

Zur Indikation der Umweltbedingungen auf Kalk-Magerrasen mittels populationsbiologischer Merkmale

von Claus Mückschel und Annette Otte

Inhaltsübersicht

Kurzfassung

Abstract

1. Einleitung
2. Untersuchungsgebiet
3. Material und Methoden
4. Ergebnisse
 - 4.1 Nutzungsvarianten
 - 4.2 Morphometrische Merkmale
 - 4.3 Biomasse
 - 4.4 Zusammenhänge zwischen der oberirdischen Biomasse und morphometrischen Merkmalen
5. Diskussion
6. Literatur

Kurzfassung

Um die Plastizität morphologischer Merkmale von Magerrasenarten unter verschiedenen Umweltbedingungen vergleichend zu erfassen, wurden morphometrische Untersuchungen an den beiden häufigen Kalkmagerrasenarten *Plantago media* und *Scabiosa columbaria* auf unterschiedlich beweideten Kalkmagerrasen durchgeführt. Die Analyse der morphologischen Plastizität zeigt, dass unterschiedliche Umweltbedingungen an artspezifischen Reaktionen differenziert und einfach beobachtet werden können. Es wurden u.a. Zusammenhänge zwischen der Sprosshöhe, der Biomasse und der Fruchtbarkeit der Individuen festgestellt. So kommt der Sprosshöhe eine zentrale Bedeutung zu, da die untersuchten Arten diese variieren können, um so dem Lichtmangel in hochwüchsigen und streureichen Beständen zu entgehen. Aufgrund der festgestellten Variabilität kann die Wuchshöhe der untersuchten Pflanzenpopulationen als Indikator für die herrschenden Umweltbedingungen, die sich zu großen Teilen aus dem jeweiligen Nutzungs- und Pflegemanagement ergeben, gelten.

Abstract

Indications of environmental conditions on calcareous grassland are discussed showing biological characteristics of certain populations

Morphological traits of plants often vary considerably in response to different environmental conditions, which may render them suitable as sensible indicators for conservation purpose.

To compare the plasticity of morphological traits of species of calcareous grassland under different environmental conditions, morphometric investigations were carried out on calcareous grasslands differing in grazing regime. Populations of the calcareous grassland species *Plantago media* and *Scabiosa columbaria* when subjected to different grazing regimes showed considerable plasticity. Relationships were found e.g. between shoot height, biomass and fertility of individuals. The analysis of morphological plasticity showed that different environmental conditions could accurately and easily be monitored through the species-specific growth response. Especially shoot height appears to play a central role, as the species studied can vary this growth parameter to escape light deficiency of tall stands rich in litter.

Due to its large variability, shoot height can be used as an indicator of growth conditions of the populations studied that are closely linked to land use and conservation management.

1. Einleitung

Ertragsschwache Grünlandbiotoptypen enthalten in Mitteleuropa artenreiche Pflanzengemeinschaften (WILLEMS 1982). Viele dieser Magerrasen sind infolge von Nutzungsauflassung oder zu extensiven Pflegemaßnahmen in einem mehr oder weniger verbrachten Zustand (z.B. QUINGER, BRÄU & KORNPROBST 1994). Biotoptypenkomplexe wie Kalkmagerrasen, insbesondere Mesobromion-Bestände, zählen dabei zu den besonders gefährdeten Lebensräumen (ELLENBERG 1996). Aufgrund der Technisierung und des Nutzungswandels der Landwirtschaft sind von den ursprünglich weit verbreiteten Mesobromion-Halbtrockenrasen in Mitteleuropa nur kleine Reste übrig geblieben (ELLENBERG 1996).

Bleibt deren Nutzung aus, setzt die Sukzession ein, an deren Endpunkt sich nach einer Abfolge mehr oder minder langlebiger Zwischenstadien in der vereinfachten Abfolge Rasen-Stauden-Gebüsch-Vorwald-Vegetation ein geschlossener Wald einstellt (OBERDORFER 1993, ELLENBERG 1996). Zu sukzessionsbedingten Veränderungen in der Bestandsstruktur offener Kalkmagerrasen existiert umfangreiche Literatur (z.B. SCHIEFER 1981, DIERSCHKE 1985, BOBBINK & WILLEMS 1987, HAKES

1987, WILMANNS & SENDTKO 1995, ELLENBERG 1996, SUNDERMEIER 1999). Deckungsgradänderungen und Artverschiebungen im Verlauf der Sukzessionsprozesse sind durch diese Arbeiten gut belegt, wobei die Veränderungen in der floristischen Artenzusammensetzung in der Regel nur sehr langsam erfolgen. Das Verschwinden sowie das Auftreten neuer Arten und die damit einhergehende Umstrukturierung von Beständen stellen meist nur das (End-) Ergebnis von lang andauernden (Verbrauchungs-) Prozessen dar. Änderungen vollziehen sich oft schleichend und sind quantitativ nur sehr aufwendig zu erfassen.

Morphologische Merkmale von Populationen bzw. deren Individuen dagegen können auf Umweltänderungen bzw. verschiedene Umwelten meist schneller und deutlicher reagieren als die gesamte Phytocoenose, womit sie zeitlich oftmals früher abgebildet werden können. Zudem lassen sich aus morphometrischen Merkmalen quantitative Merkmale für die Fitness von Individuen ableiten (vgl. NOBLE & SLAYTER 1980).

So verwendet GLUCH (1980) in einem Experiment die Biomasseproduktion sowie die Spross- und Sprossachsenlängen der Arten *Vaccinium myrtillus*, *Calamagrostis villosa* und *Deschampsia flexuosa* zur Bioindikation von Belastungen durch Herbizide. Individuen von *Cirsium acaule* reagieren auf Zurücknahme der Beweidung (und Mahd) anfänglich mit einem Streckungswachstum (DIERSCHKE 1985) und erreichen damit höhere Wuchshöhen in einem höheren Bestand. Ein ähnlich variables Verhalten zeigt auch *Antennaria dioica*; diese Magerrasenart stellt unter Brachebedingungen zudem die Ausbildung generativer Triebe ein (SCHWABE 1990). TAMM (1972) konnte zeigen, dass bei *Primula veris* unter zunehmender Beschattung - wie es auch in Brachen der Fall ist - eine Reduktion der Fertilität und eine unmittelbare Verkleinerung von Blattzahlen und -größen festzustellen ist, die Anzahl der Individuen bleibt dagegen noch längere Zeit konstant.

Phänotypische Plastizität¹ als Reaktion von Pflanzen auf Umweltveränderungen spiegelt sich also meist quantitativ wider, und zwar unter deutlicher Gestaltveränderung einer Art (z.B. QUINN 1987, PRIMACK & KANG 1989).

Die Variabilität von Merkmalsausprägungen kann bei einer Art oder Population einerseits durch die Ausbildung unterschiedlicher Genotypen erreicht werden, die an spezifische Umweltbedingungen optimal angepasst sind. Andererseits kann sie durch eine phänotypische Plastizität der Genotypen hervorgerufen werden. Die Variation der Merkmale einer Population wird an einem Standort folglich durch ein Zusammenspiel von genetischer Variabilität und phänotypischer Plastizität bestimmt (BRADSHAW 1965). Die Reaktionsnormen eines Genotypus offenbaren sich erst unter verschiedenen Umweltbedingungen. Dabei weisen verschiedene Sippen, aber auch verschiedene Or-

¹ Nach BRADSHAW (1965) wird unter phänotypischer Plastizität die Fähigkeit eines Genotyps verstanden, mehr als eine alternative Form der Morphologie, des physiologischen Zustands oder des Verhaltens als Antwort auf Umweltbedingungen zu produzieren.

gane einer Pflanze oft eine sehr unterschiedliche modifikatorische Plastizität auf (PRI-MACK & KANG 1989, BRIGGS & WALTERS 1997).

Für den Biototypenkomplex Kalkmagerrasen wurde deshalb untersucht,

- wie plastisch morphologische Merkmale von Magerrasenarten, -populationen und -individuen auf unterschiedlichen Kalkmagerrasenstandorten in einem eng umgrenzten Gebiet sind und
- inwieweit morphologische Merkmale geeignet sind, die vorherrschenden Umweltbedingungen, die in der Regel eng mit dem Nutzungs- und Pflegemanagement verknüpft sind, abzubilden.

2. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im westlichen Teil des Freistaates Thüringen im Naturraum „Zechsteingürtel bei Bad Liebenstein“, der in Form eines schmalen Bandes südwestlich dem Thüringer Wald vorgelagert ist (Abb. 1). Die Untersuchungsstandorte liegen innerhalb der beiden benachbarten Naturschutzgebiete „Wacholderheide bei Waldfisch“ (ca. 33 ha) und „Alte Warth bei Gumpelstadt“ (ca. 86 ha) im Wartburgkreis. Die untersuchten Standorte befinden sich auf einer Höhenlage von ca. 350 bis 400 m ü. NN. Die Region weist ein jährliches Temperaturmittel von 7,5 °C bei einer mittleren jährlichen Niederschlagssumme von etwa 730 mm auf.

Auf flachgründigen Kalk-Syrosemens und Rendzinen existieren dort noch ausgedehnte Magerrasenkomplexe, die als Schafhutung, kleinflächig auch als Rinderweide, genutzt werden. Während auf den Schafhutungen Gentiano-Koelerietum-Ausbildungen vorherrschen, handelt es sich bei den Rinderweiden um trockene Ausbildungen der Glatthaferwiesen (Arrhenatheretum) mit Übergängen zum Gentiano-Koelerietum (vgl. MÜCKSCHEL 2002).

Auf den Kalkmagerrasen erfolgt seit ca. 1985 eine regelmäßige Beweidung mit 600 Merinolangwollschafern; in dieser Herde werden zehn bis 15 Ziegen mitgeführt. Die Rinder werden in Herden von ca. 150 Tieren in Koppeln von mindestens 10 ha Größe gehalten. Die Beweidungszeiträume sind Tab. 1 zu entnehmen.

Die verschiedenen Nutzungsvarianten unterscheiden sich vor allem hinsichtlich der Vegetationsstruktur, d. h. des vertikalen und horizontalen Pflanzenbestandsaufbaus mit seinen lebenden und toten Komponenten. Hier sind insbesondere die Anreicherung von Streu sowie die Zunahme der Bestandshöhe als zwei wichtige, einen Brachezustand kennzeichnende Größen zu nennen.

3. Material und Methoden

In den beiden Naturschutzgebieten wurden vier Untersuchungsstandorte eingerichtet (zwei im NSG „Wacholderheide“ und zwei im NSG „Alte Warth“). Diese stehen beispielhaft für die unterschiedlichen Nutzungsvarianten im Gebiet. Die Bodeneigenschaften der verschiedenen Varianten zeigen mit Ausnahme des Skelettanteils nur geringe Unterschiede (vgl. Tab. 1). Die Nutzungsvarianten umfassen vier zu unterschiedlichen Zeiträumen beweidete Standorte (früh, mittel, spät sowie spät-sporadisch). Einen Überblick über Kenndaten der verschiedenen Nutzungsvarianten gibt Tab. 1. Eine früh im Jahr einsetzende Beweidung bewirkt einen höheren Nährstoffentzug. Entsprechend der damit abnehmenden Beweidungsintensität (von früh bis (spät-) sporadisch), können die Standorte in eine Rangfolge von A nach D gebracht werden.

In physiognomisch einheitlichen Bereichen der verschiedenen Untersuchungsstandorte A bis D (Tab. 1) wurden Dauerbeobachtungsflächen (jeweils 24 subplots von 1 m² Größe auf jedem Untersuchungstandort) angelegt, auf denen morphometrische Messungen sowie Probennahmen für die Biomassebestimmung durchgeführt wurden.

Die untersuchten Arten

Es wurden zwei Sippen (*Plantago media*, *Scabiosa columbaria*) herangezogen, die weit verbreitet und in Kalkmagerrasen meist häufig sind. Diese Sippen erreichen auf den Untersuchungsflächen relativ hohe Populationsdichten und sind damit oft auch bestandsbildend (vgl. Tab. 2). Wichtige populationsökologische Merkmale der untersuchten Arten zeigt Tab. 3.

Die morphometrischen Merkmale

Um die Variation morphologischer Merkmale der beiden Untersuchungsarten in den Nutzungsvarianten zu erfassen, wurden in den beiden Untersuchungsjahren 1998 und 1999 zum gleichen phänologischen Zeitpunkt (Vollblüte) und damit jeweils im gleichen Entwicklungszustand der Individuen folgende morphometrische Merkmale (an jeweils 20 Individuen pro Sippe pro 24 subplots) auf den untersuchten Standorten erhoben:

Für *Plantago media*: Sprosshöhe, Rosettendurchmesser, Anzahl Rosetten/ Individuum, Anzahl Diasporen/ Fruchtstand.

Für *Scabiosa columbaria*: Sprosshöhe, Anzahl Rosetten/ Individuum, Anzahl Blütenköpfe/ Pflanze.

Eine Zuordnung der Individuen zu verschiedenen Altersklassen (vgl. URBANSKA 1992) war bei beiden Arten nicht möglich. Die Auswahl der untersuchten Individuen erfolgte auf den subplots jeweils längs eines Maßbandes in regelmäßigen Abständen.

Die Biomasseproduktion

Zusätzlich wurde im Jahr 1999 auf den untersuchten Standorten die individuelle Biomasse der beiden Arten ermittelt. Zu deren Bestimmung wurden die bereits zuvor morphometrisch untersuchten Individuen verwendet. Somit können die erhobenen morphometrischen Merkmale für das Untersuchungsjahr 1999 direkt mit der Biomasse in Beziehung gesetzt werden. Nach dem Ernten der oberirdischen Biomasse wurden die Pflanzen bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, im Exsikkator abgekühlt und danach gewogen.

Um auf allen untersuchten Standorten vergleichbare Biomassewerte zu erhalten, wurden kleinere Teilbereiche der jeweiligen Flächen durch Auszäunung von der Beweidung ausgenommen. Da bei den flachgründigen und skelettreichen Böden eine vollständige Probennahme der Wurzelmasse nicht möglich war, beziehen sich alle Biomasseangaben auf das Trockengewicht der oberirdischen Biomasse.

Auswertungsmethoden

Die morphometrischen Daten waren meist normalverteilt. Hier wurden parametrische Tests mit hoher Trennschärfe angewandt. Die Überprüfung der Daten auf Varianzhomogenität erfolgte mit dem Sen & Puri-Test. Um in allen Stichproben Normalverteilung und Varianzhomogenität zu erreichen, wurde das Datenmaterial z.T. Intransformiert. Signifikante Differenzen zwischen den verschiedenen Untersuchungsflächen wurden mit der Varianzanalyse (ANOVA) und einem nachfolgenden Tukey-Test (HSD) ermittelt. Alle Angaben zu signifikanten Unterschieden beziehen sich auf ein Signifikanzniveau von $p<0,05$. Die Daten zur individuellen Biomasse streuten sehr stark und waren zudem nur in wenigen Fällen normalverteilt. Aus diesem Grund wurde bei deren Analyse mit parameterfreien Methoden gearbeitet.

Neben weiterer deskriptiver Statistik wurde die SPEARMAN-Rangkorrelation angewandt, um die Beziehungen zwischen der Biomasse und den morphometrischen Merkmalen einerseits und jeweiligen morphometrischen Merkmalen andererseits darzustellen. Die statistischen Auswertungen erfolgten mit Hilfe des Programm pakets STATISTICA 5.0 for Windows.

4. Ergebnisse

4.1 Nutzungsvarianten

Die untersuchten Standorte unterscheiden sich vor allem durch strukturelle Merkmale (vgl. Tab. 1). Die früh beweidete Schafshutung A zeichnet sich durch eine ver-

gleichsweise geringe Streuauflage (8 %), eine geringe Bestandshöhe von 18 cm und durch den mit 40 % auffallend hohen Anteil an Kryptogamen aus, was die Lückigkeit des Standortes unterstreicht. Der Standort zeigt mit 56 Arten die geringste Artenvielfalt. Saumarten und Gehölze treten dort nicht in Erscheinung.

Die höchsten Artenanzahlen finden sich mit 72 auf dem rinderbeweideten Standort D. Die Streuauflage erreicht hier Werte um die 20 %, die Bestandshöhen erreichen 35 cm Höhe. Der Standort zeichnet sich durch einen relativ späten Nutzungstermin aus, was ein vermehrtes Aufkommen von Saumarten und auch von Gehölzjungwuchs begünstigt, woraus sich die höhere Artenanzahl ergibt. Der Standort B und die sporadisch beweidete Schafhutung nehmen hinsichtlich der betrachteten Merkmale eine Mittelstellung ein. Bei den untersuchten Bodenparametern zeigen sich vor allem Unterschiede im Skelettanteil; Standort A zeigt den höchsten Skelettanteil und Standort D den höchsten Feinbodenanteil.

4.2 Morphometrische Merkmale

Bei einem Vergleich der morphometrischen Daten des Jahres 1999 mit Werten, die im Jahr zuvor gemessen wurden, stellte sich heraus, dass die Größenverhältnisse der betrachteten Merkmale bei beiden Arten trotz Schwankungen in den absoluten Werten in ihren Relationen zueinander in beiden Jahren annähernd konstant bleiben. Die Abb. 2a stellt diesen Sachverhalt beispielhaft für die Sprosshöhe von *Plantago media* dar. Bei der Mehrzahl der untersuchten Merkmale, so auch der Sprosshöhe, ist dabei auf allen Standorten im Verlauf der beiden Untersuchungsjahre eine Zunahme der Werte erkennbar, hier spielen vermutlich Witterungseinflüsse eine Rolle. Signifikante Unterschiede zwischen den Jahren bestanden aber nur in wenigen Fällen; so sind bei der Sprosshöhe von *Plantago media* Effekte der Untersuchungsjahre nur auf dem Standort B signifikant (Abb. 2a).

Sprosshöhe

Auf der Rinderweide (D) wurden von *Plantago media* mit im Mittel etwa 50 cm die signifikant höchsten Sprosshöhen im Jahr 1999 erreicht. Die niedrigsten Höhen wurden 1999 auf der früh beweideten Schafhutung (A) mit 20 cm gemessen (Abb. 2a).

Bei *Scabiosa columbaria* wurden die höchsten Sprosse, ähnlich wie bei *Plantago media*, auf dem rinderbeweideten Standort D mit etwa 66 cm angetroffen (Abb. 3a). Mit ca. 65 cm Sprosshöhe folgt die sporadisch genutzte Schafhutung. Die geringsten Sprosshöhen zeigt die früh beweidete Schafhutung mit etwa 33 cm.

Rosettendurchmesser

Die Rosettendurchmesser und damit die Blattlängen von *P. media* zeigen in den Relationen ein den Sprosshöhen vergleichbares Verhalten; die größten Rosettendurchmesser und damit die längsten Blätter werden auf dem rinderbeweideten Standort (D) mit im Mittel 30 cm (1999) erreicht. Die geringsten Rosettendurchmesser zeigt die früh beweidete Schafhutung mit durchschnittlich 9 cm. Die beiden anderen Standorte nehmen - ähnlich wie bei der Sprosshöhe - hinsichtlich der Merkmalsausprägung eine Mittelstellung ein. Die Blattlänge reagiert offenbar ähnlich empfindlich auf Unterschiede in der Bestandsstruktur.

Während die offeneren, streuarmen Standorte insgesamt kleinere Individuen aufweisen, deren Blätter flach dem Boden anliegen, werden die größten Sprosshöhen, die größten Rosettendurchmesser und damit die längsten Blätter bei hoher Streuauflage oder guter Wuchsigkeit der Bestände erreicht. Auffällig sind auch Änderungen der Wuchsform; so umschließen in den streureichen und höherwüchsigen Beständen bei *P. media* die Blätter den vorhandenen Infloreszenzschaft, wodurch die Art eine hochstaudenartige Wuchsform annimmt und somit ihre Assimilationsorgane näher zum Licht bringt. Typischerweise liegen die Blätter der Art flach dem Boden auf.

Anzahl Rosetten pro Individuum

Bei *Plantago media* ist auf dem rinderbeweideten Standort mit durchschnittlich 1,3 (D) Rosetten pro Individuum eine höhere Anzahl von Tochterrossetten pro Individuum zu erkennen (Abb. 2b). Die Unterschiede lassen sich statistisch jedoch nicht absichern. *P. media* ist damit in der Lage, Ramets aus dem Wurzelansatz bestehender Rosetten zu bilden, sich also vegetativ über Wurzelsprosse zu vermehren. Auf der sporadisch beweideten Schafhutung lässt sich mit im Mittel 1,1 Rosetten pro Individuum ebenfalls eine leichte Tendenz zur Ausbildung von Tochterrossetten erkennen. Bei den kleineren Individuen auf den beiden anderen Standorten wurde dieses Verhalten dagegen nie beobachtet, dort entwickeln sich ausschließlich Einzelrossetten.

Während auf den schafbeweideten Standorten pro *Scabiosa-columbaria*-Individuum meist nur eine Rosette gebildet wird, bilden die Individuen auf der streureichen und hochwüchsigen Rinderweide neben einem Blütenpross oft auch mehrere nicht-blühende Blattrosetten aus, was sich auch statistisch absichern lässt (Abb. 3b). Auf Standort D kommt es im Mittel zur Ausbildung von sechs Tochterrossetten pro *Scabiosa*-Individuum. Die geringsten Rosetten pro Individuum zeigt die früh beweidete Schafhutung. Mit im Mittel 1,1 Rosetten ist hier die Tendenz, Tochterrossetten auszubilden, nur sehr gering.

Anzahl Blütenköpfe pro Pflanze

Die Anzahl der Blütenköpfe pro Pflanze ist auf dem rinderbeweideten Standort sowie der sporadisch beweideten Schafhutung signifikant erhöht, wobei Standort D 1999 im Mittel 6,5 und Standort C 3,8 Blütenköpfe pro Pflanze zeigt. Auf der früh beweideten Schafhutung (Standort A) ist die Anzahl mit durchschnittlich zwei Blütenköpfen deutlich niedriger. Auf Standort B werden im Mittel 2,7 Blütenköpfe pro Pflanze erreicht.

Anzahl Diasporen pro Fruchtstand

Bei *Plantago media* unterscheiden sich mit durchschnittlich 75 bis 365 Diasporen pro Ähre auch die produzierten Diasporenmengen auf den untersuchten Standorten deutlich voneinander. Mit 354 (D) Diasporen pro Ähre erreicht der rinderbeweidete Standort die signifikant höchsten Diasporenmengen. Die geringsten Diasporenmengen werden auf der früh beweideten Schafhutung mit 75 Diasporen pro Ähre gefunden. Die sporadisch und die mittlere beweidete Schafhutung nehmen mit durchschnittlich 226 bzw. 271 Diasporen pro Ähre eine Mittelstellung ein.

4.3 Biomasse

Tab. 4 zeigt, dass im Vergleich der untersuchten Standorte die individuelle Biomasse von *Plantago media* deutliche Unterschiede aufweist. Der rinderbeweidete Standort D lässt die höchsten Werte erkennen. So ist der mittlere Anteil der Biomasse pro Pflanze auf der Rinderweide (D) etwa 5 x höher als auf der früh beweideten Schafhutung. Auffallend ist, dass die Individuen auf dem rinderbeweideten Standort hinsichtlich der Biomasse eine große Streuung der Werte aufweisen; so reichen die Werte der Gesamtbiomasse bei *P. media* auf Standort D z.B. von etwa 1 g bis max. knapp 5 g pro Individuum, auf der früh beweideten Schafhutung dagegen erreicht *P. media* nur Werte von 0,2 bis 0,8 g pro Individuum.

Scabiosa columbaria verhält sich hinsichtlich der Biomasse ähnlich wie *Plantago media*. Der rinderbeweidete Standort weist die größten, die früh beweideten Schafhutungen weisen die geringsten Biomassewerte auf (Tab. 4). Für *S. columbaria* ist der mittlere Gesamtbiomasseanteil auf der Rinderweide (D) ebenfalls etwa 5 x höher als auf der früh beweideten Schafhutung. Die Exemplare mit der geringsten Biomasse findet man stets auf den streuarmen und somit offenen Standorten. Auch die Schwankungen innerhalb der Proben eines Standortes sind wie bei *P. media* auf dem rinderbeweideten Standort am höchsten, die streuarmen Standorte weisen vergleichsweise geringe Schwankungen auf.

4.4 Zusammenhänge zwischen der oberirdischen Biomasse und morphometrischen Merkmalen

Enge Beziehungen zeigen sich zwischen der Biomasse und der jeweiligen Sprosshöhe der beiden untersuchten Arten. Abb. 4 zeigt diese Zusammenhänge beispielhaft für *Scabiosa columbaria*. Deutliche Zusammenhänge können auch zwischen der Biomasse von *Scabiosa* und der Anzahl von Blütenköpfen pro Individuum errechnet werden (Abb. 5). Aber auch die morphometrischen Merkmale korrelieren stark miteinander. So zeigt Abb. 6, dass mit der Zunahme der Sprosshöhe auch eine Zunahme der Blütenköpfe und damit der Fruchtbarkeit bei *Scabiosa* verbunden ist.

5. Diskussion

Die Individuen der beiden untersuchten Arten zeigen in den verschiedenen Nutzungsvarianten eine hohe Plastizität ihrer morphologischen Merkmale, die als eine wesentliche Ursache für das durchgehende Vorkommen der Arten auf den Untersuchungsstandorten angesehen werden kann. Dabei verhalten sich die untersuchten Merkmale beider Arten relativ ähnlich.

Auf den zeitlich früh beweideten Standorten zeigen die Individuen von *Plantago* und *Scabiosa* eine deutlich herabgesetzte Fitness, was an der Anzahl der Rosetten pro Individuum erkennbar ist. Dort entstehen ausschließlich Einzelrosetten (*Plantago*) oder ausnahmsweise wenig rosettige (*Scabiosa*), kurzsprossige Individuen, deren Diasporenproduktion pro Fruchtstand (*Plantago*) bzw. deren Anzahl der Blütenköpfe pro Individuum (*Scabiosa*) gering ist. Die Ausbildung von Mehrfachrosetten und damit die Fähigkeit zur „Dazuschaltung“ der vegetativen Ausbreitung ist offenbar eine Folge der dichteren Vegetationsbestände (höhere Bestandshöhe und höhere Streuauflage) und dürfte insbesondere für ausdauernde bzw. langlebige Arten und deren Populationen wichtig sein (vgl. URBANSKA 1992), um veränderlichen Umweltbedingungen z.B. im Verlauf von Sukzessionsprozessen zu begegnen. Möglicherweise wird aufgrund des verringerten Lichteinflusses in streureichen und hochwüchsigen Vegetationsbeständen die vegetative Vermehrung der Arten stimuliert, wie dies auch für die Magerrasenart *Arnica montana* beschrieben wird (SCHWABE 1990a).

Aus der vegetativen Vermehrung resultiert am Wuchsplatz eine Verdichtung der Vorkommen, woraus sich eine „Vergrößerung“ der Genets ergibt, was in hochwüchsigen Beständen sicherlich den Konkurrenzdruck um Licht verringert.

Aus zahlreichen Untersuchungen ist herauszulesen, dass insbesondere die Konkurrenz um Licht die Variabilität morphologischer Merkmale erhöhen kann (z.B. GRUBB et al. 1997, HUBER 1997). In einem Gradienten zunehmender Beschartung können zunehmend größere Sprosshöhen deshalb als Ausdruck von Stress (Lichtmangel) inter-

pretiert werden. Die Untersuchungen von GRUBB, FORD & ROCHEFORT (1997) in Mesobromion-Beständen in Südengland zeigen, dass ab einer Bestandshöhe von ca. 20 cm die Konkurrenz um Licht entscheidend für den oberirdischen Erfolg von (konkurrenzstarken) Arten ist. Übertragen auf die in dieser Arbeit untersuchten Kalkmagerrasenbestände (vgl. Tab. 1), sind die spät beweideten Vegetationsbestände und damit die dort vorkommenden Arten auf den Flächen C und D durch Lichtkonkurrenz geprägt. Die frühzeitigere Beweidung der Flächen A und B würde die verfügbare Lichtmenge für die einzelnen Individuen erhöhen und den Konkurrenzdruck um Licht erniedrigen. Gleichzeitig bewirkt insbesondere eine früh im Jahr einsetzende Beweidung auch einen höheren Nährstoffentzug, der in der folgenden Vegetationsperiode nicht mehr zur Verfügung steht. Dies kann u.a. als eine Ursache für die kleineren Individuen (niedrigwüchsiger, geringere Biomasse) auf den Standorten A und B angesehen werden.

Neben dem allgemein geringeren Lichteinfluss in den höherwüchsigen und streureichen Beständen dürften auch die Lichtverhältnisse innerhalb dieser Bestände im Vergleich zu den früh beweideten Flächen stärker variieren, da die Form und die Orientierung der Pflanzenorgane in höherwüchsigen Beständen sehr unterschiedlich sein können (SUNDERMEIER 1999). Letzteres würde auch die insgesamt höhere Heterogenität der gemessenen Merkmale und der Biomasse auf den später beweideten Flächen (C, D) erklären.

Von großer Bedeutung ist auch der unterschiedliche Skelettanteil und damit der durchwurzelbare Raum der anstehenden Rendzinen (Tab. 1). Den höchsten Skelettanteil zeigt Standort A. Den Pflanzen steht dort weniger als die Hälfte des Bodenvolumens zur Wasseraufnahme zur Verfügung. Standort D, welcher die größten Sprosshöhen aufweist, zeigt gleichzeitig den größten Feinerdeanteil, womit auch eine günstigere Wasserversorgung verbunden sein dürfte. Es ist zu vermuten, dass zumindest auf dem Extremstandort A geringere „Wasserressourcen“ zur Verfügung stehen, was mit als Ursache für die Ausbildung kleiner Individuen angesehen werden kann.

SCHOPP-GUTH (1993) konnte auf unterschiedlich genutzten Streuwiesen für die Rosettenpflanze *Primula farinosa* vergleichbare Ergebnisse erzielen. Seinen Daten ist zu entnehmen, dass sich mit zunehmender Mahdfrequenz die Wuchsform ändert, die Pflanzen wurden kleiner, während bei einem Brachfallen und einer damit verbundenen Streuanreicherung die Art ein ausgeprägtes Streckungswachstum zeigte. In den Untersuchungen von MILLER (1998) zur Renaturierung von Kalkmagerrasen zeigte sich, dass bei *Centaurea scabiosa* mit zunehmender Bestandshöhe ein positiver Einfluss auf das vegetative Wachstum zu verzeichnen ist, so wie es auch in der vorliegenden Arbeit zu erkennen ist. Eine zunehmende Nutzung (Mahdhäufigkeit) führte dagegen zu Kleinwüchsigkeit und zu einer verringerten Diasporenproduktion von *Centaurea scabiosa*. Weiterhin konnte er einen Anstieg der generativen Reproduktionsleistung von *Salvia pratensis* und *Leontodon incanus* mit zunehmender Höhe der Krautschicht erkennen. Entsprechend der Reihung in Tab. 1 können diese Effekte auch bei *Scabiosa* und *Plantago* festgestellt werden.

Ebenso wie die morphometrischen Merkmale zeigt auch die Biomasseproduktion innerhalb ihrer genetisch vorgegebenen Grenzen eine hohe Plastizität. Auf den zeitlich früher beweideten und daher streuärmeren Standorten lassen die untersuchten Arten eine deutlich herabgesetzte „Vitalität“ in der oben angeführten Reihung erkennen („Vitalität als Ergebnis der vegetativen Entwicklung“ sensu BARKMANN, DOING & SEGAL), die in der verminderten Biomasseproduktion ihren Ausdruck findet.

Bei *Plantago* und *Scabiosa* bestehen sehr enge Beziehungen zwischen der Biomasse einzelner Individuen und deren Sprosshöhe wie auch zwischen der Biomasse einzelner Individuen und deren Anzahl von Blütenköpfen. Daher ist es naheliegend, morphometrische Merkmale als indirekte Methode zur Bestimmung der individuellen Biomasse zu verwenden. Bereits HOROWITZ (1976, zit. in GLUCH 1980) stellte aufgrund von Literaturauswertungen fest, dass Untersuchungen von Frischgewicht, Trockenmasse und Wuchshöhe bei Pflanzen grundsätzlich zu Ergebnissen mit engen Korrelationen führen. Damit kommt insbesondere der Wuchshöhe der untersuchten Arten - einem in der Praxis relativ einfach zu erhebenden Merkmal - ein hoher Indikatorwert für bestimmte Standorte oder Umweltbedingungen zu (vgl. PASSARGE 1978).

Aufgrund der festgestellten Merkmalsplastizität ist zu vermuten, dass in einem Bestand vorhandene Individuen von *Plantago* und *Scabiosa* unter sich ändernden Umweltbedingungen, z.B. einem Aussetzen des traditionellen Nutzungsregimes (etwa ein zeitlich späterer Nutzungstermin), eine gewisse Zeit überdauern bzw. sich neuen Umweltverhältnissen anpassen können. Dies kann sich äußern, indem sie beispielsweise ein starkes Streckungswachstum zeigen und damit versuchen, dem Lichtmangel in streureichen und hochwüchsigen Beständen zu entgehen, oder indem sie einen Strategiewechsel im Reproduktionsverhalten (von generativ zu vegetativ) vollziehen und somit ein gewisses Beharrungsvermögen zeigen. Allerdings sind auch andere Ursachen für diese Reaktionen, wie etwa unterschiedliche Altersklassen oder eine abweichende Ressourcenversorgung (Wasser- und Nährstoffhaushalt) der Individuen, denkbar.

Eine hohe Plastizität morphologischer Merkmale - in der Anzahl und der Größe der Blätter - stellten WERNER, WITTIG & HEIMANN (1989) ebenfalls bei der mit *Plantago media* nahe verwandten *Plantago major* fest. Die in verschiedenen ruderalen Pflanzengesellschaften beobachtete Plastizität in der Biomasseproduktion und vor allem auch im Reproduktionsvermögen (unterschiedliche Diasporen-Anzahl) ermöglicht *Plantago major* eine gute Anpassung an die in den untersuchten Phytozönosen spezifischen Standortbedingungen. Auch dies ist wiederum ein Beispiel dafür, dass sich unterschiedliche Standortbedingungen durch morphologische Merkmalsausprägungen der Arten messbar charakterisieren lassen.

Kenntnisse über derartige artspezifische Reaktionen bzw. Anpassungerscheinungen unter unterschiedlichen Umweltbedingungen sind insbesondere bei der naturschutzfachlichen Bewertung von Magerrasen, ganz allgemein von ertragsschwachem Grünland, von praktischem Wert; denn diese Reaktionen können mittel- bis langfristig über

das Schicksal von Pflanzenindividuen und ihren Populationen entscheiden (BEGON, MORTIMER & THOMPSON 1997).

Während bisher bei der naturschutzfachlichen Bewertung unterschiedlicher Umweltzustände überwiegend die Arten selbst und ihre Abundanzen als Indikatoren eingesetzt werden, könnte auch das Art-Merkmal Sprosshöhe, das in unseren Untersuchungen enge Zusammenhänge mit der Reproduktion aufweist, für verschiedene Fragestellungen (wie etwa den „richtigen“ Nutzungszeitraum oder Nutzungsbeginn) einen sensiblen Indikator darstellen. Dies wäre insbesondere in solchen Fällen hilfreich, in denen unterschiedliche Umweltbedingungen und damit auch bis zu einem gewissen Grade verschiedene Nutzungs- und Pflegezustände in einem räumlich eng umgrenzten Gebiet vergleichend betrachtet werden sollen. Hierbei sind vor allem die Merkmale solcher Arten geeignet, die einerseits gemein verbreitet und häufig anzutreffen sind und deren Merkmale sich andererseits durch eine hohe Plastizität auszeichnen.

Im Gegensatz zu einer Bewertung aufgrund der An- oder Abwesenheit oder des Deckungsgrades einer Art könnten aufgrund der Sensibilität der Reaktionen von Arten nicht nur Extreme, sondern unter Umständen sogar graduelle Unterschiede herausgearbeitet werden (vgl. Abb. 2 und 3 sowie Tab. 2).

Die Plastizität der Verhaltensweisen äußert sich z.B. bei der Rosettenpflanze *Plantago media* auf den früh beweideten Standorten durch kleine Sprosshöhen, geringe Rosettendurchmesser und damit auch kleinere Blattlängen, wodurch die Blätter flach dem Boden aufliegen. Diese Reaktionsweise bzw. dieser Habitus ist typisch für (hochwertige) Kalkmagerrasenbereiche mit einer offenen Raumstruktur (vgl. QUINGER, BRÄU & KORNPROBST 1994) und der damit hohen Verfügbarkeit von Licht (vor allem Standort A). Pflanzen dieser Gestalt gelten gleichzeitig als besser an die Beweidung (Wirkung von Fraß und Tritt) angepasst.

In den streuereichen und höherwüchsigen und damit weniger typisch ausgeprägten Kalkmagerrasenbeständen (Standort D und ansatzweise auch C) zeigt *Plantago* eine abweichende Reproduktionsstrategie und nimmt zudem eine für Rosettenpflanzen untypische, hochstaudenartige Wuchsform an, womit sie ihre Assimilationsorgane näher zum Licht bringt. Vergleichbares gilt auch für *Scabiosa*. Somit könnte beispielsweise über die jeweilige Reproduktionsstrategie und/oder Wuchshöhe von Arten eine Klassifizierung der ökologischen Wertigkeit von verschiedenen Kalkmagerrasenbereichen vorgenommen werden.

Der Vorteil liegt insbesondere darin, dass die Umweltbedingungen und die damit verknüpften Nutzungs- und Pflegemanagements relativ kurzfristig mittels methodisch einfach zu erhebender, quantitativ vergleichbarer Daten beurteilt werden könnten.

Diese Aussagen gelten naturgemäß zunächst nur für die wenigen vergleichend untersuchten Standorte und nur für die beiden ausgewählten Arten. Um zu prüfen, ob diese Eigenschaften auch auf andere (Kalkmagerrasen-) Standorte und weitere gemein verbreitete Sippen übertragbar sind, müssten noch weitere Untersuchungen folgen.

Dank

Die vorliegende Arbeit enthält Teilergebnisse des vom BMVEL geförderten Forschungsvorhabens „Artenschutzorientierte Magerrasenbewirtschaftung in Südthüringen (Landkreis Wartburg-Kreis)“. Ergebnisse dieser Studie sind auch bereits an anderer Stelle veröffentlicht worden (z.B. MÜCKSCHEL & OTTE 2001, MÜCKSCHEL 2002, MÜCKSCHEL & OTTE 2003).

6. Literatur

- BARKMANN, J. J., DOING, H. & S. SEGAL (1964): Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. – *Acta Botanica Neerlandica* **13**: 394-419. Oxford, Amsterdam.
- BEGON, M., MORTIMER, M. & D. J. THOMPSON (1997): *Populationsökologie*. – 380 S., Heidelberg, Berlin, Oxford.
- BOBBINK, R. & J. H. WILLEMS (1987): Increasing dominace of *Brachypodium pinnatum* (L.) BEAUV. in chalk grasslands - A threat to a species-rich ecosystem. – *Biological Conservation* **40**: 301-314. Oxford, Amsterdam.
- BRADSHAW, A. D. (1965): Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. – *Advances in Genetics* **13**: 115-155. San Diego.
- BRIGGS, D. & S. M. WALTERS (1997): *Plant Variation and Evolution*. – 510 p., Cambridge.
- DIERSCHKE, H. (1985): Experimentelle Untersuchungen zur Bestandsdynamik von Kalkmagerrasen (Mesobromion) in Südniedersachsen. Vegetationsentwicklung auf Dauerflächen 1972-1984. – In: SCHREIBER, K. F. (Hrsg.): *Sukzession auf Grünlandbrachen*. – Münstersche Geographische Arbeiten **20**: 9-24. Münster.
- ELLENBERG, H. (1996): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht*. – 1095 S., Stuttgart.
- (1992): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen. - In: ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & D. PAULISSEN: *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. – *Scripta Geobotanica* **18**. 258 S., Göttingen.
- GLUCH, W. (1980): Bioindikation mit produktionsbiologischen und morphometrischen Verfahren. – *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung* **20**: 99-116. Berlin.
- GRIME, J. P., HODGSON, J. G. & R. HUNT (1988): *Comparative Plant Ecology: A functional approach to common British species*. – 742 p., London.
- GRUBB, P. J., FORD, M. A. & L. ROCHEFORT (1997): The control of relative abundance of perennials in chalk grassland; is root competition or shoot competition more important? – *Phytocoenologia* **27**: 289-309. Stuttgart.

- HAKES, W. (1987): Einfluß von Wiederbewaldungsvorgängen in Kalkmagerrasen auf die floristische Artenvielfalt und Möglichkeiten der Steuerung durch Pflegemaßnahmen. – Dissertationes Botanicae **109**. 151 S., Stuttgart, Berlin.
- HUBER, H. (1997): Architectural plasticity of stoloniferous and erect herbs in response to light climate. – Dissertation Universität Utrecht. 120 p., Utrecht.
- KORNECK, D., SCHNITTNER, M. & I. VOLLMER (1996): Rote Liste der Farn und Blütenpflanzen (Pteridophyta et Spermatophyta) Deutschlands. – Schriftenreihe für Vegetationskunde **28**. 744 S., Bonn-Bad Godesberg.
- MILLER, U. (1998): Renaturierung von Kalkmagerrasen: Demographische Differenzierung ausgewählter Kalkmagerrasenarten bei künstlicher Ansiedlung auf einer Ackerbrache. – 134 S., München.
- MÜCKSCHEL, C. (2002): Zur Plastizität populationsbiologischer Merkmale ausgewählter Magerrasenarten Südhüringens unter Beweidungseinfluss. – 149 S., München.
- MÜCKSCHEL, C. & A. OTTE (2003): Morphological parameters: an approach for the indication of environmental conditions on calcareous grassland. – Agriculture, Ecosystems & Environment **98**: 213-225. Amsterdam.
- (2001): Variabilität von Pflanzen- und Populationsmerkmalen bei unterschiedlicher Beweidung - Methoden und Ergebnisse einer Erfolgskontrolle auf Kalkmagerrasen. – Naturschutz und Landschaftsplanung **33** (1): 18-26. Stuttgart.
- NOBLE, I. R. & R. O. SLAYTER (1980): The use of vital attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbances. – Vegetatio **43**: 5-21. Dordrecht, Den Haag.
- OBERDORFER, E. (1993): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil II. – 355 S., Jena.
- (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. – 1051 S., Stuttgart.
- PASSARGE, H. (1978): Die Wuchshöhe, ein wichtiges Strukturmerkmal der Vegetation. – Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung **18**: 31-41. Berlin.
- PRIMACK, R. B. & H. KANG (1989): Measuring fitness and natural selection in wild plant populations. – Annual Review of Ecology and Systematics **20**: 367-396. Palo Alto.
- QUINGER, B., BRÄU, M. & M. KORNPROBST (1994): Lebensraumtyp Magerrasen 2. Teilbd. - Landschaftspflegekonzept Bayern, Bd. **I** und **II**. 1. - Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) und Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL). 317 S., München.
- QUINN, J. A. (1987): Complex patterns of genetic differentiation and phenotypic plasticity versus an outmoded ecotype terminology. – In: URBANSKA, K. M. (Hrsg.): Differentiation Patterns in Higher Plants. – p. 95-113, London.
- SCHIEFER, J. (1981): Bracheversuche in Baden-Württemberg. Vegetations- und Standortentwicklung auf 16 verschiedenen Versuchsflächen mit unterschiedlicher Behandlung. – Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege, Baden-Württemberg **22**: 1-325. Karlsruhe.

- SCHOPP-GUTH, A. (1993): Einfluß unterschiedlicher Bewirtschaftung auf populationsbiologische Merkmale von Streuwiesenpflanzen und das Samenpotential im Boden. – *Dissertationes Botanicae* **204**. 165 S., Stuttgart, Berlin.
- SCHWABE, A. (1990): Veränderungen in montanen Borstgrasrasen durch Düngung und Brachlegung: *Antennaria dioica* und *Vaccinium vitis-idaea* als Indikatoren. – *Tuexenia* **10**: 295-310. Göttingen.
- (1990a): Syndynamische Prozesse in Borstgrasrasen: Reaktionsmuster von Brachen nach erneuter Rinderbeweidung und Lebensrhythmus von *Arnica montana*. – *Carolina* **48**: 45-68. Karlsruhe.
- SUNDERMEIER, A. (1999): Zur Vegetationsdichte der Xerothermasen nordwestlich von Halle/Saale. – *Dissertationes Botanicae* **316**. 192 S., Stuttgart, Berlin.
- TAMM, C. O. (1972): Survival and flowering of perennial herbs III. – *Oikos* **23**: 159-166. Copenhagen
- URBANSKA, K. M. (1992): Populationsbiologie der Pflanzen. – 374 S., Stuttgart, Jena.
- WERNER, W., WITTIG, R. & R. HEIMANN (1989): Biomasse und Reproduktion von *Plantago major* in verschiedenen ruderalen Pflanzengesellschaften. – *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* **XVIII**: 671-681. Berlin.
- WILLEMS J. H. (1982): Phytosociological and geographical survey of Mesobromion communities in Western Europe. – *Vegetatio* **48**: 227-240. Dordrecht, Den Haag.
- WILMANNS, O. & A. SENDTKO (1995): Sukzessionslinien in Kalkmagerrasen unter besonderer Berücksichtigung der Schwäbischen Alb. – Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege, Baden-Württemberg **83**: 257-282. Karlsruhe.

Manuskript eingereicht am 24. Juni 2003.

Anschriften der Verfasser:

Dr. Claus Mückschel, Biometrie und Populationsgenetik, Justus-Liebig-Universität, Heinrich-Buff-Ring 26-32, D-35392 Gießen
email: claus@mueckschel.de

Prof. Dr. Dr. Annette Otte, Landschaftsökologie und Landschaftsplanung, Justus-Liebig-Universität, Heinrich-Buff-Ring 26-32, D-35392 Gießen

Tab. 1: Kenndaten der untersuchten Nutzungsvarianten. Dargestellt sind Median, Mittelwerte (Artenanzahl) sowie Minima und Maxima (Deckung Krautschicht) der 24 je 1m² großen Probeflächen bei den strukturellen Flächenmerkmalen. Bei den bodenchemischen und bodenphysikalischen Kenngrößen sind jeweils Mittelwerte aus sechs Wiederholungen dargestellt. S = Sand, U = Schluff, T = Ton

	Standort	A	B	C	D
	Anzahl	n=24	n=24	n=24	n=24
	Untersuchungsflächen				
	Nutzung/Pflege	Schafhut früh (ab 30.04 bis 31.10.)	Schafhut mittel (ab 15.07. bis 31.07.)	Schafhut spät-sporadisch (sporadisch ab 01.09.)	Rinderweide spät (ab 01.09., Dauer ca. 2 Wochen)
	Kurzcharakteristik	Grasreicher Magerrasen	Orchideen- reicher Magerrasen	Magerrasen mit aufkommenden Saumarten und Gehölzen	Magerrasen mit aufkommenden Saumarten
	Exposition	SE	SW	S	W
	Hangneigung [°]	10	15	9	22
	Höhe Krautschicht [cm]	18	20	25	35
	Deck. Krautschicht [%]	85 (75-95)	85 (85-100)	95 (85-98)	85 (95-95)
	Deck. Kryptogamen [%]	40	30	10	2.5
	Deck. Streuauflage [%]	8	10	15	20
	Artenanzahl	56	69	66	72
Bodenkundliche Flächenmerkmale	pH (CaCl₂)	7.0	7.1	6.8	7.0
	Volumenverhältnis Feinboden/Bodenskelett	0.6	1.1	0.8	2.0
	S (Vol.%)	39.1	51.6	41.0	52.0
	U (Vol.%)	46.2	40.0	46.5	41.2
	T (Vol.%)	16.8	9.3	15.1	11.0

Tab. 2: Stetigkeit von *Scabiosa columbaria* und *Plantago media* auf den untersuchten Standorten. Dargestellt sind die Stetigkeiten (%) in jeweils 24 1m²-subplots sowie die Spannen der Deckungsgrade der LONDO-Skala als Hochzahlen.

Standorte	A	B	C	D
<i>Scabiosa columbaria</i>	100 p2-l-1	75 r1-p4	92 a ² -p4	42 r2-l-
<i>Plantago media</i>	100 p ² -a ⁴	100 p ¹ -l+	92 r ¹ -l-	63 r ¹ -l+

Tab. 3: Populationsökologische Merkmale der untersuchten Arten (nach GRIME, HODGSON & HUNT 1988, ELLENBERG 1992, OBERDORFER 2001 und eigenen Erhebungen).

Plantago media L. (Plantaginaceae)

Merkmal:	Angaben
Lebens- u. Wuchsform:	ausdauernde Rosettenpflanze, Hemikryptophyt, vegetative Vermehrung durch Wurzelsprosse, 10-50 cm hoch
Frucht/ Same:	1-4 samige Kapsel
Blütezeit:	Beginn Frühsommer
Fruchtzeit:	Juli - August
Standortansprüche:	Halblichtpflanze, indifferentes Temperaturverhalten, auf trockenen bis mittelfeuchten, meist stickstoffarmen Standorten
Pflanz.soz. Verhalten:	Anthropo-zoogene Heiden und Rasen

Scabiosa columbaria L. (Dipsacaceae)

Merkmal:	Angaben
Lebens- u. Wuchsform:	ausdauernde Halbrosettenpflanze, Hemikryptophyt, vegetative Vermehrung durch Wurzelsprosse, 20-80 cm hoch
Frucht/ Same:	Achäne
Blütezeit:	Hochsommer (Herbst)
Fruchtzeit:	Ende August/ Anfang September
Standortanspr.,che:	Lichtpflanze, Mäßigwärmezeiger, häufig auf trockenen und stickstoffarmen Standorten
Pflanz.soz. Verhalten:	Brometalia erecti

Tab. 4: Biomasse pro Individuum zum Zeitpunkt der Vollblüte auf den verschiedenen Untersuchungsstandorten im Jahr 1999 (n=100) von *Plantago media* und *Scabiosa columbaria*. Angegeben sind Median, 25 % und 75 % Quantil, Minimum und Maximum

Standort	Biomasse/ Individuum (g TM) <i>Plantago media</i>					Biomasse/ Individuum (g TM) <i>Scabiosa columbaria</i>				
	Median (50%-Quantil)	25%-Quantile	75%-Quantile	Min.	Max.	Median (50%-Quantile)	25%-Quantile	75%-Quantile	Min.	Max.
A	0.46	0.33	0.60	0.19	0.79	0.35	0.27	0.37	0.20	0.45
B	0.64	0.58	0.79	0.39	1.18	0.57	0.44	0.70	0.32	1.16
C	0.91	0.77	1.19	0.64	1.66	1.10	0.85	1.25	0.52	2.50
D	2.11	1.65	3.17	0.97	5.22	1.82	1.63	2.16	1.08	5.50

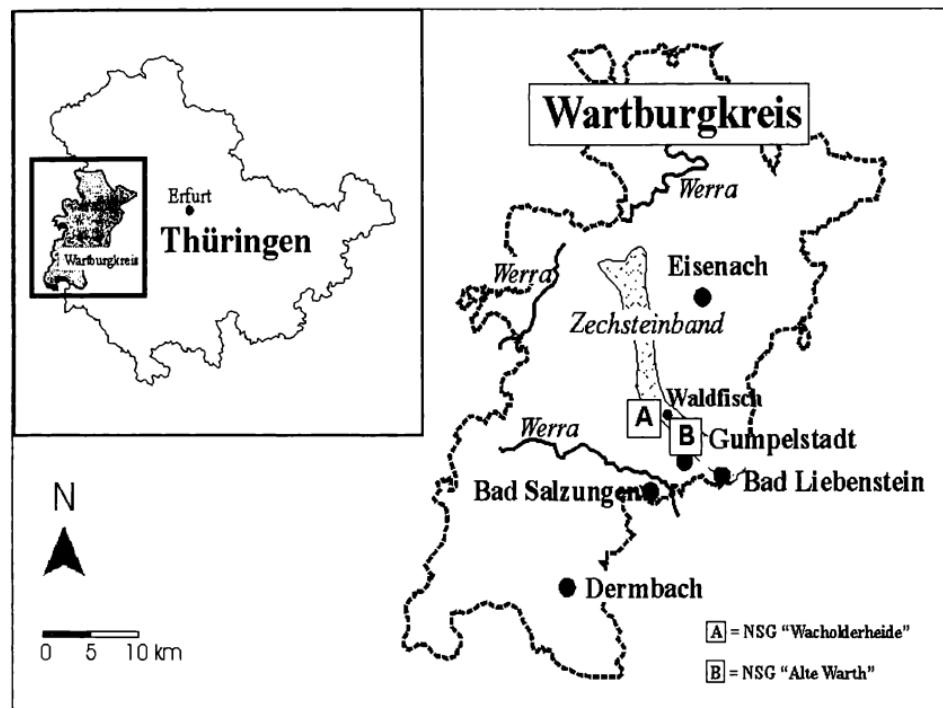


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes im „Zechsteingürtel bei Bad-Liebenstein“ (Thüringen, Wartburgkreis)

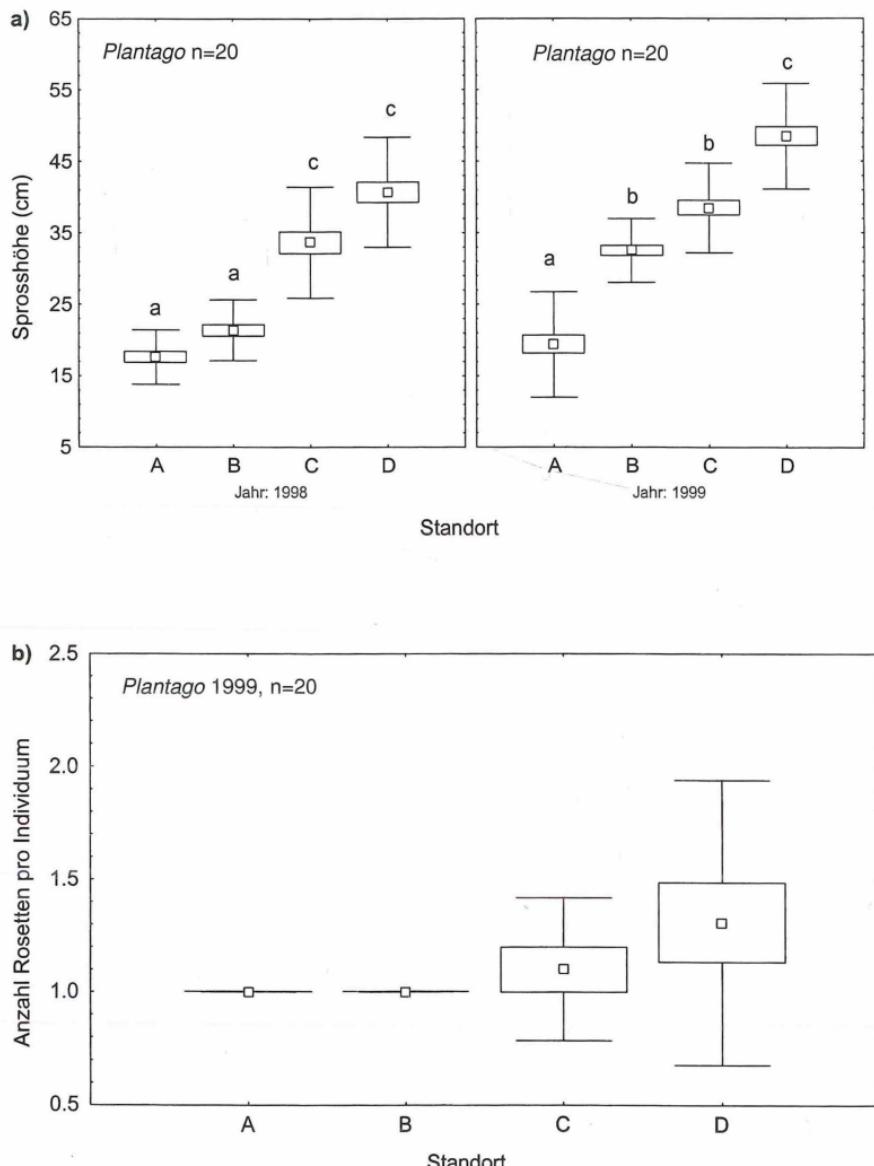


Abb. 2 a+b: a) Sprosshöhe (1998,1999) und b) Anzahl der Rosetten pro Individuum (1999) von *Plantago media*. Dargestellt sind jeweils Mittelwert (kleinstes Quadrat), Standardfehler (Kasten) und Standardabweichung (Fehlerbalken). Signifikante Differenzen zwischen den Standorten werden durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

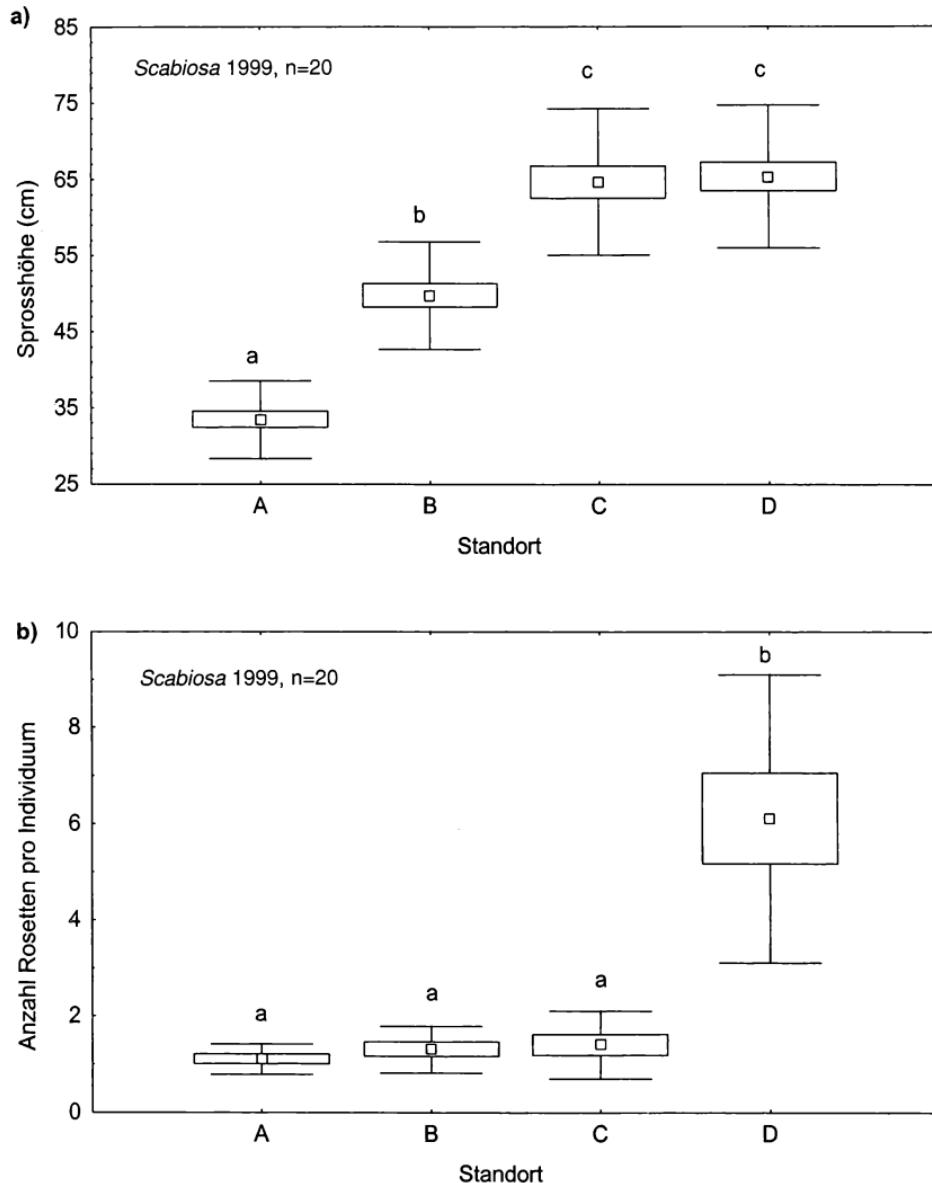


Abb. 3 a+b: a) Sprosshöhe und b) Anzahl der Rosetten pro Individuum (1999) von *Scabiosa columbaria*. Dargestellt sind jeweils Mittelwert (kleinstes Quadrat), Standardfehler (Kasten) und Standardabweichung (Fehlerbalken). Signifikante Differenzen zwischen den Standorten werden durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

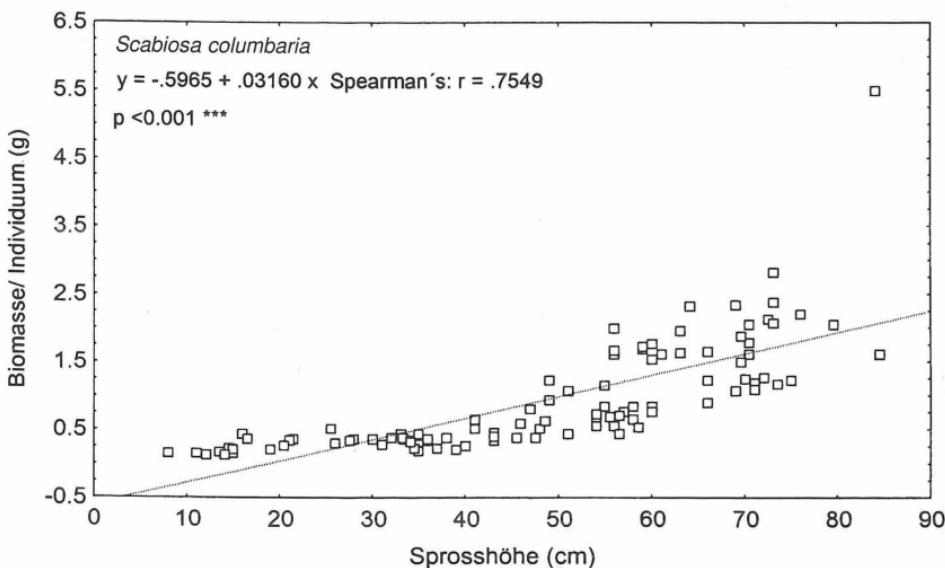


Abb. 4: Zusammenhang zwischen der Biomasse/Individuum und der Sprosshöhe bei *Scabiosa columbaria* (1999)

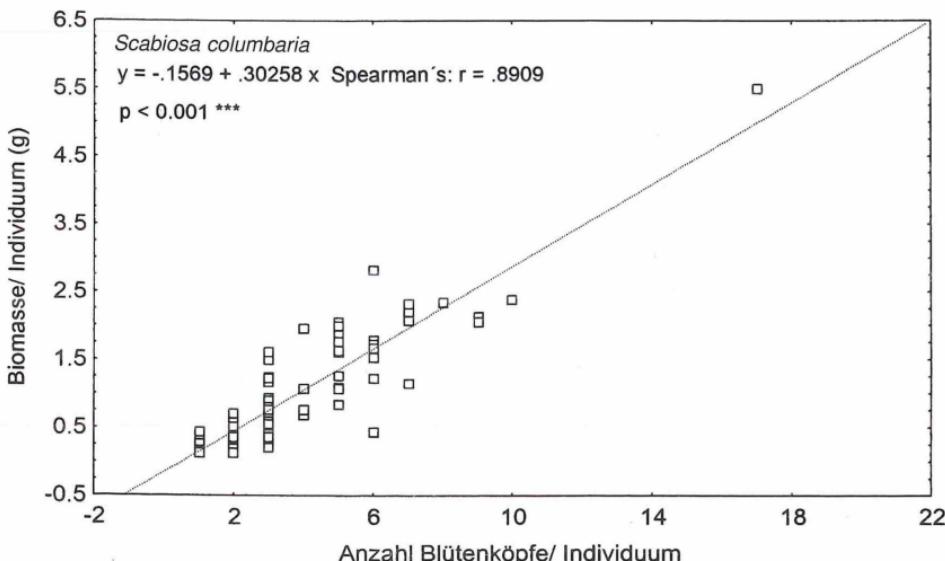


Abb. 5: Zusammenhang zwischen der Biomasse/Individuum und der Anzahl der Blütenköpfe pro Individuum bei *Scabiosa columbaria* (1999)

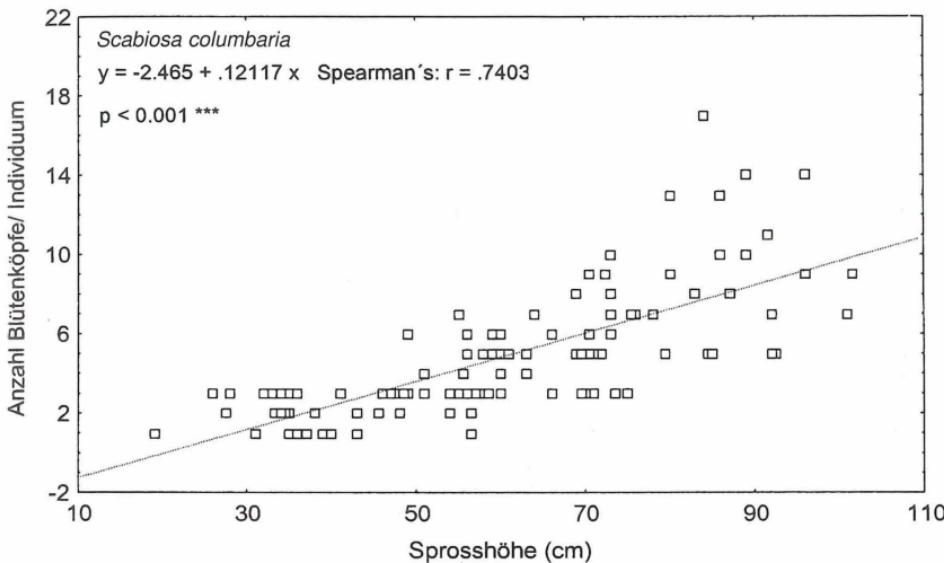


Abb. 6: Zusammenhang zwischen der Anzahl der Blütenköpfe pro Individuum und der Sprosshöhe bei *Scabiosa columbaria* (1999)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz](#)

Jahr/Year: 2003-2006

Band/Volume: [10](#)

Autor(en)/Author(s): Mückschel Claus, Otte Annette

Artikel/Article: [Zur Indikation der Umweltbedingungen auf Kalk-Magerrasen mittels populationsbiologischer Merkmale 229-251](#)