großbritannien den Zusammenhang zwischen Artenzahlen und urbanen Flächenanteilen für eine Auflösung von 1 km². Sie definierten dabei allerdings städtische Testareale nur dann als solche, wenn diese mehr als 10 % urbane Flächennutzung aufwiesen. Die eigenen Untersuchungsflächen weisen hingegen einen wesentlich höheren Anteil an urbaner Flächennutzung auf.

Über die Rolle linearer Strukturen bei der Verbreitung von Pflanzenarten kann im Rahmen dieser Untersuchung keine eindeutige Aussage getroffen werden. Zwar verweisen die Ladungen der Grenzlinienanzahl bzw. -dichte auf einen positiven Effekt dieser Landschaftselemente auf die einheimischen Arten und die Neophyten, für genauere Aussagen sind jedoch Untersuchungen auf Gesellschafts- bzw. Artebene notwendig. Es kann somit lediglich angenommen werden, daß sie aufgrund der bekannten Unterschiede in der Artkomposition und Artanzahl entweder als Lebensraum dienen oder die Möglichkeit der Migration bieten (VAN DORP et al. 1997). Sie sind deshalb vor allem in Zusammenhang mit dem Biotopverbund zu stellen. Es ist anzunehmen, daß sie innerhalb der ausgeräumten Agrarlandschaft offensichtlich zu einer Erhöhung der Strukturvielfalt beitragen.

Die Anwendung von Landschaftsstrukturmaßen ist vorrangig maßstabsabhängig. Der verwendete Maßstab orientierte sich dabei an der Umsetzung der floristischen Kartierung. Durch die Größe der Untersuchungsflächen wurde letztlich auch die Aussagefähigkeit vieler Landschaftsstrukturmaße bestimmt. GUSTAFSON (1998) bemerkt hierzu: "Heterogenität ist eine Funktion des Maßstabs [...]" (S. 144). Die Aussagen und Erkenntnisse der eigenen Untersuchung werden auch durch die Befunde von STOHLGREN et al. (1997) gestützt. Aus ihren Analysen über den Zusammenhang zwischen der Vielfalt von Gefäßpflanzenarten und Habitatstrukturen in unterschiedlichen Maßstabsebenen kamen sie, ausgehend von einer sehr hohen Auflösung (0,02 ha), zu dem Schluß, daß mit abnehmender Auflösung neben der exponentiellen Abnahme der Anzahl an Teilflächen auch eine lineare Abnahme der Artenvielfalt stattfindet. Im einem mit unserer Untersuchung vergleichbaren Maßstab stellten sie nur einen geringen Informationsverlust fest.

5 ZUSAMMENFASSUNG

WANIA, A.; KÜHN, I.; FRÜHAUF, M.; KLOTZ, S.: Einfluß der Landschaftsstruktur auf die Verbreitung von Pflanzenarten in Mitteldeutschland.- *Hercynia N.F.* 35 (2002): 215-231.

In der vorliegenden Untersuchung wurde der Zusammenhang zwischen Landschaftsstruktur und den Verbreitungsmustern einheimischer und gebietsfremder Pflanzenarten (Archäophyten, Neophyten) auf chorischer Ebene untersucht. Ziel war die Ermittlung von Haupteinflußfaktoren auf Artverbreitungsmuster. Gegenstand der Untersuchung waren jeweils 20 Flächen einer Größe von 250 x 250 m, die per

Zufall in einem agrarisch und einem urban geprägten Untersuchungsgebiet im Mitteldeutschen Trockengebiet ausgewählt wurden. Als floristische Daten standen die Ergebnisse einer Kartierung dieser insgesamt 40 Flächen zur Verfügung. Die Landschaftsstruktur wurde als Mosaik aus anthropogenen und naturnahen Biotopen definiert und in Anlehnung an die Methodik der Landschaftsstrukturmaße nach MCGARIGAL et MARKS (1994) analysiert.

Die untersuchten Landschaften unterscheiden sich maßgeblich hinsichtlich ihrer Strukturvielfalt und der Intensität der anthropogenen Überprägung. Generell lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

1. Die Strukturvielfalt wirkt sich in beiden Landschaften generell positiv auf die Verbreitung der Arten aus. Für die einheimischen ist diese Haupteinflußfaktor.
2. Die gebietsfremden Arten werden stärker durch den Flächenanteil anthropogener Nutzungen beeinflusst.
3. Naturnahe Nutzungen stellen vor allem in der offenen Landschaft Refugien einheimischer Arten dar. Ihre Flächenanteile wirken sich auch positiv auf die Anzahl der gebietsfremden Arten aus.
4. Der Einfluß edaphischer Standortvielfalt wird im untersuchten Maßstab durch die Flächennutzung überlagert. Er trägt folglich weniger zur Erklärung der Artenvielfalt in den heutigen Kulturlandschaften bei.
5. Die Ergebnisse lassen die Vermutung zu, daß sich lineare Strukturen (insbesondere Verkehrswege) in der Agrarlandschaft positiv auf die Verbreitung der Pflanzenarten auswirken.

Es ist davon auszugehen, daß es noch weitere Faktoren gibt, welche die Artenvielfalt in den heutigen Kulturlandschaften maßgeblich beeinflussen und die im Rahmen dieser Untersuchung nicht erfaßt wurden. Die erklärbare Variabilität und eine Auswertung der Literatur zeigen jedoch, daß die ermittelten Faktoren im untersuchten Maßstab zu den Haupteinflußfaktoren gehören.

6 LITERATUR

- BACKHAUS, K.; ERICHSON, B.; PLINKE, W.; WEIBER, R. (1996): Multivariate Analysemethoden - Eine anwendungsorientierte Einführung.- Berlin, Heidelberg.
- BARSCHE, H. (1988): Methodologische Grundvorstellungen der Landschaftsökologie. - In: BARSCHE, H.; BILLWITZ, K.; REUTER, B.: Einführung in die Landschaftsökologie.- Potsdam.- 22-115.
- CAIN, D.H.; RITTERS, K.; ORVIS, K. (1997): A multi-scale analysis of landscape statistics.- *Landscape Ecology* **12**(4): 199-212.
- DEUTSCHWEITZ, K.; LAUSCH, A.; KÜHN, I.; KLOTZ, S. (im Druck): Native and alien plant species richness in relation to landscape structure metrics on a regional scale in Germany. - *Global Ecology and Biogeography*.
- ELTON, C. (1958): The ecology of invasions by animals and plants.- Methuen & Co Ltd, London.
- FRANK, D.; KLOTZ, S.; WESTHUS, W. (1989): Zum Aufbau einer biologisch ökologischen Datenbank "Flora DDR".- *Arch. Natursh. u. Landschaftspf.* **29**: 57-60.
- FRANK, D.; KLOTZ, K. (Hrsg.) (1990): Biologisch-ökologische Daten zur Flora in der DDR.- 2. Auflage.- Wiss. Beitr. Univ. Halle-Wittenberg, **32** (P41).- Halle.
- GUSTAFSON, E.J. (1998): Quantifying landscape spatial pattern: What is the state of the art?.- *Ecosystems* **1**: 143-156.
- HAASE, G.; RICHTER, H. (1980): Geographische Landschaftsforschung als Beitrag zur Lösung von Landeskultur- und Umweltproblemen.- *Sitzber. AdW der DDR* **5**:23-51.
- HAEUPLER, H. (1974): Statistische Auswertung von Punktrasterkarten der Gefäßpflanzenflora Süd-Niedersachsens.- *Scripta Geobotanica* **8**:1-141.
- KENT, M.; STEVENS, A.; ZHANG, L. (1999): Urban plant ecology patterns and process: a case study of the flora of the City of Plymouth, Devon, U.K.- *Journ. Biogeography* **26**: 1281-1298.
- KLOTZ, S. (1990): Species/area and species/inhabitants relations in european cities. - In: SUKOPP, H.; HEJNÝ, S.; KOWARIK, I. (HRSG.): Urban ecology - Plants and plant communities in urban environments.- SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands. 99-103.
- KLOTZ, S. (2000): Stadtlandschaften - die artenreichsten Lebensräume in Mitteleuropa?.- In: ERNST, D.; FELINKS, B.; HENLE, K.; KLOTZ, S.; SANDERMANN, H.; WIENCKE, C.: Von der numerischen zur funktionellen Biodiversität: Neue Forschungsansätze.- *Gaia* **9**: 143-144.

- KLOTZ, S.; KÜHN, I.; DURKA, W. (Hrsg.) (im Druck): BIOLFLOR – Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen der Flora von Deutschland.- Schr.R. Vegetationskde.
- KOWARIK, I. (1988): Zum menschlichen Einfluß auf Flora und Vegetation – Theoretische Konzepte und ein Quantifizierungsansatz am Beispiel von Berlin (West).- Landschaftsentwicklung und Umweltforschung TU Berlin, Bd. 56.
- KOWARIK, I. (1995): On the role of alien species in urban flora and vegetation. - In: PYŠEK, P.; PRACH, K.; REJMÁNEK, M.; WADE, M.: Plant invasions – General aspects and special problems.- SPB Academic Publishing, Amsterdam. 85-103.
- KÜHN, I.; KLOTZ, S.; BRANDL, R. (2002): Distribution of native and alien plants in Germany – more of the same?.- Verh. Gesell. Ökol. 32: S. 51.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. (1994): Fragstats – Spatial pattern analysis programme for quantifying landscape structure.- Version 2.0.- Corvallis (Oregon State University).
- MILLER, J. N.; BROOKS, R. P.; CROONQUIST, M. J. (1997): Effects of landscape patterns on biotic communities.- Landscape Ecology 12(5): 137-153.
- MUTKE, J.; BARTHLOTT, W. (2000): Some aspects of North American phytodiversity and its biogeographic relationships.- In: BRECKLE, S. W.; SCHWEIZER, B.; ARNDT, U. (eds.): Results of worldwide ecological studies – Proceedings of the 1st Symposium by the A.F.W. Schimper-Foundation.- Heimbach, Stuttgart.- 435-447.
- PYŠEK, P. (1993): Factors affecting the diversity of flora and vegetation in central European settlements.- Vegetatio 106: 89-100.
- PYŠEK, P. (1998): Alien and native species in Central European urban floras: a quantitative comparison.- Journ. Biogeography 25: 155-163.
- RIITERS, K. H.; O'NEILL, R. V.; HUNSAKER, C.T.; WICKHAM, J. D.; YANKEE, D. H.; TIMMINS, S. P.; JONES, K. B.; JACKSON, B. L. (1995): A factor analysis of landscape pattern and structure metrics.- Landscape Ecology 10(1): 23-39.
- ROY, D. B.; HILL, M. O.; ROTHERY, P. (1999): Effects of urban land cover on the local species pool in Britain.- Ecography 22(5): 507-515.
- STADLER, J.; TREFFLICH, A.; KLOTZ, S.; BRANDL, R. (2000): Exotic plant species invade diversity hot spots: the alien flora of northwestern Kenya.- Ecography 23(2): 169-176.
- STOHLGREN, T. J.; COUGHENOUR, B. M.; CHONG, G. W.; BINKLEY, D.; KALKHAN, M. A.; SCHELL, L. D.; BUCKLEY, D. J.; BERRY, J. K. (1997): Landscape analysis of plant diversity.- Landscape Ecology 12(3): 155-170.
- VAN DORP, D.; SCHIPPERS, P.; VAN GROENENDAEL, J. M. (1997): Migration rates of grassland plants along corridors in fragmented landscapes assessed with a cellular automation model.- Landscape Ecology 10(1): 39-50.
- WAGNER, H.; WILDI, O.; EWALD, K. C. (2000): Additive partitioning of plant species diversity in an agricultural mosaic landscape.- Landscape Ecology 15(3): 219-227.
- WANIA, A. (2001): Einfluss von Landschaftsstruktur auf die Verbreitungsmuster einheimischer und fremdländischer Pflanzenarten.- Dipl.arb. Univ. Halle (unveröff.).

Manuskript angenommen: 10. Oktober 2002

Anschrift der Autoren:

Annett Wania und Prof. Dr. Manfred Frühauf
 Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
 Institut für Geographie
 Domstraße 5
 D-06108 Halle (Saale)
 e-mail: fruehauf@geographie.uni-halle.de

Dr. Stefan Klotz und Dr. Ingolf Kühn
 UFZ – Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
 Sektion Biozönoseforschung
 Theodor-Lieser-Straße 4
 D-06120 Halle (Saale)

PFLUME, St.: Laubwaldgesellschaften im Harz. Gliederung, Ökologie, Verbreitung. - Archiv naturwissenschaftlicher Dissertationen Bd. 9. - Martina Galunder-Verlag, Wiehl 1999. 238 S. - ISBN 3-931251-52-7. Preis: 49,- Euro.

In der Vergangenheit wurden die Wälder des Harzes aus unterschiedlichem territorialem Blickwinkel betrachtet; die Schwerpunkte der vegetationsökologischen Erforschung lagen zum einen im Westen und zum anderen im Osten des nördlichsten deutschen Mittelgebirges. Nach der politischen Wende bot sich nun die Möglichkeit, die Laubwaldvegetation des Harzes übergreifend und somit in ihrer Gesamtheit zu bearbeiten.

Aufgrund der Kleinheit und der besonderen Lage des Gebirges besitzt es ein eigenständiges Klima, welches im Zusammenhang mit entsprechenden Bodenbildungsprozessen die Vegetationsausprägung im hohen Maße beeinflusst. Wolkenstau im Westen und Regenschatten im Osten bewirken das Auftreten von sowohl atlantisch als auch kontinental verbreiteten Florenelementen auf engstem Raum. Die phytozönologische Gliederung dieser kontrastreichen Laubwaldgesellschaften begründen sich auf einer vom Autor selbst erhobenen Datenbasis von 431 Vegetationsaufnahmen sowie 1.889 der Literatur entnommenen Aufnahmen, deren Ordnung mit dem Computerprogramm TAB (PEPLER 1988) vorgenommen wurde. Für die floristisch-statistische Ermittlung von soziologischen Artengruppen wurde ein in der Göttinger Arbeitsgruppe neu entwickeltes Konzept (BRUELHEIDE 1995) zugrunde gelegt. Hierbei wird die Gemeinsamkeit in der Verbreitung der Arten anhand einer statistischen Maßzahl (u-Wert) geprüft. Vorteil dieser Methode ist, daß Artengruppen auch in größerem Aufnahmемaterial zu finden und zu optimieren sind. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit sind ökologische Sachverhalte, wobei durch umfangreiche standort- und bodenkundliche Analysen sowie die Auswertung von symmorphologischen Parametern genauere Aussagen über die Standortbedingungen der Artengruppen und Waldgesellschaften ermöglicht werden sollen.

Im einführenden Teil der Arbeit erfolgt zunächst eine Beschreibung des Untersuchungsgebietes, die Angaben zu Geologie, Klima, Böden, naturräumlicher Gliederung und Nutzungsgeschichte des Harzes beinhaltet. Im Methodenteil werden die Vorgehensweise bei der Erhebung der Vegetation im Freiland sowie die Arbeitsschritte in der Tabellenarbeit und der Vegetationsgliederung beschrieben, die zu statistisch ermittelten Artengruppen für eine bessere Differenzierung der Pflanzengesellschaften führen soll. Die methodische Vorgehensweise zur Erhebung der Klimadaten wird jedoch erst am Ende der Arbeit beschrieben.

Der Ergebnisteil umfaßt die strukturelle Gliederung von Buchen-, Eichenmisch-, Erlen-Eschen- und Edellaubholzwäldern. In einem kurzen Textabschnitt, kombiniert mit einer Vielzahl von graphischen Darstellungen, wird für jeden Waldtyp die Verbreitung in den Naturräumen, in den verschiedenen Höhenstufen und in Abhängigkeit von Exposition und Hangneigung dargestellt. Außerdem sind symmorphologische Parameter wie Artenzahl, Deckungsgrad der Kraut- und Baumschicht, Anteil der dickstämmigen Bäume, des liegenden und stehenden Totholzes sowie Nutzungsformen und Eingriffsspu-ren angegeben.

Ein sehr umfangreiches Kapitel ist den 20 verschiedenen Artengruppen der Krautschicht gewidmet, die zur Charakterisierung der Verbände, Assoziationen und Subassoziationen herangezogen werden sowie weitere 7 Artengruppen, die einen Schwerpunkt im Harzumland haben bzw. zur Differenzierung von Varianten dienen oder faziesbildend sind. Auch hier wird in übersichtlichen Diagrammen die Verbreitung der Artengruppen in den Naturräumen, hinsichtlich Exposition und Inklination, Humusformen und Bodentypen, geologischem Untergrund, Trophiestufen, pH-Wert des Ah-Horizontes und wiederum die obengenannten symmorphologischen Strukturparameter dargestellt. Im Anschluß wird die synsystematische Gliederung der Waldgesellschaften mit Hilfe der vorher ausführlich beschriebenen Artengruppen charakterisiert, wobei sich auch hier ähnliche graphische Darstellungen wie oben wiederfinden. Abschließend werden das methodische Vorgehen sowie die Ergebnisse der Bodentemperaturmessungen beschrieben.

Insgesamt ist in diese Arbeit eine sehr große Menge von Daten eingeflossen, die neben einem kurz gefaßten Text in einer Vielzahl von aussagekräftigen Diagrammen verarbeitet worden sind. Die jedoch immer wiederkehrenden Darstellungsformen sind redundant und wirken mit der Zeit ermüdend auf den Leser. So hätten auch verschiedene Parameter durchaus zusammengefaßt werden können (z.B. Expositions-Inklinationsdiagramme). Ebenso ist z.B. nicht ersichtlich, warum die pH-Werte, sowohl in Wasser als auch in KCl gemessen, so ausführlich dargestellt werden müssen. An verschiedenen Stellen hätten sicher raumsparende Tabellen ähnliche Aussagekraft gehabt. Bei den statistisch gefundenen Artengruppen fallen Übereinstimmungen zu den von SCHUBERT (1972) begründeten ökologisch-soziologischen Artengruppen auf (z.B. *Aegopodium podagraria*-, *Carex remota*-, *Filipendula ulmaria*-, *Galium odoratum*-, *Luzula luzuloides*-, *Primula veris*-Artengruppe). Eine vergleichende Betrachtung wird jedoch vermißt, zumal sie sich durchaus in der Zusammensetzung der Arten deutlich unterscheiden. So ergeben sich doch zum Teil Zweifel, ob die statistisch gefundenen Artengruppen sowohl die ökologische Bindung als auch die soziologische Zugehörigkeit der Gesellschaften in vollem Maße widerspiegeln.

Obwohl der Titel des Buches eine Gesamtschau der Laubwälder des Harzes verspricht, wird bereits in der Einleitung vermerkt, daß es sich nur um die Gesellschaften grundwasserferner Standorte handelt. Außerdem fällt auf, daß eine Reihe von Arbeiten nicht berücksichtigt wurde, die Untersuchungen zur Waldvegetation des Osthazes beinhalten. Hier hätte man sich eine umfangreichere bibliographische Zusammenstellung gewünscht, um dem Anspruch der Arbeit besser zu entsprechen.

Monika PARTZSCH, Halle (Saale)

HUNDT, R.: Ökologisch-geobotanische Untersuchungen an den mitteldeutschen Wiesengesellschaften unter Berücksichtigung ihres Wasserhaushaltes und ihrer Veränderung durch die Intensivbewirtschaftung im Rahmen der Großflächenproduktion. - Mitteilungen aus dem Biosphärenreservat Rhön. 3. Monographie, 366 S., 165 Tabellen, 82 Abb., 64 Farbfotos. - Preis: 5,- Euro + Versandtasche B 4 mit 3,86 Euro Porto; zu beziehen von Verwaltung Biosphärenreservat Rhön, Mittelsdorfer Str. 23, 98634 Kaltensundheim.

Vorliegende Monographie kann als die Synthese des wissenschaftlichen Lebenswerkes Rudolf Hundt's auf dem Gebiet seiner langjährigen geobotanisch-vegetationskundlichen Arbeiten zur Grünlandvegetation Mitteldeutschlands angesehen werden. Als der Autor mit seinen Studien zur Grünlandvegetation in den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts begann, war noch nicht abzusehen, daß im Verlauf nur weniger Jahrzehnte deren zum Teil grundlegender Wandel erfolgen sollte. Dank umfassender vegetations- wie standortkundlich ausgerichteter Untersuchungen, die in den verschiedenen Teilräumen Mitteldeutschlands vom pleistozänen Flachland bis zu den Mittelgebirgen durchgeführt wurden, war es möglich, den seit den 60er Jahren gezielt und flächendeckend einsetzenden Prozeß der Umwandlung des mitteldeutschen Grünlandes von einem Stadium geringer bis mäßig intensiver zu dem einer meist hoch intensiven Nutzung zu verfolgen. Ein besonderes Verdienst des Autors liegt dabei darin, daß er die seit 1990 einsetzenden Bemühungen um einen Strukturwandel der zuvor vor allem auf die Erzielung hoher Ertragsleistungen ausgerichteten Nutzung der Wiesenvegetation zu einer ökologisch ausgewogeneren wie zugleich den Erhalt der Biodiversität sichernden Nutzungsweise aufzeigte.

An Hand von 36 in den 60er Jahren ausgewählten Flächen in 8 als repräsentativ angesehenen ökogeographischen Räumen Mitteldeutschlands wurden über entsprechende Catenen die Zusammenhänge zwischen jeweils charakteristischen Vegetationseinheiten in ihrer klimatischen wie standörtlichen Bedingtheit dargestellt und die entsprechenden Veränderungen bis in die 90er Jahre erfaßt. Dabei bildeten die Flußauen einen besonderen Schwerpunkt, während die Mittelgebirge nur mit einem Beispiel (Thüringer Wald) vertreten sind.

Das Spektrum der untersuchten Vegetationseinheiten reicht von Seggenrieden über Feucht- und Frischwiesen bis zu salzbeeinflusstem Grünland und Xerothermrassen. Dabei liegt, wie im Titel ausgewiesen, der Schwerpunkt der Untersuchungen bei den Wiesen. Für die einzelnen Vegetationseinheiten wurden neben ihrer vegetationskundlichen Analyse besonders Parameter des Bodenchemismus und -wasserhaushaltes detailliert erfaßt, wobei vor allem die Darstellung von Grundwasserganglinien und Isoplethendiagrammen des pflanzenverfügbaren Wassers Erwähnung verdienen.

Ein besonderes Anliegen des Autors war es, neben der Darstellung der ausgewählten Beispiele, aus den langzeitlichen Untersuchungsergebnissen verallgemeinernde Schlußfolgerungen bezüglich der Auswirkungen der über mehrere Jahrzehnte erfolgenden zum Teil extremen Intensivierung der Grünlandnutzung zu ziehen. Dies geschieht in entsprechenden Abschnitten für die jeweiligen ökogeographischen Grünlandbereiche. So ergaben sich zum Teil sehr starke Veränderungen. Sie sind zum einen besonders auf (meist drainagebedingte) Veränderungen des Wasserhaushaltes und der Düngung, zum anderen aber auch auf solche des Nutzungsregimes (intensive Mäh-Weidenutzung) zurückzuführen. Nur dort, wo vorhandene Schutzmaßnahmen den Einfluß der genannten Intensivierungsfaktoren in Grenzen hielten, wie z.B. in den Kalkflachmooren des Esperstedter Rieds (Thüringer Becken), blieben Veränderungen der Vegetationsstrukturen vergleichsweise gering.

Ein abschließendes, ausführliches Kapitel befaßt sich mit den aus der vorangegangenen Intensivierung des Grünlandes entstandenen Problemen und Aufgaben für den Naturschutz. Hierin werden nicht nur die gefährdeten Arten des Grünlandes im Untersuchungsgebiet aufgeführt, sondern vor allem Maßnahmen zum Schutz und zur Regenerierung der Wiesen Mitteldeutschlands empfohlen, denen durch die langjährigen Erfahrungen des Autors ein besonderes Gewicht zukommt. Dies bedeutet zugleich, kritische Maßstäbe an die Maßnahmen anzulegen, die in den zurückliegenden Jahrzehnten unter dem Begriff der „Melioration“ ökologisch oft gravierende Eingriffe in stabile Ökosystemstrukturen des Grünlandes verursachten und dabei nicht selten auch die mit ihnen verbundenen ökonomischen Zielstellungen längerfristig nicht erfüllten.

Dem Werk angefügt sind ein sehr umfangreiches Literaturverzeichnis sowie zahlreiche großformatige Farbfotos ausgewählter Grünlandarten. Mit der Komplexität der Darstellung des mitteldeutschen Grünlandes und seiner Genese in den letzten Jahrzehnten bildet das Buch ein unverzichtbares Nachschlagewerk für alle, die sich mit Struktur und Dynamik der Grünlandvegetation aus geobotanischer und vegetationskundlicher Sicht befassen. Entsprechendes gilt für die, deren Anliegen die Gestaltung einer ökologischen wie ökonomischen Ansprüchen zugleich gerecht werdenden Nutzung des Grünlandes und dessen Erhaltung ist. In diesem Sinne dürfte dem Werk ein breiter Leserkreis zu wünschen sein.

Ernst-Gerhard MAHN, Halle (Saale)