

forstarchiv 80, 241-250
(2009)

DOI 10.237603004112-
80-241

© M. & H. Schaper
GmbH
ISSN 0300-4112

Korrespondenzadresse:
rainer.waldhardt@
umwelt.uni-giessen.de

Eingegangen:
10.07.2009

Angenommen:
28.08.2009

Indikatoren der floristischen Vielfalt im Hanggrünland des nordwestlichen Lahn-Dill-Gebiets (Hessen, Deutschland)

Indicators of floristic diversity in grasslands on slopes of the northwestern Lahn-Dill area (Hesse, Germany)

RAINER WALDHARDT und ANNETTE OTTE

Justus-Liebig-Universität Gießen, Professur für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung,
Heinrich-Buff-Ring 26-32, D-35392 Gießen

Kurzfassung

Als Folge von Landnutzungswandel hat sich die floristische Vielfalt des Grünlands seit ca. 1950 sehr deutlich verändert. In vielen Regionen Deutschlands herrschen heute verarmte Bestände vor. Unter den aktuellen agrarpolitischen Rahmenbedingungen sind weitere negative Veränderungen zu erwarten. Dies gilt besonders für marginale Regionen, die heute noch eine vergleichsweise hohe Biodiversität aufweisen. Bei abnehmender Bedeutung des Grünlandaufwuchses als Viehfutter und bislang nur eingeschränkter Verwertbarkeit der Phytomasse zur energetischen Nutzung müssen Konzepte künftiger Grünlandnutzung und Kriterien zur Auswahl von vorrangig zu erhaltenden Beständen erarbeitet werden. Indikatoren der floristischen Diversität sind dabei zu berücksichtigen. Hierzu erfolgten im Hanggrünland des nordwestlichen Lahn-Dill-Gebiets, einer marginalen Region Hessens, floristische und standortkundliche Erhebungen und Auswertungen auf sukzessiv erweiterten Teilflächen (33 m², 67 m², 100 m²). Mittelwertvergleiche, Korrelationsberechnungen und DCA-Ordinationen belegen die im Gebiet für den Artenreichtum und die Artenkombinationen große Bedeutung der Nutzungsform, Nährstoff- und Wasserversorgung sowie der geografischen Lage. Die Ergebnisse lassen erkennen, dass die Bedeutung standörtlicher Eigenschaften in Abhängigkeit von der Größe der untersuchten Teilflächen variiert.

Schlüsselwörter: Landwirtschaft, Biodiversität, GAP, DCA, Nutzungswandel, Marginale Landschaft, Naturschutz, Raumskalen

Abstract

Resulting from land-use change, the floristic diversity of grasslands has considerably changed since about 1950. All over Germany, species poor sites have become predominant. Against the background of today's agricultural policy, further negative developments are to be expected. This holds especially true for marginal regions that are still characterised by high biodiversity at the habitat and landscape scale. Given the decreasing importance of grassland biomass for fodder production and the still limited significance of grassland biomass for energy production, strategies for future grassland use and criteria for prior conservation of grassland sites have to be developed. Indicators of floristic diversity need to be considered. In this context, the flora and site conditions of grasslands on slopes of the northwestern Lahn-Dill area, a marginal region in Hesse (Germany) was investigated on successively increasing plots (33 m², 67 m², 100 m²). Comparison of mean values, correlation analyses, and DCA ordinations highlight that, in the study region, land-use type, water and nutrient supply, and geographic position are most important for species richness and combinations. Moreover, the data indicate that results depend on the size of analysed spatial units.

Key words: agriculture, biodiversity, CAP, DCA, land use change, marginal landscape, nature conservation, spatial scales

Einleitung

Das floristische Inventar des Grünlands, d. h. des Kulturgraslands und der Heiden, unterliegt in Deutschland seit mehreren Jahrzehnten einem deutlichen Wandel. Vereinfachend sind zwei gegenläufige Prozesse, die Intensivierung und die Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung, als Hauptursachenkomplexe der Gefährdung vieler Pflanzengemeinschaften des Grünlands und ihrer Pflanzenarten zu nennen (vgl. Dierschke 1997, Rennwald 2000): In heute intensiv genutzten Regionen haben insbesondere hohe Düngergaben, Bodenmeliorationen, Einsaaten mit anspruchsvollen Futtergräsern und damit einhergehend Vielschnittnutzung oder (zu) hoher Tierbesatz zur qualitativen Verarmung und Vereinheitlichung der Grünlandflora geführt. Vielerorts sind als floristisch verarmte Bestände die *Alopecurus pratensis*-Gesellschaft (bei Wiesenutzung) oder das *Lolio-Cynosuretum* (bei Weidenutzung) vorherrschend (vgl. u. a. Sach 1999). Darüber hinaus ist in intensiv genutzten Regionen der

Grünlandumbruch zur nachfolgenden ackerbaulichen Nutzung als Ursache der lokalen bis regionalen Gefährdung von Grünlandarten bedeutsam. Allein in den Jahren 2003 bis 2008 nahm die Fläche des Dauergrünlands (Definition nach Verordnung (EG) Nr. 1782/2003) in Deutschland um 4,1 % ab (BfN 2009). Besonders negativ war die Entwicklung im genannten Zeitraum in Schleswig-Holstein und Hamburg (-7,7 %), Mecklenburg-Vorpommern (-6,3 %), Niedersachsen und Bremen (-5,4 %) und Nordrhein-Westfalen (-5,0 %), während in Hessen (-1,5 %) und Thüringen (-0,9 %) der Verlust an Dauergrünland am geringsten war. In sog. peripheren oder marginalen Landschaften (Baldock et al. 1996) führt dagegen die (sukzessive) Aufgabe der Landwirtschaft zu einem Rückgang der Lebensraumvielfalt und einem damit verbundenen Artenverlust (Sheridan und Waldhardt 2006).

In den Heiden marginaler Landschaften, die in vielen Fällen als Naturschutzgebiete ausgewiesen sind, führen Prozesse wie die Streuanreicherung, Verbuschung und Wiederbewaldung bereits seit meh-

renen Jahrzehnten zu deutlichen Veränderungen im Arteninventar u. a. zuungunsten lichtliebender Pflanzenarten (vgl. Otte et al. 2008). In zunehmendem Maße sind derartige Prozesse auch im Kulturgrünland marginaler Landschaften zu befürchten, denn die derzeitigen agrarpolitischen Rahmenbedingungen lassen erwarten, dass dort die reguläre Grünlandnutzung mit dem Ziel der Produktion von Futter weiter an Bedeutung verlieren wird. So ist nach agrarökonomischen Szenarien künftiger Landnutzung unter den Bedingungen der europäischen Agrarreform von 2005 (GAP-Reform 2005) auf dem Großteil der Grünlandfläche allein das jährlich einmalige Mulchen mit einer positiven Bodenrente verbunden; in kleineren Teilräumen sind sogar das Brachfallen und die Aufforstung des Grünlands wahrscheinlich (Reger et al. 2009).

Vor dem Hintergrund dieser negativen Entwicklungen ist - neben der aktiven Reetablierung standortgemäßer Grünlandvegetation (u. a. Hölzel und Otte 2003, Kiehl et al. 2006) - die Erhaltung heute noch artenreicher und im Landschaftsmaßstab vielfältiger Bestände in marginalen Landschaften eine Herausforderung für Landwirtschaft und Naturschutz. Dabei wird gezielten und möglichst langjährigen Fördermaßnahmen, wie sie z. B. in Agrarumweltprogrammen angeboten werden, sowie Naturschutzmaßnahmen z. B. der extensiven Beweidung (Finck et al. 2002) eine noch größere Bedeutung zukommen. Die zur Verfügung stehenden bzw. gestellten Mittel werden aber wohl nicht ausreichen, um in marginalen Regionen flächendeckend eine wünschenswerte Vielfalt der Grünlandnutzungen zu sichern. Auch mangelt es dort heute schlichtweg an Landwirten, die mit ihrem pflanzenbaulichen Fachwissen als Landnutzer für die flächige Erhaltung des Grünlands unverzichtbar sind. Darüber hinaus ist in marginalen Landschaften bei deutlich rückläufigen Viehdichten und bislang nur schlechter Verwertbarkeit des Grünlandaufwuchses als nachwachsender Rohstoff die Nachfrage nach Grünland-Phytomasse erheblich geringer als das Produktionspotenzial. Perspektiven der Landnutzung und Kriterien zur gezielten Auswahl von vorrangig zu erhaltenden Grünlandbeständen, die auch den landschaftlichen Kontext berücksichtigen, müssen daher erarbeitet werden. Dies gilt nicht zuletzt dann, wenn die durch Unterzeichnung der Biodiversitätskonvention in Deutschland seit 1992 bestehende Verpflichtung zum Schutz auch der Artenvielfalt im Grünland eingehalten werden soll. Wissenschaft, Agrar- und Naturschutzpolitik, landwirtschaftliche Praxis, Naturschutzpraxis und weitere „Landnutzer“ sind mit Fachbeiträgen und darauf aufbauender gemeinsamer Arbeit gefordert, sich dieser Verpflichtung zu stellen.

Bei der Erarbeitung von Konzepten künftiger Grünlandnutzung und von Kriterien zur Auswahl von vorrangig zu erhaltenden Beständen sind Indikatoren der floristischen Diversität zu berücksichtigen, dies auf Habitat- und Landschafts-Ebene: Nutzungsformen, Standorteigenschaften und die Nutzungsdynamik wurden in diesem Zusammenhang in zahlreichen Arbeiten untersucht (u. a. Gustavsson et al. 2007, Klimek et al. 2007, Waesch und Becker 2009; weitere Arbeiten hierzu zitiert in Waldhardt 2003a, Waldhardt et al. 2003). Der vorliegende Artikel möchte zur Quantifizierung von Indikatoren der floristischen Vielfalt des Hanggrünlands im nordwestlichen Lahn-Dill-Gebiet, einer marginalen Landschaft Hessens, beitragen. In ähnlicher Absicht erfolgten bereits vorliegende Studien der Arbeitsgruppe zu Indikatoren der Vielfalt der Grünlandvegetation in den Naturräumen Lahn-Dill-Bergland und Dilltal (Waldhardt und Otte 2003, Wellstein et al. 2007a, b), die den hier untersuchten Raum einschließen. Im Gegensatz zu diesen Arbeiten auf der Ebene der Pflanzengemeinschaften, fokussiert die vorliegende Studie auf die Flora des Grünlands. Vorrangiges Ziel war es zu prüfen, ob die Form der Grünland-Nutzung, das Habitat-Alter sowie geografische, topografische, bodenphysikalische und bodenchemische Standorteigenschaften als Indikatoren des (1) kleinräumigen Artenreichtums und (2) der Vielfalt der Artenkombinationen des Hanggrünlands im nordwestlichen Lahn-Dill-Gebiet herangezogen werden können.

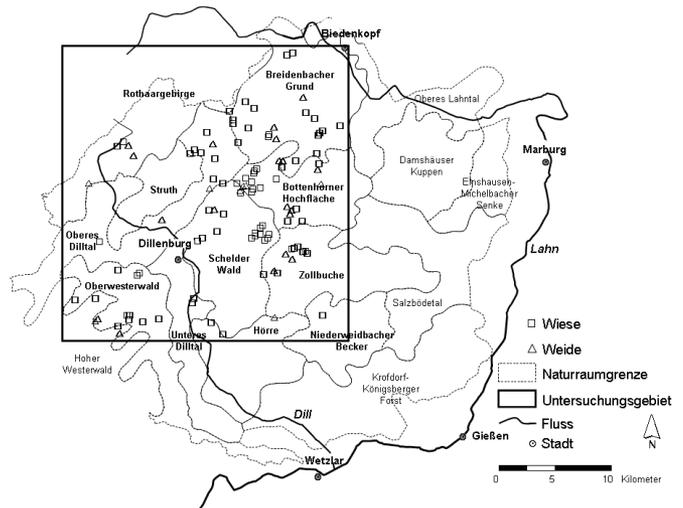


Abb. 1. Geografische Lage und naturräumliche Gliederung (nach Meynen und Schmithüsen 1962) des im Lahn-Dill-Bergland mit angrenzendem Dilltal gelegenen Untersuchungsgebiets sowie Lage der erhobenen Wiesen ($n = 83$) und Weiden ($n = 27$). Nach Ausreißeranalyse wurden 105 dieser Flächen in der Auswertung berücksichtigt.

Geographic location of the study region and its biogeographical units (according to Meynen and Schmithüsen 1962) as part of the Lahn-Dill Highlands and the adjoining Dilltal, and location of the investigated meadows ($n = 83$) and pastures ($n = 27$). Following an outlier analysis, 105 study sites were considered in data analyses.

Des Weiteren sollte geprüft werden, (3) ob Ergebnisse hierzu für unterschiedlich große Bezugsräume (33 m^2 , 67 m^2 , 100 m^2) in gleicher Weise gelten.

Untersuchungsgebiet

Das in Hessen gelegene Untersuchungsgebiet (Abbildung 1 mit Naturraumgliederung nach Meynen und Schmithüsen 1962) umfasst eine Gesamtfläche von etwa 650 km^2 im Bereich der Ostabdachung des Rheinischen Schiefergebirges. Die floristischen Erhebungen konzentrierten sich auf die Naturräume Breidenbacher Grund, Bottenhorner Hochfläche, Oberes Dilltal, Unteres Dilltal, Oberwesterwald, Schelder Wald, Zollbuche und Niederweidbacher Becken.

Mit $700\text{-}1.200 \text{ mm}$ Jahresniederschlag und einer Jahresmitteltemperatur von $5\text{-}8 \text{ }^\circ\text{C}$ weist das von Südost nach Nordwest ansteigende Untersuchungsgebiet in Höhenlagen von $200\text{-}600 \text{ m}$ ü. NN ein nach Nordwesten zunehmend raues Mittelgebirgsklima auf. Bei stark reliefierter Topographie herrschen auf Tonschiefern, Kiesel-schiefern und Grauwacken im nördlichen Teil des Gebiets an Kuppen, Ober- und Mittelhängen basenarme Braunerden, Ranker und Regosole mit zuweilen hohen Steinanteilen (Skeletgehalt) vor (vgl. Kohl 1978, Harrach 1998, Szibalski 2000), deren Produktivität in den Sommermonaten wasserlimitiert ist. An den Unterhängen überwiegen mit Basen und Wasser besser versorgte Kolluvien. Im zentralen und südlichen Teil des Gebiets, in dem neben den genannten Bodentypen auch Parabraunerden ausgebildet sind, ist die Basenversorgung auf Diabas (z. B. Bottenhorner Hochfläche) und bei Lössabdeckung (z. B. Niederweidbacher Becken) allgemein besser. Im Übrigen finden sich in den Hanglagen des gesamten Untersuchungsgebiets auf etwa 5 bis 10% der Fläche pseudovergleyte Böden mit kleinräumig quelligen Bereichen austretenden Hangzugswassers. Nach der Reichsbodenschätzung herrschen im nordwestlichen Lahn-Dill-Gebiet niedrige Bodenzahlen um 35 vor; nur selten wurden Bodenzahlen über 60 vergeben.

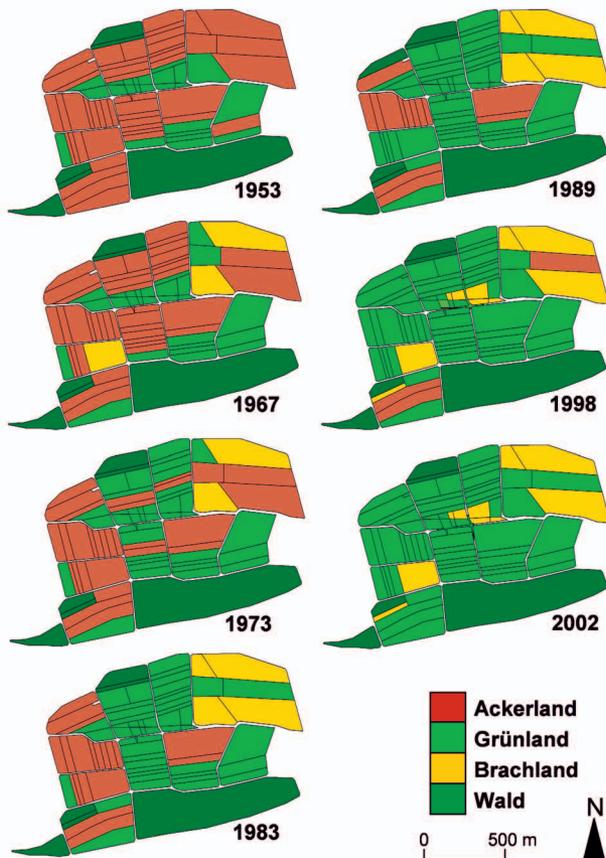


Abb. 2. Beispiel des lokalen Nutzungswandels im Untersuchungsgebiet. Melmertshausen, Flur 2; 19 ha.
An example of land-use change at the local scale in the study region. Melmertshausen, Cadastral unit 2; 19 ha.

Die landwirtschaftliche Nutzung erfolgt im Untersuchungsgebiet seit Jahrhunderten vorrangig im Nebenerwerb (Kohl 1978). Bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts war der Erzbergbau von wirtschaftlich größerer Bedeutung als die Landwirtschaft. Aber auch seit dem sukzessiven Erliegen des Bergbaus erzielen viele Bewohner der für einen marginalen Raum recht dicht besiedelten Region (Bevölkerungsdichte des Lahn-Dill-Kreises: 242 Einwohner pro km²; durchschnittliche Bevölkerungsdichte in Hessen: 288 Einwohner pro km²; HSL 2009) aus der Landwirtschaft nur ein vergleichsweise geringes Einkommen. Regionale Erwerbsalternativen (u. a. stahlverarbeitende Betriebe im Dilltal) sowie günstige Verkehrsanbindungen sind vorhanden und werden von zahlreichen Berufspendlern genutzt. Eine durchschnittliche landwirtschaftliche Betriebsgröße von 13,4 ha sowie bis heute vorherrschende kleinparzellige Nutzung (die mittlere Größe der Bewirtschaftungseinheiten im Acker- und Grünland liegt bei ca. 0,5 ha) spiegeln die Nebenerwerbslandwirtschaft sehr deutlich wider. Dies gilt auch für den im Gebiet seit ca. 1950 sehr ausgeprägten Landnutzungswandel zuungunsten des Ackerlands, das in den 1950er Jahren etwa 25-30 % der Gesamtfläche ausmachte und heute in kleineren Landschaftsausschnitten vollständig fehlt (Abbildung 2). Der Anteil des Brach- und Grünlands nahm hingegen deutlich zu (vgl. Simmering et al. 2001, Fuhr-Boßdorf 2003, Waldhardt 2003b, Hietel 2004, Hietel et al. 2004, 2005, Simmering 2006, Reger et al. 2007, Reger 2008).

Im nordwestlichen Lahn-Dill-Gebiet setzt sich das Nutzungsmuster heute wie folgt zusammen: Wald (ca. 45 % der Gesamtfläche),

Grünland (ca. 34 %), Siedlungen (ca. 9 %), langjähriges Brachland (ca. 7 %) und Ackerland (ca. 5 %). Die Wiesennutzung erfolgt, in vielen Fällen aus Mitteln des Hessischen Integrierten Agrarumweltprogramms (HIAP) unterstützt, überwiegend als einschürige Mahd ab Mitte Juni. Die Weiden werden meist mit Rindern, Schafen oder Pferden beweidet. Bei geringem Produktionsmitteleinsatz, hoher Standort- und Nutzungsvielfalt sowie ausgeprägter Nutzungsdynamik weist die Region insgesamt hohe Artendichten der Flora und Fauna auf (u. a. Schnedler 1987, Nowak und Wedra 1988, Otte 1998, Wolters et al. 1999, Waldhardt et al. 2000, 2004, Purtauf et al. 2002, Hirsch et al. 2003, Simmering 2006, Otte et al. 2008), dies nicht zuletzt in den Grünland-Phytozönosen (u. a. Nowak 1992, Wellstein et al. 2007).

Methoden

Auswahl der Untersuchungsflächen

Um das standort- und nutzungsabhängige Spektrum des Hanggrünlands im Untersuchungsgebiet in einer möglichst repräsentativen Stichprobe zu untersuchen, wurden über das Gebiet zufällig verteilt 110 Flächen aus einem insgesamt 1000 Flächen umfassenden Datensatz ausgewählt (Abbildung 1). Dieser Datensatz lag aus einer Untersuchung zur Nutzungsdynamik des Hanggrünlands im Lahn-Dill-Bergland vor (vgl. Mattern 2005, Reger et al. 2007).

Floristische Erhebungen

Im Zeitraum Anfang Juni bis Mitte August 2006 wurden auf jeder Untersuchungsfläche Artenlisten erhoben. Die Datenerhebung erfolgte im Zentrum der Bestände auf sukzessiv erweiterten und hangabwärts gerichteten Teilflächen (1 m x 33 m, 1 m x 67 m, 1 m x 100 m). Form und Lage der Aufnahmeflächen zielten darauf, innerhalb der Bestände zu erwartende standörtliche Gradienten einzubeziehen, um so möglichst viele der im Bestand vorkommenden Arten dokumentieren zu können. Diese Vorgehensweise steht bewusst im Gegensatz zur Methode der vegetationskundlichen Datenerhebung, die auf standörtlich möglichst homogenen Flächen erfolgt. Ein Vergleich der hier erhobenen Artenkombinationen und -zahlen mit solchen aus vegetationskundlichen Datensätzen ist daher nur bedingt zulässig. Die Nomenklatur folgt Wisskirchen und Haeupler (1998).

Erhebungen nutzungs- und standortabhängiger Eigenschaften

Die Form der Grünlandnutzung wurde im Gelände notiert. Es wurde nur zwischen Wiesen- und Weidenutzung unterschieden. Eine genauere Differenzierung der Nutzung unterblieb aus zwei Gründen: In vielen Fällen waren die bewirtschaftenden Landwirte, die hierzu hätten befragt werden müssen, nicht zu ermitteln und befragte Flächeneigentümer nannten eine mitunter große zeitliche Variabilität der Nutzung, dies besonders auf verpachteten Flächen. Selbst die Untergliederung nach Wiesen und Weiden schließt nicht aus, dass einige der als Wiesen kategorisierten Flächen in einzelnen Jahren auch beweidet werden (z. B. Nachbeweidung im Spätsommer).

Die Dauer der Grünlandnutzung wurde der Arbeit von Mattern (2005) entnommen. In dieser war die Altersbestimmung der Bestände durch multitemporale Luftbildinterpretation für den Zeitraum 1945 bis 2001 erfolgt. Für jede Untersuchungsfläche konnten Luftbilder (Maßstab ca. 1:10.000) ausgewertet werden, die in 5- bis 10-jährigem Abstand den Nutzungstyp (z. B. Acker oder Grünland) erkennen ließen. Als Alter in Jahren wurde der sich aus der Luftbildinterpretation ergebende Mindestzeitraum der Grünlandnutzung ermittelt. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass auch in

Jahren, aus denen keine Luftbilder vorlagen, ein Nutzungswechsel erfolgte. Somit könnte das Alter einzelner Grünlandbestände auch geringer sein. Aus den Daten zum Alter der Bestände wurden 3 Altersklassen abgeleitet (jung: < 20 Jahre, mittelalt: 20-40 Jahre und alt: > 40 Jahre).

Die geografischen (Gauss-Krüger Koordinaten; Rechts- und Hochwerte) und topografischen (Höhe in m ü. NN, Hangneigung in Grad, Exposition in Winkelgrad) Standorteigenschaften wurden im Gelände mithilfe eines GPS ermittelt bzw. geschätzt. Aus der Exposition wurde das Ausmaß der nördlichen (Kosinus der Exposition) und östlichen Ausrichtung (Sinus der Exposition) errechnet; beide Werte flossen in die Auswertungen ein. Die bodenphysikalischen (Skelettanteil als Gewichtsprozent der Steine > 3 mm am Gesamtboden) und bodenchemischen Eigenschaften (C_{T} , N_{T} , P_{CAL} - und K_{CAL} -Gehalte; H^+ -Konzentrationen berechnet aus pH-Werten in CaCl_2) wurden auf der Grundlage von Bodenproben aus den 100 m²-Aufnahmeflächen der floristischen Erhebungen (Mischproben aus 25 Bohrstockeinstichen; Bodentiefe bis 10 cm) ermittelt. Die bodenchemischen Analysen erfolgten nach Schlichting et al. (1995). Die errechneten C-, N-, P- und K-Gehalte beziehen sich auf das Gesamtgewicht des Trockenbodens (einschließlich Skelettanteil). Als zusammenfassende Kenngröße der Bodenqualität wurden aus den Karten der Reichsbodenschätzung die Bodenzahlen der Untersuchungsflächen in die Auswertungen aufgenommen. Fünf Untersuchungsflächen waren in der Reichsbodenschätzung als Hutungen nicht mit Bodenzahlen belegt worden. Diesen Flächen wurde hier die Bodenzahl 12 zugewiesen. Schließlich wurden auf der Grundlage der floristischen Daten die mittleren F-, R- und N-Zahlen nach Ellenberg et al. (1992) der untersuchten Bestände berechnet.

Datenauswertung

Vor der eigentlichen Datenauswertung erfolgten mithilfe der PC-Software Statistica 6.0 (Anonymus 1998) Prüfungen der Parameterverteilungen auf Normalverteilung (Shapiro-Wilks W-Test) und gegebenenfalls In-Transformationen der Werte sowie mithilfe der Software PCORD 5.0 (McCune und Mefford 1999) Ausreißertests für die floristischen Datensätze der 33, 67 und 100 m² großen Teilflächen. Dabei wurden in PCORD nur die Arten berücksichtigt, die in mehr als zwei Flächen vorkamen. Auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Vorauswertungen wurden die Daten von 105 der 110 Untersuchungsflächen in der weiteren Auswertung berücksichtigt.

Als Maße der floristischen Vielfalt wurden der Artenreichtum und die Artenkombinationen in den unterschiedlich großen Erhebungsflächen (33, 67, 100 m²) ausgewertet. Über Mittelwertvergleiche mit anschließenden Tukey HSD-Tests wurde geprüft, ob sich der Artenreichtum sowie standort- und nutzungsabhängige Eigenschaften der Aufnahmeflächen in Abhängigkeit von der Nutzungsform und des Grünlandalters unterscheiden. Mithilfe einfacher Korrelationen (Pearson-Korrelationskoeffizient) wurde geprüft, welche Standorteigenschaften in einem quantitativen Zusammenhang zum Artenreichtum stehen. Des Weiteren wurde getestet, welche der standort- und nutzungsabhängigen Eigenschaften untereinander Korrelationen aufweisen. Schließlich wurde mithilfe multi- und univariater Allgemeiner Regressionsmodelle getestet, welche Eigenschaften unabhängig von deren Interkorrelationen zur Erklärung des Artenreichtums beitragen. Die Auswertungen erfolgten mithilfe des Programmpakets Statistica 6.0.

Mithilfe von DCA-Ordinationsdiagrammen mit anschließenden „after-the-fact evaluations“ zur Quantifizierung der durch die DCA erklärten Varianzen wurde die Vielfalt der Artenkombinationen im untersuchten Grünland veranschaulicht und ausgewertet. Die Achsen wurden reskaliert. Arten, die nur in einer oder zwei Flächen vorkamen, wurden nicht berücksichtigt (siehe oben). Alle übrigen Arten gingen mit gleicher Gewichtung in die Auswertungen ein. Zur

Interpretation wurden in *joint plots* (cutoff value $r^2 = 0,2$) Beziehungen zu den standörtlichen und nutzungsabhängigen Gradienten veranschaulicht. Für die nach den *joint plots* relevanten Standorteigenschaften wurden deren Korrelationen mit den DCA-Achsen getestet, um die Enge der Beziehungen weiter zu quantifizieren. Es wurden Ordinationen für einen die Wiesen und Weiden umfassenden Datensatz ($n = 105$; Datensatz der 100 m² großen Teilflächen) sowie für drei Datensätze (33, 67 und 100 m² große Teilflächen) der Wiesen ($n = 79$) durchgeführt. Die DCA-Auswertungen erfolgten mithilfe der PC-Software PCORD 5.0, die anschließenden Korrelationsberechnungen mit Statistica 6.0.

Bei erwarteten und getesteten räumlichen Effekten auf Landschafts-Ebene wird davon ausgegangen, dass im Datensatz keine kleinräumigen Autokorrelationen vorliegen, da in jedem Bestand nur eine 33 bis 100 m² große Aufnahmefläche erhoben wurde und die Bestände durch weitere Parzellen voneinander getrennt waren. Auch wird davon ausgegangen, dass im Datensatz keine zeitlichen Effekte der Datenerhebung differenzierend auf die Artenkombinationen wirken. Vielmehr ist zu erwarten, dass im gesamten Datensatz Arten unterrepräsentiert sind, die bereits im Frühjahr ihren Lebenszyklus abschließen (z. B. *Erophila verna*) oder bei Erhebungen im Frühsommer leicht übersehen werden (z. B. *Gagea*-Arten).

Ergebnisse

Allgemeine Kennzeichnung des floristischen Datensatzes

In den 105 Untersuchungsflächen wurden insgesamt 200 Höhere Pflanzenarten erhoben. Mit Stetigkeiten von über 75 % sind *Dactylis glomerata*, *Plantago lanceolata*, *Rumex acetosa*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens* und *Trisetum flavescens* in allen drei Teilflächengrößen (33, 67 und 100 m²) die häufigsten Arten. In den 67 m² großen Teilflächen erreichen außerdem *Festuca rubra*, *Heracleum sphondylium*, *Taraxacum sect. Ruderalia* und *Trifolium repens* ebenso hohe Stetigkeiten. In den 100 m² großen Teilflächen gilt dies auch für *Alopecurus pratensis*, *Arrhenatherum elatius* und *Galium mollugo*. Der Anteil der Arten mit einer Stetigkeit < 10 % ist in allen drei Fällen mit etwa 60 % der Arten ähnlich hoch. Die mittleren Artenzahlen der Teilflächen liegen bei 25,1 (33 m²), 29,1 (67 m²) bzw. 32,2 (100 m²). Die maximale Artendichte ist 45 (33 m²), 50 (67 m²) bzw. 53 (100 m²).

Unter den Arten mit mittlerer Häufigkeit (Stetigkeit 25-75 %) finden sich viele (weitere) Ordnungs-, Verbands- und Assoziationskennarten der im Gebiet besonders auf Braunerden verbreiteten Arrhenatheretalia elatioris (u. a. *Alchemilla vulgaris*, *Crepis biennis*, *Lotus corniculatus*, *Knautia arvensis*, *Leucanthemum vulgare* und *Rhinanthus minor*). Kennarten der für Pseudogleye typischeren Molinietalia caeruleae (u. a. *Achillea ptarmica*, *Caltha palustris*, *Cirsium palustre*, *Juncus conglomeratus* und *Silene flos-cuculi*) gehören überwiegend der Gruppe mit Stetigkeiten von < 10 % an. Kennarten der im Gebiet besonders in einigen Naturschutzgebieten vorkommenden Thero-Airetalia wie *Aira caryophylla* (vgl. Otte et al. 2008) sind mit Ausnahme einer Fläche mit *Trifolium striatum* im Datensatz nicht enthalten. Die erhobenen Bestände sind daher dem Kulturgrasland zuzuordnen, wenngleich Magerkeitszeiger wie *Galium pusillum*, *Myosotis ramosissima*, *Pimpinella saxifraga*, *Potentilla argentea*, *Rumex acetosella*, *Saxifraga granulata* und *Thymus pulegioides*, die auf einigen Flächen in größerer Zahl vorkommen (hier nicht dargestellt), einen Übergang zur Vegetation der Heiden erkennen lassen.

Mit *T. striatum* wurde auch die einzige nach der Roten Liste Hessens (HMUELV 2008) als gefährdet eingestufte Art dokumentiert. Auf fünf Flächen wurde *Primula veris* (Abbildung 3) notiert, die nach der Roten Liste Hessens als zurückgehende Art (Art der Vorwarnliste) eingestuft ist. Auf einigen Flächen wurden ausbreitungsstarke Ar-



Abb. 3. *Primula veris* und *Colchicum autumnale* in einer ungedüngten und wechsel-feuchten Wiese (Bodentyp: Pseudogley) bei Dillenburg.

Primula veris and *Colchicum autumnale* in an unfertilised and temporarily wet meadow (soil type: planosol) near Dillenburg.

ten wie *Lupinus polyphyllus* (zwei Vorkommen) und *Senecio jacobaea* (sieben Vorkommen) notiert.

Allgemeine Kennzeichnung des standörtlichen Datensatzes

Die Mittelwerte, Minima und Maxima topografischer, bodenphysikalischer und -chemischer Eigenschaften sowie der berechneten mittleren Ellenberg-Zahlen belegen bzw. deuten darauf hin, dass der Datensatz der zur Auswertung berücksichtigten Flächen ($n = 105$) sowohl solche in steilen Hanglagen, mit hohem Skelettgehalt, schlechter Wasserverfügbarkeit, ausgesprochener Basen- und Nährstoffarmut, als auch für die landwirtschaftliche Produktion deutlich wertvollere Standorte umfasst (Tabelle 1). Innerhalb des Untersuchungsgebiets

bestehen deutliche Unterschiede zwischen 53 im nördlichen und 52 im südlichen Teil gelegenen Untersuchungsflächen (Unterscheidung der Gruppen über die Hochwerte der Flächen): Im nördlichen Teilgebiet haben die Böden höhere P_{CAL} -Gehalte, niedrigere pH-Werte, niedrigere mittlere R-Zahlen, höhere mittlere N-Zahlen und eine niedrigere Bodenzahl.

Im Übrigen bestehen im Gesamtdatensatz signifikante Korrelationen ($p < 0,001$) zwischen N_t - und C_t -Gehalten ($r = 0,96$), P_{CAL} -Gehalten und dem Alter in Jahren ($r = -0,59$), C/N-Verhältnissen und N-Zahlen ($r = -0,54$), F- und N-Zahlen ($r = 0,64$) sowie den Skelettgehalten und N_t -Gehalten ($r = -0,60$) bzw. F-Zahlen ($r = -0,51$).

Von den in der Auswertung berücksichtigten Flächen werden 79 als Wiesen und 26 als Weiden genutzt. Zu den Flächenanteilen des gemähten bzw. beweideten Grünlands liegen aus der Untersuchungsregion keine weiteren Informationen vor.

Die Altersklassenverteilung mit 31 jungen, 34 mittelalten und 39 alten Beständen entspricht den Häufigkeiten der Grünland-Altersklassen wie sie Mattern (2005) bzw. Reger et al. (2007) für die westlichen Teilräume des Lahn-Dill-Berglands mit angrenzendem Dilltal angeben. Da die hier untersuchten Bestände eine Zufallsstichprobe aus dem Datensatz von Mattern (2005) darstellen, war dies auch zu erwarten. Weitere (aktuelle) Informationen zur Altersstruktur des Grünlands in der Untersuchungsregion liegen nicht vor.

Artenreichtum und standörtliche Kennwerte: Beziehungen zu Nutzungsform und Habitat-Alter

In der Untersuchungsregion sind die Wiesen ähnlich artenreich wie die Weiden (Tabelle 2). Dies gilt für alle drei erhobenen Teilflächen-größen. Signifikante Unterschiede zwischen Wiesen und Weiden bestehen bei einigen standörtlichen Kennwerten: Die Wiesen weisen ein weiteres mittleres C/N-Verhältnis sowie niedrigere mittlere F- und N-Zahlen auf.

Signifikante Unterschiede im Artenreichtum konnten für Altersklassen der Bestände nicht nachgewiesen werden (Tabelle 3), wenngleich die mittleren Artenzahlen in den älteren Beständen etwas höher als in den jüngeren Beständen sind. Signifikante Unterschiede weisen junge, mittelalte und alte Bestände bezüglich einiger Bodeneigenschaften auf: Im vergleichsweise alten Grünland sind die C_t - und

Tab. 1. Standortkundliche Kennwerte der Untersuchungsflächen ($n = 105$). In Abhängigkeit von der geografischen Lage werden 53 im Norden (N) und 52 im Süden (S) gelegene Flächen unterschieden. a und b kennzeichnen signifikante Unterschiede ($P < 0,05$; Tukey-HSD).

Site characteristics of the studied plots ($n = 105$). Depending on the geographic location, 53 plots in the North (N) and 52 plots in the South (S) are differentiated. a and b indicate significant differences ($P < 0.05$; Tukey-HSD).

	Norden (N) und Süden (S)			Norden (N)	Süden (N)
	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert	Mittelwert
Höhe (m ü. NN)	423	258	545	440	403
Hangneigung (Grad)	7,2	1	15	6,4	6,4
Mindestalter (Jahre)	42,9	12	61	39,8	46,4
<i>Bodenkennwerte (bis 10 cm Tiefe)</i>					
Skelettanteil (Gewichts-%)	10,9	0,0	36,2	11,3	10,5
C_t (%)	2,9	1,7	5,1	2,9	2,9
N_t (%)	0,30	0,18	0,53	0,31	0,30
C/N-Verhältnis	9,7	7,9	11,8	9,5	9,8
P_{CAL} (mg/100 g Boden)	2,1	0,2	8,4	2,7 ^a	1,4 ^b
K_{CAL} (mg/100 g Boden)	11,6	2,7	34,7	10,8	12,6
pH (in $CaCl_2$)	4,4	3,7	6,4	4,2 ^a	4,5 ^b
Bodenzahl	36,9	12,0	60,0	34,7 ^a	39,3 ^b
Mittlere F-Zahl	5,1	4,0	6,3	5,1	5,0
Mittlere R-Zahl	6,9	4,4	6,9	5,8 ^a	6,1 ^b
Mittlere N-Zahl	5,3	4,0	6,5	5,4 ^a	5,1 ^b

Tab. 2. Mittlere Artenzahlen sowie standort- und nutzungsabhängige Kennwerte des Hanggrünlands im nordwestlichen Lahn-Dill-Gebiet, a und b kennzeichnen signifikante Unterschiede (P < 0,05; Tukey-HSD).

Mean species numbers and site characteristics of grasslands on slopes in the northwestern Lahn-Dill area, a and b indicate significant differences (P < 0.05; Tukey-HSD).

	Wiesen	Weiden
Anzahl	79	26
<i>Artenzahl in</i>		
33 m ²	25,7	23,2
67 m ²	29,7	27,3
100 m ²	32,7	31,5
Hangneigung (Grad)	6,9	8,0
Mindestalter (Jahre)	42,4	44,1
<i>Bodenkennwerte (bis 10 cm Tiefe)</i>		
Skelett (Gew.-%)	11,5	9,2
C _t (%)	2,9	2,9
N _t (%)	0,30	0,31
C/N-Verhältnis	9,8 ^a	9,4 ^b
P _{CAL} (mg / 100 g Boden)	2,0	2,4
K _{CAL} (mg / 100 g Boden)	11,3	12,5
pH (in CaCl ₂)	4,4	4,3
Bodenzahl	36,2	38,8
Mittlere F-Zahl	5,0 ^a	5,3 ^b
Mittlere R-Zahl	6,0	5,9
Mittlere N-Zahl	5,2 ^a	5,5 ^b

N_t-Gehalte im Oberboden am höchsten, die Skelett-, P_{CAL}- und K_{CAL}-Gehalte am niedrigsten. Auf eine geringere Nährstoffverfügbarkeit in den älteren Beständen deuten auch die höheren N-Zahlen der jüngeren Bestände hin.

Korrelationen zwischen Artenreichtum und Standorteigenschaften

Auf der Grundlage der Ergebnisse der einfachen Korrelationsberechnungen weisen einige der berücksichtigten Standorteigenschaften signifikante (p > 0,001) Zusammenhänge zu den Artenzahlen der 33, 67 bzw. 100 m² großen Teilflächen auf (Tabelle 4). In den meisten Fällen nimmt die Enge der Beziehungen mit der Größe der untersuchten Teilflächen (33, 67 bzw. 100 m²) zu. Besonders auffallend sind die im Gebiet von Nord nach Süd sowie mit abnehmenden N-Zahlen steigenden Artenzahlen.

Auch die Ergebnisse der multi- und univariaten Allgemeinen Regressionsmodelle weisen auf eine Skalenabhängigkeit der Beziehun-

Tab. 3. Mittlere Artenzahlen sowie standort- und nutzungsabhängige Kennwerte in Abhängigkeit vom Alter des Hanggrünlands im nordwestlichen Lahn-Dill-Gebiet, a und b kennzeichnen signifikante Unterschiede (P < 0,05; Tukey-HSD).

Mean species numbers and site characteristics of grasslands on slopes in the northwestern Lahn-Dill area depending on grassland age, a and b indicate significant differences (P < 0.05; Tukey-HSD).

	<20	20-40	>40
Anzahl	32	33	40
<i>Artenzahl in</i>			
33 m ²	23,3	25,0	26,5
67 m ²	26,9	28,7	31,2
100 m ²	29,9	31,8	34,8
Hangneigung (Grad)	7,1	7,5	7,1
<i>Bodenkennwerte (bis 10 cm Tiefe)</i>			
Skelett (Gew.-%)	3,7 ^a	12,7 ^a	7,3 ^b
C _t (%)	2,5 ^a	2,6 ^a	3,6 ^b
N _t (%)	0,26 ^a	0,27 ^a	0,37 ^b
C/N-Verhältnis	9,5	9,8	9,7
P _{CAL} (mg / 100 g Boden)	3,6 ^a	2,0 ^b	1,0 ^c
K _{CAL} (mg / 100 g Boden)	16,3 ^a	12,1 ^{a,b}	7,5 ^b
pH (in CaCl ₂)	4,3	4,3	4,5
Bodenzahl	38,2	36,0	36,5
Mittlere F-Zahl	5,1	4,9	5,2
Mittlere R-Zahl	5,9	5,9	6,0
Mittlere N-Zahl	5,5 ^a	5,2 ^b	5,2 ^b

gen zwischen Standorteigenschaften und Artenzahlen hin (Tabelle 5). Zur Erklärung des Artenreichtums tragen jedoch unabhängig von der Größe der Teilflächen besonders die geografische Lage (mit höheren Artenzahlen im Norden des Gebiets) und die Nährstoffversorgung (mit höheren Artenzahlen bei niedrigen N-Zahlen) bei.

Beziehungen zwischen Artenkombinationen und Standorteigenschaften

In einer den Gesamtdatensatz (n = 105) umfassenden DCA-Ordination (Abbildung 4) zeigt die recht klare Trennung zwischen Wiesen und Weiden entlang der ersten DCA-Achse, dass die Nutzungsform mit einer Differenzierung der Artenkombinationen bzw. mit Schwerpunkten der Artvorkommen einhergeht. Werden in der DCA nicht die plots, sondern die Arten visualisiert (122 der insgesamt 200 Arten wurden auf mehr als zwei Flächen erhoben und in der Auswertung berücksichtigt), haben Nährstoff- und Feuchtezeiger wie *Ranunculus repens*, *Urtica dioica*, *Agrostis stolonifera* und *Sanguisorba*

Tab. 4. Korrelationen (Pearson) zwischen Artenzahlen und Standorteigenschaften in Wiesen und Weiden (n = 105) und Wiesen (n = 79) des nordwestlichen Lahn-Dill-Gebiets. P < 0,001. Y: Hochwert; C/N: C/N-Verhältnis; P: P_{CAL}-Gehalt; FZ: mittlere F-Zahl; NZ: mittlere N-Zahl.

Correlations (Pearson) between species numbers and site characteristics in meadows and pastures (n = 105) and meadows (n = 79) of the northwestern Lahn-Dill area. P < 0.001. Y: Gauss-Krüger y-coordinate; C/N: total C / total N-content; P: P_{CAL}-content; FZ: mean value of soil moisture; NZ: mean nutrient value.

	Y	C/N	P	FZ	NZ
<i>Artenzahlen der Wiesen und Weiden in</i>					
33 m ²	-0,46	0,42	-0,32	-0,32	-0,56
67 m ²	-0,49	0,47	-0,34	-0,33	-0,58
100 m ²	-0,53	0,45	-0,37	n.s.	-0,56
<i>Artenzahlen der Wiesen in</i>					
33 m ²	-0,53	0,41	n.s.	n.s.	-0,52
67 m ²	-0,56	0,45	n.s.	-0,39	-0,55
100 m ²	-0,57	0,49	n.s.	n.s.	-0,57

Tab. 5. Allgemeine Regressionsmodelle (ARM) zu den Effekten standörtlicher Kennwerte auf den Artenreichtum von Wiesen (n = 79) des nordwestlichen Lahn-Dill-Gebiets. Die standörtlichen Kennwerte mit signifikanten Effekten ($p < 0,05$) sind mit ihrer erklärenden Varianz (EV) dargestellt. K: Konstante, β : Regressionskoeffizient, MQ: mittleres Quadrat, FG: Freiheitsgrad. Bezeichnungen der Standorteigenschaften in Abbildung 4 und X: Rechtswert.

General Regression Models (GRM = ARM) on the effects of site characteristics on the species richness of meadows (n = 79) in the northwestern Lahn-Dill area. Site characteristics with significant effects ($p < 0.05$) are given together with their explaining variance (EV). K: constant, β : regression coefficient, MQ: mean square, FG: degree of freedom. Abbreviations of site characteristics as given in Figure 4 and X: Gauss-Krüger x-coordinate.

Effekte	Multivariate ARM						Univariate ARM										
	Wilks	p	β	MQ	FG	p	EV (%)	β	MQ	FG	p	EV (%)	β	MQ	FG	p	EV (%)
K	0,67	< 0,001		570,5	1	< 0,001	16,7		763,2	1	< 0,001	17,2		981,2	1	< 0,001	20,9
y	0,68	< 0,001	-1,44	563,1	1	< 0,001	16,7	-1,41	753,0	1	< 0,001	17,2	-0,88	971,2	1	< 0,001	20,9
xy	0,79	< 0,001	2,12	184,0	1	0,006	5,5	1,93	212,8	1	0,007	4,9	0,46	271,5	1	0,004	5,8
x_2y	0,85	0,008	-1,16	107,6	1	0,033	3,2	-1,02	115,1	1	0,045	2,6					
C/N													0,21	189,6	1	0,016	4,1
FZ													0,22	141,4	1	0,038	3,0
RZ	0,88	0,031															
NZ	0,62	< 0,001	-0,47	835,1	1	< 0,001	24,8	-0,49	1241,4	1	< 0,001	28,3	-0,53	773,6	1	< 0,001	16,7
Fehler	-	-		22,7	74		49,9		27,9	74		47,1		31,5	73		49,5

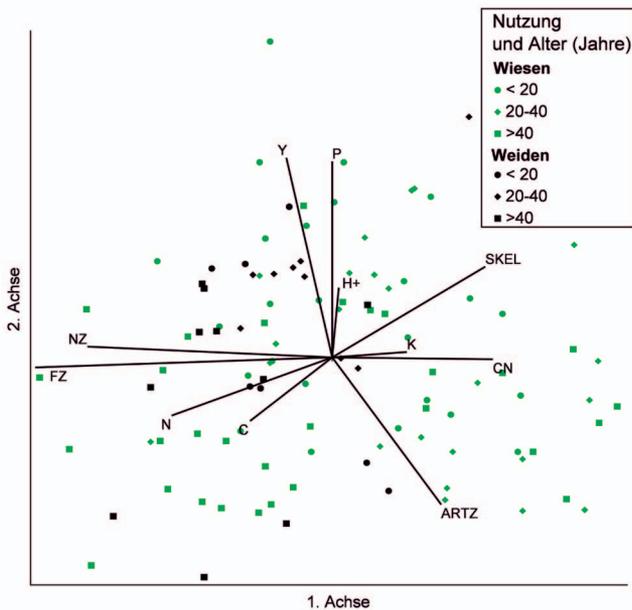


Abb. 4. DCA-Ordination (joint plot) von Wiesen und Weiden (n = 105) im nordwestlichen Lahn-Dill-Gebiet. Dargestellt ist die Verteilung der Aufnahmeflächen entlang der 1. und 2. Ordinationsachse. Größe der Aufnahmeflächen zur floristischen Erhebung: 100 m². Gesamtvarianz: 2,711. Eigenvalue/Länge der ersten Achse: 0,21/2,1. Distanzkorrelation (r^2) nach after-the-fact Test: 0,46. C: Gesamt C-Gehalt; C/N: C/N-Verhältnis; H+: H⁺-Konzentration; K: K_{CAL}-Gehalt; N: Gesamt N-Gehalt; P: P_{CAL}-Gehalt; SKEL: Skelettanteil; Y: Hochwert; NZ: mittlere N-Zahl; FZ: mittlere F-Zahl; AZ: Artenzahl (weitere Angaben im Text und Tabelle 6).

DCA-Ordination (joint plot) of meadows and pastures (n = 105) in the northwestern Lahn-Dill area. The distribution of the plots along the DCA-axes 1 and 2 is shown. Plot size of floristic data collection: 100 m². Total inertia: 2.711. Eigenvalue/length of first axis: 0.21/2.1. Correlation of distances (r^2) according to an after-the-fact test: 0.46. C: total C-content; C/N: total C-/total N-content; H+: H⁺-concentration; K: K_{CAL}-content; N: total N-content; P: P_{CAL}-content; SKEL: stone content; Y: Gauss-Krüger y-coordinate; NZ: mean nutrient value; FZ: mean value of soil moisture; AZ: species number (further information in the text and Table 6).

officinalis einen Schwerpunkt in der linken Hälfte des Diagramms und damit in den Weiden, während Magerkeits- und Trockniszeiger wie *Leucanthemum vulgare*, *Saxifraga granulata*, *Trifolium dubium* und *Galium verum* den rechten Teil des Diagramms und damit die Wiesen kennzeichnen. Im wiedergegebenen joint plot wird außerdem

deutlich, dass diese Differenzierung entlang der ersten Achse mit sich ändernden N- und F-Zahlen und, in entgegengesetzter Richtung, C/N-Verhältnissen einhergeht. Insgesamt deuten die Ergebnisse sehr deutlich darauf hin, dass das beweidete Hanggrünland eine höhere Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit aufweist als das gemähte. Darüber hinaus fällt auf, dass der Großteil der Weiden im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets (obere Hälfte des DCA-Diagramms) mit dort höheren P_{CAL}-Gehalten und niedrigeren pH-Werten der Oberböden liegt. Bei Visualisierung der Arten im DCA-Diagramm kennzeichnen einige Säurezeiger wie *Scleranthus annuus*, *Teucrium scorodonia* und *Trifolium arvense* das Grünland im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets (höhere Hochwerte); im südlichen (niedrigere Hochwerte) Teil wurden Basenzeiger wie *Primula veris*, *Trifolium medium* und *Valerianella dentata* häufiger erhoben.

In den joint plots des Gesamtdatensatzes wurde analog zu den Umweltvariablen auch die Artenzahl der Plots verrechnet. Dabei zeigt sich, dass der Artenreichtum in den Wiesen des südlichen Teilgebiets am höchsten ist.

In den joint plots der Wiesen (n = 79) bestehen hinsichtlich der Standortgradienten grundsätzlich ähnliche Beziehungen zur Lage der Aufnahmeflächen bzw. der Arten im Ordinationsraum wie im Gesamtdatensatz. Dies gilt bei Auswertung aller drei Datensätze der Teilflächengrößen 33, 67 und 100 m² (Diagramme mit Gesamtvarianz zwischen 2,46 und 2,57; hier nicht wiedergegeben).

Die Korrelationen der Standorteigenschaften mit den Koordinaten der DCA-Ordinationsachsen sind in Tabelle 6 zusammengestellt. Die engsten Korrelationen bestehen zu den F- und N-Zahlen, die in allen durchgeführten DCA-Auswertungen entlang der 1. Ordinationsachse besonders stark wirken. Für beide aus der Flora der Bestände abgeleiteten Standorteigenschaften sind die Korrelationen bei größerer erhobener Teilflächengröße etwas enger. Entlang der 2. Ordinationsachse sind die Korrelationen mit dem Hochwert am engsten.

Die DCA-Auswertungen lassen keine Beziehung zwischen dem Alter der Wiesen und der Lage der Aufnahmeflächen bzw. Arten im Ordinationsraum erkennen. Gleichwohl kommen einige Arten deutlich häufiger im jungen bzw. alten Grünland vor (Tabelle 7): Die Arten mit Schwerpunkt im jungen Grünland bilden eine uneinheitliche Gruppe aus Nährstoffzeigern, Magerkeitszeigern und ausbreitungstarken Arten, während im alten Grünland Magerkeitszeiger häufiger sind.

Tab. 6. Korrelationen (Pearson) zwischen Standorteigenschaften und DCA-Achsenwerten in Wiesen und Weiden (n = 105) und Wiesen (n = 79) des nordwestlichen Lahn-Dill-Gebiets. P < 0,001. Bezeichnungen der Standorteigenschaften in Abbildung 4.

Correlations (Pearson) between site characteristics and DCA-axes in meadows and pastures (n = 105) and meadows (n = 79) of the northwestern Lahn-Dill area. P < 0.001. Abbreviations of site characteristics as given in Figure 4.

	Y	C/N	N	C	P	K	H+	SKEL	FZ	NZ
<i>Wiesen und Weiden; Teilflächengröße 100 m²</i>										
1. Achse		0,38	-0,55	-0,44		0,32		0,51	-0,78	-0,45
2. Achse	0,55		-0,34	-0,35	0,52		0,36	0,40		
<i>Wiesen; Teilflächengröße 33 m²</i>										
1. Achse	-0,42	0,37	-0,38						-0,76	-0,65
2. Achse					0,39					
<i>Wiesen; Teilflächengröße 67 m²</i>										
1. Achse	-0,43	0,42	-0,39						-0,80	-0,69
2. Achse			-0,41		0,52			0,54	-0,45	
<i>Wiesen; Teilflächengröße 100 m²</i>										
1. Achse	-0,40	0,48	-0,37					0,37	-0,80	-0,71
2. Achse	0,40			-0,38	0,51			0,52	-0,41	

Tab. 7. Stetigkeiten (%) ausgewählter Arten in unterschiedlich alten Wiesen des nordwestlichen Lahn-Dill-Gebiets. Größe der Aufnahmeflächen zur floristischen Erhebung: 100 m².

Frequencies (%) of selected species in meadows of the northwestern Lahn-Dill area depending on grassland age. Plot size of floristic data collection: 100 m².

Alter (Jahre)	< 20	20-40	> 40
Anzahl	26	23	30
Häufiger in jüngeren Wiesen			
<i>Taraxacum</i> sect. Rud.	89	65	73
<i>Agrostis capillaris</i>	77	74	47
<i>Tragopogon pratensis</i>	39	35	20
<i>Rumex obtusifolius</i>	19	13	7
<i>Senecio jacobaea</i>	12	13	3
<i>Lupinus polyphyllus</i>	8	0	0
Häufiger in älteren Wiesen			
<i>Centaurea jacea</i>	19	57	60
<i>Lotus corniculatus</i>	31	61	60
<i>Lathyrus pratensis</i>	31	65	60
<i>Knautia arvensis</i>	27	44	53
<i>Campanula rotundifolia</i>	12	17	20

Diskussion

Die Ergebnisse belegen die heute noch große floristische Vielfalt des Hanggrünlands im nordwestlichen Lahn-Dill-Gebiet und lassen erkennen, dass insbesondere die Nutzungsform, Gradienten der Wasser- und Nährstoffversorgung sowie die geografische Lage im Gebiet mit dieser Vielfalt in qualitativen und quantitativen Beziehungen stehen. Im Sinne von Duelli und Obrist (1998) werden somit Surrogate und Korrelate der floristischen Vielfalt vorgestellt, die nach mehreren Arbeiten für die Vielfalt der Grünlandflora und -vegetation bedeutsam sind (u. a. Vandvik und Birks 2002, Wellstein et al. 2007). Eine quantitative Beziehung zwischen dem Grünlandalter und dem Artenreichtum oder der landschaftlichen Vielfalt der Grünlandarten konnte nicht aufgezeigt werden, auch wenn einige Arten mit Schwerpunkten des Vorkommens in vergleichsweise jungen oder alten Beständen floristische Unterschiede in Abhängigkeit vom Grünlandalter qualitativ anzeigen. Unter Einbeziehung von Ergebnissen aus

früheren Arbeiten im westlichen Mittelhessen (Waldhardt und Otte 2003, Wellstein et al. 2007) sowie weiterer Arbeiten, die sich mit der Frage der Bedeutung von Nutzungsdynamik für die Phytodiversität des Grünlands befassen (u. a. Austrheim und Olsson 1999, Waesch und Becker 2009), kann dies so interpretiert werden: Bei geringer standörtlicher Vielfalt und geringer Nährstoffverfügbarkeit wird die Bedeutung des Habitat-Alters für die Vielfalt der Vegetation deutlich, während bei ausgeprägter standörtlicher Heterogenität die Bedeutung des Alters von standörtlichen Effekten überlagert wird. Auch sind Effekte des Habitat-Alters deutlicher, wenn das Spektrum des Alters untersuchter Flächen größer ist als im vorliegenden Fall. Schließlich sind bei Berücksichtigung nicht nur des Vorkommens, sondern auch der Deckungsgrade von Arten Beziehungen zwischen Habitat-Alter und der Vielfalt der Vegetation deutlicher als bei der Auswertung von Präsenz-Absenz-Daten.

Bezogen auf die Verhältnisse im Untersuchungsgebiet sind die erarbeiteten Beziehungen plausibel. Die Hanglagen des westlichen Lahn-Dill-Gebiets weisen einen ausgeprägten Gradienten in der Wasserverfügbarkeit auf. Dieser ist durch den kleinräumigen Wechsel von ausgesprochen trockenen Standorten (Ranker, Regosole) bis hin zu wechselfeuchten Hanglagen (Pseudogleye) bedingt und bis heute für das Raummuster von Wiesen und Weiden maßgeblich. Dabei weisen die meist besser wasserversorgten Weiden durch austretendes nährstoffreiches Hangzugwasser zugleich eine höhere Nährstoffverfügbarkeit auf (vgl. Szibalski 2000). Auch der nach den vorliegenden Ergebnissen größere Artenreichtum des Grünlands im südlichen Teil des Untersuchungsgebiets und die deutliche Differenzierung der Artenzusammensetzung in Nord-Süd-Richtung sind vor dem Hintergrund der vorgestellten klimatischen und geologischen Verhältnisse im Gebiet verständlich.

Ein scheinbarer Widerspruch besteht zwischen dem häufigeren Vorkommen von Basenzeigern im südlichen Teil des Untersuchungsgebiets, bei dort niedrigeren P_{CAL}-Gehalten der Oberböden (Tabelle 1 und Abbildung 4). Jedoch geht der Schwerpunkt von Basenzeigern im Süden und von Säurezeigern im Norden mit den im Süden höheren pH-Werten der Böden und den geologischen Verhältnissen im Untersuchungsgebiet einher. Die im Norden höheren P_{CAL}-Gehalte könnten möglicherweise auf das dort (nicht signifikant) geringere mittlere Alter der Flächen mit ackerbaulicher Vornutzung und P-Düngung und den dort größeren Anteil der beweideten Flächen zurückzuführen sein. Dabei sind aber die gemessenen P_{CAL}-Gehalte mit maximal 8,4 mg P pro 100 g Boden im gesamten Datensatz recht niedrig.

Die Beziehungen zwischen dem Artenreichtum bzw. der Diversität des Grünlands und den Gradienten von Standorteigenschaften zeigen in der vorliegenden Studie Unterschiede in Abhängigkeit von der Größe von Erhebungsflächen. Dabei ist es nach den vorliegenden Ergebnissen nicht so, dass bei Auswertung kleinerer Bezugsräume (hier 33 m²) mit vermeintlich geringerer standörtlicher Heterogenität innerhalb der Fläche engere Beziehungen gefunden würden als bei Auswertung größerer Bezugsräume (hier 100 m²). Im vorliegenden Fall ist es sogar so, dass die in 100 m² großen Aufnahmeflächen erhobenen floristischen Daten oftmals etwas engere Beziehungen zu den hier ausgewerteten Standorteigenschaften aufweisen. Dies könnte so erklärt werden, dass im Hanggrünland des Untersuchungsgebiets einige der standörtlich differenzierenden Arten mit geringerer kleinräumiger Dichte vorkommen und damit erst auf die Ergebnisse für größere Bezugsräume wirken können. Je nach Zielrichtung (z. B. vegetationskundliche Klassifizierung oder Erarbeitung von Indikatoren der Vielfalt) sind somit unterschiedlich große Erhebungsflächen bzw. vielskalige Untersuchungen mehr oder weniger zielführend.

Das nordwestliche Lahn-Dill-Gebiet ist heute trotz des vergleichsweise rauen Klimas ein beliebter Siedlungsraum und wird, im Naturpark Lahn-Dill Bergland gelegen, als Erholungsraum angenommen und genutzt. Die (noch) hohe Phytodiversität des Hanggrünlands dieser Landschaft trägt wesentlich zur Wertschätzung der Region bei. Somit kommt nicht nur aufgrund der Verpflichtung zum Schutz der Biodiversität, sondern auch aus sozioökonomischen Gründen der Erhaltung dieses Grünlands besondere Bedeutung zu. Die im Raum stehende Perspektive, das Grünland künftig auf großer Fläche jährlich nur einmal zu mulchen, wird dies nicht gewährleisten können. Bereits mittelfristig wäre mit einer Verarmung der Bestände und auch mit der Zunahme ausbreitungstarker Arten zu rechnen (vgl. Schmidt 1993, Schmidt et al. 2009), d. h. mit Prozessen, die bei sukzessiver Aufgabe der regulären Grünlandnutzung in weiteren marginalen Landschaften bereits seit gut 10 Jahren zu beobachten sind (u. a. Otte und Maul 2005). Die Erarbeitung und Umsetzung von Konzepten nachhaltiger Grünlandnutzung im Untersuchungsgebiet, aber auch in ähnlich artenreichen und von Intensivierung oder Aufgabe landwirtschaftlicher Nutzung betroffenen Regionen (vgl. u. a. Dierschke und Pepler-Lisbach 2009, Ruthsatz 2009), ist daher weiterhin als eine große Herausforderung anzusehen (Schumacher 2008). Nach den vorliegenden Ergebnissen sind im Untersuchungsgebiet unter Berücksichtigung von Gradienten der Nährstoff- und Wasserversorgung sowie der geografischen Lage sowohl Weide- als auch Wiesennutzung notwendig, um die Phytodiversität des Hanggrünlands zu erhalten. Zur Aufrechterhaltung der Weidenutzung werden wohl aus öffentlicher Hand finanzierte großräumige Beweidungsprojekte erforderlich sein. Bezüglich der Wiesennutzung könnte bei biotechnologischem Fortschritt vielleicht die energetische Nutzung von Biomasse aus artenreichem Grünland (Tilman et al. 2006) eine wirtschaftlich und ökologisch interessante Perspektive sein, wenn auf diese Weise eine jährlich ein- bis zweimalige Mahd sichergestellt würde.

Danksagung

Diese Untersuchung erfolgte im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 299 „Landnutzungskonzepte für periphere Regionen“ (1997-2008) der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Wir danken der DFG für finanzielle Unterstützung. Außerdem danken wir Herrn Dr. Jan Thiele für die sorgfältige Dokumentation der Grünlandflora der Untersuchungsflächen sowie Herrn Jupp Scholz vom Hofe und Frau Christiane Lenz-Kuhl für bodenchemische Analysen im Bodenzentrum der Arbeitsgruppe. Schließlich danken wir zwei anonymen Gutachtern für wertvolle Kommentare und Hinweise.

Literatur

- Anonymus 1998. Statistica for Windows. Stat. Soft. Inc., Tulsa
- Austrheim G., Olsson E.G. 1999. How does continuity in grassland management after ploughing affect plant community patterns? *Plant Ecol.* 145, 59-74
- Baldock D., Beaufoy G., Brouwer F., Godeschalk F. 1996. Farming at the margins. Abandonment or redeployment of agricultural land in Europe. London, TheHague
- BfN (Bundesamt für Naturschutz) (Hrsg.). 2009. Where have all the flowers gone? Grünland im Umbruch. Hintergrundpapier und Empfehlungen des BfN. Aktualisierte Fassung. Bonn
- Dierschke H. 1997. Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands. Heft 3. Molinio-Arrhenatheretea (E 1). Kulturgrasland und verwandte Vegetationstypen. Teil 1: Arrhenatheretalia. Wiesen und Weiden frischer Standorte. Göttingen.
- Dierschke H., Pepler-Lisbach C. 2009. Erhaltung und Wiederherstellung der Struktur und floristischen Biodiversität von Bergwiesen – 15 Jahre wissenschaftliche Begleitung von Pflegemaßnahmen im Harz. *Tuexenia* 29, 145-179
- Duelli P., Obrist M.K. 1998. In search of the best correlates for local organismal biodiversity in cultivated areas. *Biodiv. Conserv.* 7, 297-309
- Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulißen D. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scr. Geobot.* 18, 1-258
- Finck P., Riecken U., Schröder E. 2002. Pasture landscapes and Nature Conservation – new strategies for preservation of open landscapes in Europe. In: Redecker B., Finck P., Härdtle W., Riecken U., Schröder E. (Hrsg.) *Pasture Landscapes and Nature Conservation*. Berlin, Heidelberg, 1-13
- Fuhr-Boßdorf K. 2003. Die Bedeutung der Diasporenbank aktuell und ehemals landwirtschaftlich genutzter Standorte für Vegetationsentwicklungen im Lahn-Dill-Bergland (Hessen). Diss. Univ. Gießen
- Gustavsson E., Lennartsson T., Emanuelsson M. 2007. Land use more than 200 years ago explains current grassland plant diversity in a Swedish agricultural landscape. *Biol. Conserv.* 138, 47-59
- Harrach T. 1998. Naturraum Lahn-Dill Bergland. In: VDLUFA (Hrsg.). Exkursionsführer 110. VDLUFA-Kongress in Gießen 14.-18.09.1998. Gießen, 3-10
- HMUELV (Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (Hrsg.) 2008. Rote Liste der Farn- und Samenpflanzen Hessens. 4. Fassung. Wiesbaden
- Hietel E. 2004. Methodik zur Erarbeitung standörtlicher und sozioökonomischer Indikatoren der Landnutzungsdynamik einer peripheren Region. *Boden Landschaft* 41, 1-205
- Hietel E., Waldhardt R., Otte A. 2004. Analysing land-cover changes in relation to environmental variables in Hesse, Germany. *Landsc. Ecol.* 19, 473-489
- Hietel E., Waldhardt R., Otte A. 2005. Linking socio-economic factors, environment and land cover in the German Highlands, 1945-1999. *J. Environ. Manage.* 75, 133-143
- Hirsch M., Pfaff S., Wolters V. 2003. The influence of matrix type on flower visitors of *Centaurea jacea* L. *Agric. Ecosyst. Environ.* 98, 331-337
- Hölzel N., Otte A. 2003. Restoration of a species-rich flood meadow by topsoil removal and diaspore transfer with plant litter. *Appl. Veg. Sci.* 6, 131-140
- HSL (Hessisches Statistisches Landesamt) 2009. Bevölkerung, Gebiet, Regionaldaten. Internetquelle unter www.hsl.de (Stand: Mai 2009)
- Kiehl K., Thormann A., Pfadenhauer J. 2006. Evaluation of initial restoration measures during the restoration of calcareous grasslands on former arable fields. *Restor. Ecol.* 14, 148-156
- Klimek S., Richter gen. Kemmermann A., Hofmann M., Isselstein J. 2007. Plant species richness and composition in managed grasslands: The relative importance of field management and environmental factors. *Biol. Conserv.* 134, 559-570
- Kohl M. 1978. Die Dynamik der Kulturlandschaft im oberen Lahn-Dillkreis. Wandlungen von Haubergswirtschaft und Ackerbau zu neuen Formen der Landnutzung in der modernen Regionalentwicklung. *Giessener Geogr. Schr.* 45
- Mattern T. 2005. Analyse der Altersstruktur des Grünlands im Lahn-Dill-Bergland sowie ihrer Beziehungen zu parzellen- und landschaftsbezogenen Raumeigenschaften. Diplomarb. Univ. Gießen

- McCune B., Mefford M.J. 1999. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 5. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon
- Meynen E., Schmihüsen J. 1962. Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. 9. Lieferung. Remagen
- Nowak B. 1992. Beiträge zur Kenntnis der Vegetation des Gladenbacher Berglands. II. Die Wiesengesellschaften der Klasse Molionio-Arrhenateria. Bot. Natursch. Hessen 6, 5-71
- Nowak B., Wedra C. 1988. Beiträge zur Kenntnis der Vegetation des Gladenbacher Berglands; I. Die Ackerunkrautgesellschaften. Philippia 6, 36-80
- Otte A. 1998. Extensivierungserscheinungen in brachfallenden Kulturlandschaften in Hessen und Folgen für ihre Vegetation. LPP-Schriftenr. 6, 147-169
- Otte A., Ginzler O., Waldhardt R., Simmering D. 2008. Die Allmendeweide „NSG Kanzelstein bei Eibach“ (Lahn-Dill Kreis, Hessen) – Wandel und Zustand eines Biotopkomplexes der vorindustriellen Kulturlandschaft. Tuexenia 28, 151-184
- Otte A., Maul P. 2005. Verbreitungsschwerpunkte und strukturelle Einnischung der Stauden-Lupine (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) in Bergwiesen der Rhön. Tuexenia 25, 151-182
- Purtauf T., Dauber J., Hassek S., Wolters V. 2002. Erhalt der Biodiversität einer marginalen Region unter Landnutzungswandel. Treffpunkt Biol. Vielfalt 2, 209-215
- Reger B. 2008. Analysing agricultural landscape change in a marginal European landscape. Diss. Univ. Gießen
- Reger B., Otte A., Waldhardt R. 2007. Identifying patterns of land-cover change and their physical attributes in a marginal European landscape. Landsc. Urban Plan. 81, 104-113
- Reger B., Sheridan P., Simmering D., Otte A., Waldhardt R. 2009. Potential effects of direct transfer payments on farmland habitat diversity in a marginal European landscape. Envir. Manage. 43, 1026-1038
- Rennwald E. 2000. Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands. Schr.reihe Veg.kd. 35
- Ruthsatz B. 2009. Schutzwürdigkeit von Mähwiesen und ihrer Flora am Beispiel von Landschaften im westlichen Rheinland-Pfalz. Tuexenia 29, 121-144
- Sach, W. 1999. Vegetation und Nährstoffdynamik unterschiedlich genutzten Grünlandes in Schleswig-Holstein. Diss. Bot. 308
- Schlichting E., Blume H.-P., Stahr E., 1995. Bodenkundliches Praktikum: eine Einführung in pedologisches Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land- und Forstwirte und für Geowissenschaftler. Berlin
- Schmidt W. 1993. Sukzession und Sukzessionslenkung auf Brachäckern – Neue Ergebnisse aus einem Dauerflächenversuch. Scripta Geobot. 20, 65-104
- Schmidt W., Dölle M., Bernhardt-Römermann M., Parth A. 2009. Neophyten in der Ackerbrachen-Sukzession – Ergebnisse eines Dauerflächenversuchs. Tuexenia 29, 236-260
- Schnedler W. 1987. Bericht über die 36. Tagung der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft vom 25. bis 29. 7. 1986 in Wetzlar. Tuexenia 7, 515-520
- Schumacher W. 2008. Integrative Naturschutzkonzepte für Mittelgebirgsregionen in Deutschland. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.). Naturschutz im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung – Ansätze, Konzepte, Strategien. Schr.reihe Nat.schutz Biol. Vielfalt 67, 155-175
- Simmering D. 2006. Muster der Phytodiversität in einer kleinstrukturierten Mittelgebirgsregion – Vom Habitat zur Landschaft. Diss. Univ. Gießen
- Sheridan P., Waldhardt R. 2006. Spatially explicit approaches in integrated land use and phytodiversity modelling at multiple scales. Alterra Rep. 1338, 68-72
- Simmering D., Waldhardt R., Otte A. 2001. Syndynamik und Ökologie von Besenginsterbeständen des Lahn-Dill-Berglands unter Berücksichtigung ihrer Genese aus verschiedenen Rasengesellschaften. Tuexenia 21, 51-89
- Szibalski M. 2000. Großmaßstäbige Regionalisierung labiler Bodenkenwerte in standörtlich hochdiversen Kulturlandschaften. Boden Land-schaft 33, 1-204
- Tilman D., Hill J., Lehman C. 2006. Carbon-negative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass. Science 314, 1598-1600
- Vandvik V., Birks H.J.B. 2002. Partitioning floristic variance in Norwegian upland grasslands into within-site and between-site components: are the patterns determined by environment or by land-use? Plant Ecol. 162, 233-245
- Waesch G., Becker T. 2009. Plant diversity differs between young and old mesic meadows in a Central European low mountain region. Agric. Ecosyst. Environ. 129, 457-464
- Waldhardt R. 2003a. Biodiversity and landscape – Summary, conclusions and perspectives. Agric. Ecosyst. Environ. 98, 305-309
- Waldhardt R. 2003b. Erfassung und Prognose floristischer Diversität in Kulturlandschaften. Habil. Univ. Gießen
- Waldhardt R., Fuhr-Boßdorf K., Otte A., Schmidt J., Simmering D. 2000. Floristisch-phytozoenotische Diversitäten einer peripheren Kulturlandschaft in Abhängigkeit von Landnutzung, Raum und Zeit. Agrarspectrum 31, 121-147
- Waldhardt R., Otte A. 2003. Indicators of plant species and community diversity in grasslands. Agric. Ecosyst. Environ. 98, 339-351
- Waldhardt R., Simmering D., Albrecht H. 2003. Floristic diversity at the habitat scale in agricultural landscapes of Central Europe – Summary, conclusions and perspectives. Agric. Ecosyst. Environ. 98, 79-85
- Waldhardt R., Simmering D., Otte A. 2004. Estimation and prediction of plant species richness in a mosaic landscape. Landsc. Ecol. 19, 211-226
- Wellstein C., Otte A., Waldhardt R. 2007a. Seed bank diversity in mesic grasslands and their relation to vegetation, management, and site conditions. J. Veg. Sci. 18, 153-162
- Wellstein C., Otte A., Waldhardt R. 2007b. Impact of site and management on the diversity of Central European mesic grassland. Agric. Ecosyst. Environ. 122, 203-210
- Wisskirchen R., Haeupler H. 1998. Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. Stuttgart
- Wolters V., Dauber J., Hirsch M., Steiner N. 1999. Diversität der Fauna und Landnutzungsmosaik einer peripheren Region. Z. Kult.tech. Landentw. 40, 253-257