

## Raumbezogene und multivariate Analyse der Einflussgrößen auf den Weißkleeanteil eines Dauergrünlandstandortes

### Spatial and multivariate analysis of factors influencing white clover proportions on a permanent grassland site in Central Germany

S. Gottardi<sup>1</sup>, T. Fricke<sup>1</sup>

**Key words:** grassland, white clover, plant production, biodiversity

**Schlüsselwörter:** Grünland, Weißklee, Pflanzenbau, Biodiversität

#### Abstract:

*The relationship between white clover (*Trifolium repens*), site conditions, species composition and forage quality has been analysed by conducting a factor analysis (incl. varimax rotation) based on data sets sampled along a 50 m grid on a 20 ha permanent grassland site in Central Germany with heterogeneous site conditions, sown in 1998. Three factors which are related to the appearance of white clover has been interpreted, showing a positive relationship of white clover to (A) *Lolium perenne* on heavy and productive soils, (B) *Poa pratensis* and *Festuca rubra* on heavy and stony soils at slopes and ridges and (C) *Lolium perenne* and weeds on wet soils along the field border, often characterised by sward damage. The white clover factor loadings sometimes are not very strong, depending on complex interactions and a distinct site heterogeneity. Further analysis is in progress.*

#### Einführung:

Der Weißklee (*Trifolium repens* L.) ist die wichtigste Leguminose des Dauergrünlandes. Wegen seiner Stickstofffixierleistung und Futterqualitäts-eigenschaften ist er insbesondere für den Ökologischen Landbau von großer Bedeutung. Sein Vorkommen ist in der Regel nicht gleichmäßig innerhalb der Flächen verteilt, sondern zeigt häufig ein unregelmäßiges Muster variierender Dominanzverhältnisse (GOTTARDI et al. 2003). Die Ursachen hierfür liegen unter anderem in Standortgegebenheiten, Nutzungsart und Konkurrenzbedingungen. Ziel der hier präsentierten Studie ist es, über den Ansatz der Faktoranalyse die multivariaten Beziehungen von Einflussgrößen und Bestandesparametern zum Weißklevorkommen einer Dauergrünlandfläche zu analysieren.

#### Material und Methoden:

Eine 20 ha große Fläche des Versuchsgutes „Domäne Frankenhausen“ der Universität Kassel wurde nach 20-jähriger Ackernutzung im Herbst 1998 als Dauergrünland angelegt (*Lolium perenne* früh/mittel/spät je 1 kg/ha, *Festuca pratensis* 4 kg/ha, *Dactylis glomerata* 3 kg/ha, *Phleum pratense* 1,5 kg/ha, *Poa pratensis* 3 kg/ha, *Festuca rubra* 2 kg/ha, *Trifolium repens* 4 kg/ha) und für vier Jahre weitgehend einheitlich als extensive Mähweide genutzt. Die Fläche liegt 218 - 251 m ü. NN bei durchschnittlich 650 mm Jahresniederschlag und 8,5 °C Jahresdurchschnittstemperatur. Sie ist vorwiegend in nordwestliche Richtung exponiert und von Hangneigungen bis 20 % geprägt. Die geologische Grundlage bildet der obere Buntsandstein (Röt), der vor allem in Senken von Löss und Kolluvien überlagert wird. Die bodenmorphologische Heterogenität der Fläche spiegelt ein breites Spektrum unterschiedlicher Bodentypen wider (Hauptbodentypen: Auenboden, Gley, Kolluvium, Parabraunerde, Pelosol, Braunerde und Ranker).

---

<sup>1</sup> Fachgebiet Grünlandökologie und Futterbau, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Universität Kassel, Nordbahnhofstrasse 1a, 37213 Witzenhausen, Email: [gottardi@mail.wiz.uni-kassel.de](mailto:gottardi@mail.wiz.uni-kassel.de)

Seit 2000 erfolgte die Erfassung der Bestandeszusammensetzung (Ertragsanteilschätzung) nach der Methode KLAPP/STÄHLIN (in: VOIGTLÄNDER und VOSS, 1979), der Biomasse (Trocknung 48 h bei 105 °C) und Bestimmung der Futterqualität (nur für 2002 - 2003; NIRS) zur jährlich jeweils ersten Nutzung. Über die Vegetationsaufnahmen wurden Bestandeswertzahlen (KLAPP, 1953), Stickstoff- und Feuchtezahlen (ELLENBERG et al., 1991) berechnet. Die Beprobung der Gesamtfläche folgte einem 50 m-Raster bei einer Probenflächengröße von 1 m<sup>2</sup> (n=97). Zusätzlich erfolgten an denselben Probenstellen bis 2003 die Erhebung, Berechnung und Sammlung folgender Faktoren zur Charakterisierung des Standortes:

- pH-Wert (CaCl<sub>2</sub>), Mg- (CaCl<sub>2</sub>), K- (CAL), P-Gehalt (CAL) (HOFFMANN, 1991)
- C<sub>t</sub>, N<sub>t</sub>, C<sub>org</sub>-Gehalt (Elementaranalysator (SCHLICHTING et al., 1995) und für C<sub>org</sub> nach Scheibler (HOFFMANN, 1991))
- Profilsprache nach KA 4 (Bohrstocktiefe 0-90 cm) (AG BODENKUNDE, 1996)
- Elektrische Leitfähigkeit (Elektromagnetisches Bodenkartierungssystem – EM38)
- Lagerungsdichte der Hauptwurzelzone mit Steingehalt und gravimetrischem Wasservolumen (SCHLICHTING et al., 1995)
- nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraums (unter Berücksichtigung des Steingehalts) (gemäß Richtlinien der Bodenkundlichen Kartieranleitung KA4 (AG BODENKUNDE, 1996))
- Topographie (Hangneigung, Hangrichtung)
- Bodenzahl, Ackerzahl, Grünlandzahl, Zustand
- Bewirtschaftungsdaten (Jahresbesatzleistung – Mittelwert 2001 u. 2002)

Dabei charakterisieren die zuvor aufgelisteten Standortdaten (n=20) einen Zeitraum von vier Jahren, aufgenommen zu jeweils verschiedenen Zeitpunkten. Sie wurden zusammen mit den Trockenmasseerträgen, Futterqualitäten, Vegetationsaufnahmen und berechneten Wert-, Stickstoff- und Feuchtezahlen jeder Parzelle für den Zeitraum 2002 - 2003 mittels Faktoranalyse mit Varimaxrotation und Beschränkung auf sechs Faktoren analysiert (BAHRENBERG et al., 1992).

Die Analyse beschränkt sich auf den Zeitraum 2002 - 2003, da einerseits nach 4-jähriger Bestandesentwicklung eine Art Klimax erkennbar war und andererseits die jahresspezifische witterungs- und bewirtschaftungsbedingte Einmaligkeit von Bestandesparametern eingegrenzt werden konnte.

Die Interpolation der punktuell erhobenen Messwerte zu räumlichen Karten erfolgte über die Berechnung von Thiessen-Polygonen (Gültigkeitsbereiche gleicher Eigenschaften mit kürzester Entfernung zum nächsten Referenzpunkt) in ARC/View 3.2. Die multivariaten Analysen erfolgten mit dem Programm SPSS (Release 10.0).

### **Ergebnisse und Diskussion:**

Die Faktoranalyse mit Varimaxrotation führte zur Trennung voneinander unabhängiger Faktoren, die die Variabilität der Kennwerte wiedergeben. Die extrahierten Faktoren erklärten 40 % der Gesamtvarianz. Die Interpretation der Faktoren und der Beitrag der Variablen zu deren Extraktion wird nachfolgend für jeden Faktor erklärt. In diesem Beitrag wird ausschließlich auf Faktoren eingegangen, die einen Bezug zum Weißklee haben. Weitere nicht unmittelbar mit dieser Fragestellung im Zusammenhang stehende Faktoren wurden nicht berücksichtigt.

**Faktor 1** erklärt 24 % der Gesamtvarianz und korreliert positiv insbesondere mit der Futterqualität (Wertzahl und Energiegehalt), die ihrerseits wiederum maßgeblich bestimmt ist durch ebenso hoch positive Ladungen von *Lolium perenne* und *Trifolium repens* (Tab. 1). Mit ebenfalls hohen positiven Ladungen waren tonreiche (Tonfraktion und elektrische Leitfähigkeit), relativ kompakte und auch oft steil gelegene Böden mit guten Ackerzahlen vertreten (grau hinterlegte Flächen in Abb. 1).

Mit dem **Faktor 3**, der 18 % der Gesamtvarianz erklärt, geht die Artenkombination aus *Trifolium repens*, *Poa pratensis* und *Festuca rubra* in Form positiver Ladungen mit hohen Magnesium- und Steingehalten sowie mit ausgeprägter Tonfraktion und Lagerungsdichte des Bodens bzw. deutlicher Hangneigung einher.

Der **Faktor 5** erklärt 13 % der Gesamtvarianz und ist, bezogen auf den Weißklee, mit negativen Faktorladungen zu interpretieren. Die deutlichste Beziehung weisen Stickstoffzahlen, Rohaschegehalte und Ertragsanteile von *Trifolium repens* auf. Aber auch hohe negative Ladungen von *Lolium perenne* und nicht angesäten Arten (u. a. *Rumex obtusifolius*, *Cirsium arvense*, *Taraxacum officinale*) sind festzustellen.

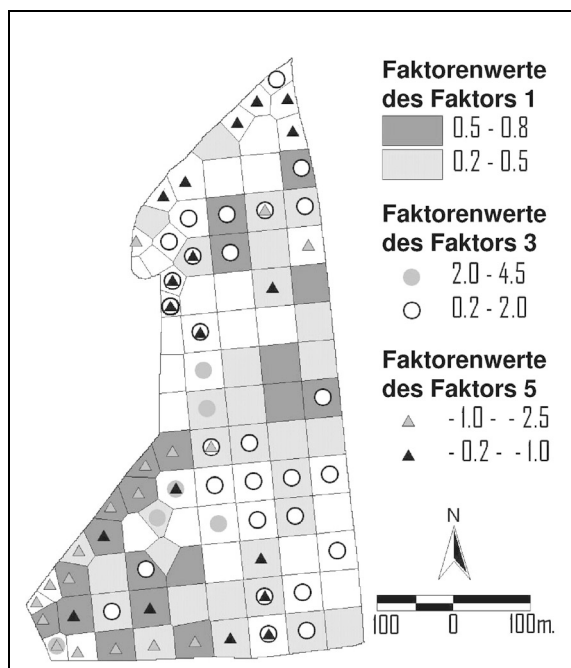


Abb. 1: Darstellung der räumlichen Lage weißkleerelevanter Faktoren. Klassifizierte Faktorenwerte für den jeweils entsprechenden Ladungsbereich wurden den Messpunkten bzw. darauf interpolierten Thiessen-Polygonen zugeordnet.

Tab. 1: Übersicht der Faktorenwerte und Faktorladungen der Variablen mit Aussagekraft für den Weißkleeanteil

	Faktor 1	Faktor 3	Faktor 5
Erklärter Varianzanteil	24%	18%	13%
Min. der Faktorenwerte	-5.20	-1.96	-2.14
Max. der Faktorenwerte	0.79	4.47	2.50
Min. der Ladungen	-0.86	-0.65	-0.84
Max. der Ladungen	0.82	0.71	0.68
<b>Variable</b>			
Wertzahl	0.82	0.25	
Elektrische Leitfähigkeit	0.68	0.28	
<i>Lolium perenne</i>	0.61		
Ackerzahl	0.52		
Energiegehalt	0.31		
<i>Trifolium repens</i>	0.25	0.39	-0.43
Hangneigung	0.23	0.44	
Lagerungsdichte	0.36	0.53	
Tonfraktion	0.21	0.65	
Steingehalt		0.71	
<i>Poa pratensis</i>		0.63	
<i>Festuca rubra</i>		0.47	
Mg-Gehalt		0.41	
Wassergehalt			-0.24
<i>Cirsium arvense</i>			-0.28
<i>Taraxacum officinale</i>			-0.29
<i>Lolium perenne</i>			-0.29
<i>Rumex obtusifolius</i>			-0.30
Rohprotein			-0.31
Rohaschegehalt			-0.58
Stickstoffzahl			-0.84

Areale mit hohen Ladungen von *Trifolium repens* und *Lolium perenne* im Faktor 1, in Verbindung mit hohen Tongehalten, sind in Abb. 1 grau hinterlegt und befinden sich vorwiegend in westlichen Senken und im zentralen sowie nördlichen Plateaubereich. Die Artenkombination *Trifolium repens* mit *Poa pratensis* und *Festuca rubra* des Faktors 3, in Verbindung mit hohen Tongehalten und steiler Lage, orientiert sich überwiegend an den trockenen Tonkuppen bzw. angegliederten Übergangsbereichen. Die Gruppierung aus *Trifolium repens* mit *Lolium perenne* und mehreren nicht

angesäten Arten bei gleichzeitig hohen Rohaschegehalten und hoher Stickstoffzahl (Faktor 5) befindet sich überwiegend in den flachen nährstoffreichen Randbereichen, auf denen Narbenschäden und Futterschmutzung, verursacht durch den Viehtritt bei hoher Bodenfeuchte, maßgeblich prägend sind.

### **Schlussfolgerungen:**

Grünlandökosysteme verfügen über komplexe Wirkungsmechanismen, deren Funktionen, insbesondere unter heterogenen Bedingungen, nur schwer zu analysieren sind. Über die durchgeführte Faktoranalyse ließen sich Hinweise auf Beziehungen zwischen Weißkleeanteilen, Standortfaktoren und Bestandesparametern ableiten. Dabei sind Komplexe erkennbar, die sich aus Kombinationen von Parametereigenschaften wie z.B. der Dominanz der Bestandespartner, dem Tongehalt und der Wasserverfügbarkeit ergeben und die auch räumlich charakteristischen Arealen zugeordnet werden können. Inwieweit derartige Beziehungen quantitativ genauer beschreibbar sind und welchen Einfluss die Größe der aus versuchstechnischen Gründen auf 1 m<sup>2</sup> begrenzten Probenflächen auf die Interpretationsfähigkeit der Weißkleeanteile hat, wird in weiteren Analysen zu klären sein.

### **Literatur:**

AG Bodenkunde der geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in der BRD (1996) Bodenkundliche Kartieranleitung: KA4, 4. Auflage. Hannover, 392 p, ISBN 3-510-95804-7

Bahrenberg G, Giese E, Nipper J (1992) Statistische Methoden in der Geographie: Bd. 2. Multivariate Statistik. Stuttgart, B G Teubner, 415 p, ISBN 3-519-03422-0

Ellenberg H, Weber H E, Düll R, Wirth V, Werner W, Paulißen D (1991) Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa, Scripta Geobotanica 18. Göttingen, Goltze, 248 p

Gottardi S, Fricke T, Spatz G (2003) Differenzierung des Weißkleeanteils einer einheitlichen Dauergrünlandansaat unter Berücksichtigung der standortspezifischen Heterogenität. In: AG Grünland und Futterbau ; 47. Jahrestagung vom 28. bis 30. August 2003 in Braunschweig; Bd. 5. Giessen, Wissenschaftlicher Verlag, pp 71-74

Hoffmann G (1991) Die Untersuchung von Böden, Methodenbuch, Bb. 1, 4. Auflage. Darmstadt : VDLUFA-Verlag

Klapp E, Boeker P, König F, Stählin A (1953) Wertzahlen der Grünlandpflanzen. Das Grünland 2, pp 38-40

Rothmaler W, Jäger E J von, Werner K (2002) Bd. 4. Gefäßpflanzen : kritischer Band, Exkursionsflora von Deutschland. Heidelberg, Berlin, Spektrum, 948 p, ISBN 3-8274-09170-9

Schlichting E, Blume H-P, Stahr K (1995) Bodenkundliches Praktikum. Berlin, Wien, Blackwell Wissenschafts-Verlag, 295 p, ISBN 3-8263-3042-0

Voigtländer G, Voß N (1979) Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung. Stuttgart, Eugen Ulmer, 207 p, ISBN 3-8001-3043-2