

Erhebungsmethoden des Pflanzenbestandes im Grünland

Giovanni Peratoner^{1*} und Erich M. Pötsch²

Zusammenfassung

Die Charakterisierung des Pflanzenbestandes hinsichtlich der botanischen Zusammensetzung kann durch die Erhebung verschiedener Parameter (Pflanzendichte, Deckungsgrad, Frequenz oder Ertragsanteile) erfolgen. Jeder Parameter beschreibt unterschiedliche Aspekte, die unter bestimmten Bedingungen zu einem gewissen Maß korreliert, aber nicht äquivalent sind. Die Auswahl des zu erhebenden Parameters leitet sich daher in erster Linie aus dem spezifischen Ziel der Untersuchung ab. Für die Erhebung selbst stehen zahlreiche Methoden zur Verfügung, die sich hinsichtlich der Objektivität, Genauigkeit, Aufwand und Notwendigkeit einer entsprechenden Ausrüstung unterscheiden. Die Auswahl der Erhebungsmethode hängt im Gegensatz zur Auswahl des Parameters von der zu erzielenden Genauigkeit sowie vom vertretbaren Aufwand für die Durchführung und von den verfügbaren Ressourcen ab.

Schlagwörter: Pflanzenbestand; botanische Zusammensetzung; Pflanzendichte; Deckungsgrad; Frequenz; Ertragsanteile; Erhebungsmethoden

Summary

In terms of botanical composition, the plant stand can be described by means of different parameters (plant density, cover, frequency or yield proportion). Each parameter describes different features of the vegetation, which under certain circumstances may be correlated to some extent, but are not equivalent one to each other. The choice of the parameter to be assessed depends therefore in first instance on the specific aim of the investigation. For the assessment many methods are available. They differ one from each other in terms of subjectivity, precision, effort and requirement for technical equipment. The selection of the method also depends on the required precision, the affordable effort and on the available resources.

Keywords: plant stand; botanical composition; plant density; cover; frequency; yield share; methods

Einleitung

Unter Pflanzenbestand versteht man jeden Pflanzenaufwuchs, der eine Fläche bedeckt (Voigtländer und Voss, 1979). In der Grünlandforschung ist die Charakterisierung des Pflanzenbestandes hinsichtlich der botanischen Zusammensetzung einer der wichtigsten Aspekte. Die botanische Zusammensetzung der Grünlandvegetation ist das Ergebnis zahlreicher Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren, deren Veränderung sich wiederum auf den Pflanzenbestand auswirken. Dieser beeinflusst im Grünland ganz wesentlich den Futterertrag als auch dessen Qualität. Änderungen der botanischen Zusammensetzung über die Zeit liefern außerdem wichtige Hinweise auf die Auswirkungen von Umwelt und Bewirtschaftung auf die Vegetation. Da ein guter Teil der Grünlandvegetation einen mehrjährigen oder sogar einen dauerhaften Charakter hat, ist die Vegetationsdynamik wichtig, um mittel- und langfristige Effekte zu erkennen.

Aus all diesen Gründen spielt die Erfassung der botanischen Zusammensetzung der Wiesen und Weiden in der Grünlandforschung traditionell eine zentrale Rolle und ist wichtiger Bestandteil des Erhebungs- und Untersuchungsspektrums in Exaktversuchen und Feldstudien. Die Erfassung der

Grünlandvegetation kann auf sehr unterschiedlichen Skalierungsebenen erfolgen – von der globalen Sichtweise mittels Fernerkundung bis hin zur kleinflächigen Aufnahme mit unterschiedlichsten Methoden. Zwischen diesen Ebenen kann auch gewechselt werden, wobei sich aber die Aggregation von Detaildaten zur globalen Betrachtung deutlich einfacher darstellt als der umgekehrte Weg (Burrough, 1986; Whalley and Hardy, 2000).

Im vorliegenden Beitrag werden verschiedene Aspekte der Untersuchungen am Pflanzenbestand mit Bezug auf die botanische Zusammensetzung behandelt. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit liegt das Ziel dieses Beitrags darin, eine Übersicht und Orientierung über die wichtigsten Erhebungsparameter und -methoden zu geben, mit besonderem Fokus auf der Eignung der einzelnen Methoden in Abhängigkeit von den Zielen der Untersuchung.

Parameter zur Beschreibung der botanischen Zusammensetzung des Pflanzenbestandes

Ein erster wichtiger Aspekt ist die Auswahl eines geeigneten Parameters, der die botanische Zusammensetzung zwecksgemäß beschreibt.

¹ Sektion Berglandwirtschaft, Land- und Forstwirtschaftliches Versuchszentrum Laimburg, Laimburg 6, I-39040 BOZEN

² Abteilung Grünlandmanagement und Kulturlandschaft, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, A-8952 IRDNING-DONNERSBACHTAL

* Ansprechpartner: Dr. Giovanni PERATONER, giovanni.peratoner@provinz.bz.it

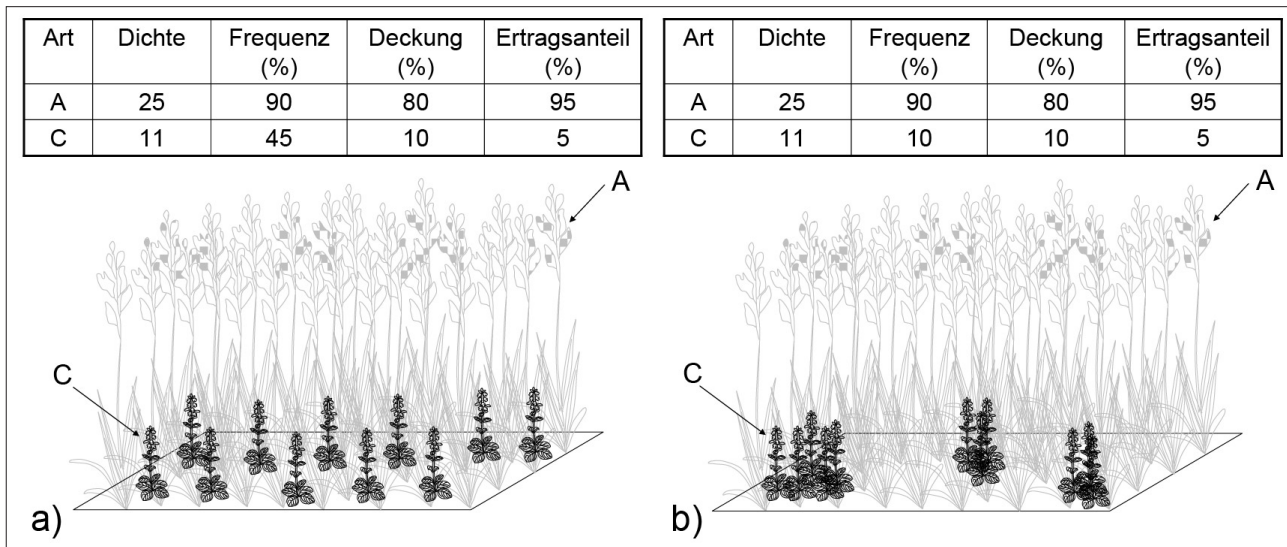


Abbildung 1: Ausprägung verschiedener Parameter in Abhängigkeit der Verteilung der Pflanzen im Bestand.

In der Regel ist die rein qualitativ beschriebene Zusammensetzung des Pflanzenbestandes – also eine Auflistung der vorkommenden Arten – unzureichend, um daraus direkt oder indirekt landwirtschaftlich relevante Information zu gewinnen. Wesentlich größere Aussagekraft besitzen hingegen in der Grünlandforschung die quantitativen Parameter, von denen die nachfolgend beschriebenen am bedeutsamsten sind:

Die **Dichte** ist die Anzahl der Individuen pro Flächeneinheit. Diese Messungen sind vor allem nützlich, um quantitative Effekte von Bestandeslenkungs- oder Bekämpfungsmaßnahmen auf die Anzahl der Pflanzen oder Pflanzenteile einer bestimmten Unkrautart zu erfassen. In der praktischen Umsetzung stellt die schwierige Erkennung der einzelnen Individuen eine besondere Herausforderung bei jenen Arten dar, die sich über Ausläufer vermehren, oder bei hoher Dichte von mehrstängeligen Pflanzen. Die Dichte kann jedoch auch in solchen Fällen erhoben werden, wenn eine Standard-Zähleinheit definiert werden kann (Bonham, 2013). Unter bestimmten Umständen ist wiederum beispielsweise die Triebdichte relevanter als die Anzahl der Individuen (Müller-Dombois und Ellenberg, 1974).

Unter dem **Deckungsgrad** versteht man jenen Anteil der Aufnahmeffläche, der bei senkrechter Projektion der oberirdischen Pflanzenteile aller Arten bedeckt wird. Bei vertikaler Betrachtung eines Pflanzenbestandes lässt sich meist feststellen, dass dieser nicht überall geschlossen ist, sondern auch vegetationsfreie Lücken bestehen, deren Flächenausmaß zur Bestimmung der projektiven Deckung von der gesamten Aufnahmeffläche abgezogen wird.

Ein vollflächig entwickelter Pflanzenbestand weist somit eine projektive Deckung von 100 % auf.

Wenn bei der vertikalen Überlappung mehrerer Pflanzenteile nur der oberste Pflanzenteil berücksichtigt wird, kann die Gesamtdeckung 100 % nicht übersteigen und man spricht von projektiver Deckung (Engl. *top cover* nach Greig-Smith, 1983). Andere Definitionen des Deckungsgrades beziehen sich wiederum auf den Flächenanteil des nackten, offenen Bodens, also eigentlich auf die Lückigkeit der Grasnarbe. Dieser Zustand, der unterschiedliche Ursachen haben kann

(Aktivität von Wühlmaus, Maulwurf, Engerlinge, Tritt- und Spurschäden etc.) lässt sich am besten unmittelbar nach dem Schnitt oder nach einer Beweidung erheben.

In bestimmten Fällen wird der Deckungsgrad (oder Flächenprozentenschätzung) jeder Art inklusiv der Pflanzenteile, die von anderen darüberliegenden Pflanzenteilen abgeschirmt werden, berücksichtigt. In solchen Fällen kann der Gesamtdeckungsgrad auch höher als 100 % sein (Whalley und Hardy, 2000; Kirmer, 2004).

In der englischen Literatur wird auch zwischen *basal cover* und *canopy cover* unterschieden. Im ersten Fall wird nur die Basis der Pflanzen, im zweiten Fall hingegen werden alle oberirdischen Pflanzenteile berücksichtigt (Whalley und Hardy, 2000).

Der Deckungsgrad wird am häufigsten in vegetationsökologischen und pflanzensoziologischen Studien verwendet. Die projektive Deckung (*top cover*) hat große Relevanz in der Bewertung des Erosionsschutzes seitens der Vegetation, da es einen relativ engen Zusammenhang zwischen Vegetationsdeckungsgrad und Bodenabtrag gibt (Copeland, 1965; Linse *et al.*, 2001).

Die **Frequenz** ist der Prozent der Fälle, an denen eine bestimmte Art an einer bestimmten Anzahl von Beobachtungsstellen (Flächen oder Punkten) vorkommt. Die Frequenz liefert eher einen Hinweis auf die Uniformität der Verteilung als auf die Abundanz von Individuen, da Pflanzen oft fleckenweise auftreten (Müller-Dombois und Ellenberg, 1974; Greig-Smith, 1983). Dieser Parameter eignet sich besonders gut für Untersuchungen der Vegetationsdynamik, wenn Beobachtungsflächen über die Zeit wiederholt untersucht werden (Bonham, 2013). Nach der Methode von Daget und Poissonet (1971) werden aus den Frequenzwerten die spezifischen Anteile (Fr.: *contributions spécifiques*) als Quotient zwischen der Frequenz einer Art und der Summe der Frequenz aller Arten abgeleitet.

Der **Ertragsanteil** ist der prozentuelle Anteil (Gewichtsprozent) der erntbaren oberirdischen Pflanzenteile einer Art oder einer Artengruppe im Bezug auf den gesamten Trockenmasse-Ertrag (Klapp, 1930; zit. in Voigtländer und

Art	Dichte	Frequenz (%)	Deckung (%)	Ertragsanteil (%)
A	10	10	7	60
B	144	95	93	40

Abbildung 2: Unterschiedliche Ausprägung von Deckung und Ertragsanteil.

Voss, 1979). Dieser Parameter eignet sich besonders gut für agronomische Studien, bei denen die Futterproduktion und insbesondere die Futterqualität im Vordergrund stehen.

Je nach untersuchtem Parameter ändert sich die Bedeutung und Aussagekraft der gelieferten Information. So würde zum Beispiel eine Pflanzenart mit sehr kleinen Individuen, die gleichmäßig in einem wüchsigen Pflanzenbestand verteilt sind, zwar eine hohe Frequenz und Pflanzendichte aufweisen, aber einen niedrigen Deckungsgrad und Ertragsanteil haben (*Abbildung 1a*). Wenn dieselbe Art aber nesterweise aufträte, bliebe die Pflanzendichte hoch, während hingegen die Frequenz niedrig wäre (*Abbildung 1b*).

Sowohl die Ertragsanteile als auch der Deckungsgrad liefern Information bezüglich des quantitativen Vorkommens der Arten. Obwohl sie eigentlich zwei verschiedene Parameter der Vegetation beschreiben, wird oft davon ausgegangen, dass ähnliche Ausprägungen über die Schätzung von Deckungsgrad oder Ertragsanteilen zu erhalten sind. Relevante Unterschiede sind allerdings vor allem zu erwarten, wenn fleckenweise verteilte, große Pflanzen mit einer eher niedrigwüchsigen, ertragsarmen Pflanzendecke kombiniert sind (*Abbildung 2*).

Am nachfolgenden Anschauungsbeispiel demonstriert Weinzierl (1902) die unterschiedlichen Beurteilungsergebnisse hinsichtlich der vorliegenden Pflanzengesellschaft auf Basis einer Gewichtsprozentenerhebung bzw. einer Flächenprozentenschätzung (*Tabelle 1*). Der unmittelbare Vergleich der jeweiligen Arten zeigt dabei aber den starken Unterschied in Abhängigkeit des aufgenommenen Parameters.

Tabelle 1: Charakterisierung der Pflanzengesellschaft aufgrund unterschiedlicher Erhebungsmethoden des Pflanzenbestandes (Weinzierl, 1902).

Heuanalyse - Gewichtsprozent		Heuanalyse - Flächenprozent	
Phragmites communis	25	Phragmites communis	5
Phalaris arundinacea	20	Phalaris arundinacea	5
Festuca arundinacea	18	Festuca arundinacea	10
Agrostis vulgaris	17	Agrostis vulgaris	65
15 andere Species	20	15 andere Species	15
= Rohrwiese (Phragmitetum)	100	= Strausgraswiese (Agrostis)	100

Weinzierl (1902) schließt aus dieser Gegenüberstellung, dass „eine botanische Analyse, welche nur den Gewichtsanteil einer Species angibt [sic], nicht geeignet ist, den botanischen Charakter der Mischung oder eines Wiesenbestandes richtig zum Ausdruck zu bringen“.

Zeitpunkt der Aufnahmen

Die Pflanzenbestandsaufnahmen sollten bei Wiesen unmittelbar vor dem Schnitt des ersten Aufwuchses erfolgen, wobei auch das jeweilige Vegetationsstadium zumindest der Hauptbestandbildner erhoben werden sollte. Die Artenliste sollte im Idealfall bei den folgenden Aufwüchsen noch ergänzt und kontrolliert werden, weil manche Arten nämlich beim ersten Aufwuchs leicht übersehen werden (z. B.: Herbstlöwenzahn) oder sich erst später entwickeln. Bei den weiteren Aufwüchsen erscheint jedenfalls eine Gewichtsprozentenschätzung der Artengruppen Gräser, Kräuter, Leguminosen sinnvoll, um auch Veränderungen zwischen den einzelnen Aufwüchsen zu dokumentieren.

Auswahl einer geeigneten Skala für Schätzungen

In der Pflanzensoziologie werden oft für Schätzungen Skalen verwendet, welche auf Intervalle von Werten basieren. Sehr oft wird die von Braun-Blanquet (1964) vorgeschlagene siebenteilige Skala verwendet, bei der die Variationsbreite bei einzelnen Klassen 20 % (2) bzw. 25 % (3, 4 und 5) beträgt. Es handelt sich um eine sogenannte Abundanz/Dominanz-Skala zur Schätzung der Artmächtigkeit, weil bei niedrigen Deckungsgrad-Werten auch die Pflanzendichte berücksichtigt wird (Voigtländer und Voss, 1979). Mehrere Skalen, die sogenannten ordinalen Skalen, besitzen ungleich breite Intervalle: bei niedrigen Deckungsgrad- oder Ertragsanteil-Werten werden engere Intervalle und bei hohen breitere Intervalle verwendet (siehe zum Beispiel Van Der Maarel, 1979; Gauch, 1982; Dietl, 1995). Sie entsprechen daher eher einer logarithmischen Skala (*Abbildung 3*). Diese Skalen berücksichtigen die Tatsache, dass es leichter ist, kleine Unterschiede bei niedrigen Werten relativ zuverlässig zu beurteilen (z.B. ein Unterschied zwischen 3 und 5 %), während es nahezu unmöglich ist, denselben Unterschied bei hohen Werten objektiv zu erfassen (z.B. zwischen 45 und 47 %). Sehr hohe Werte können hingegen durch Abzug der schwach vertretenden, genauer schätzbaren Arten relativ genau erfasst werden (Traxler, 1997). Diese Skalen sind daher dem menschlichen Wahrnehmungsvermögen besser angepasst als die Prozentskala und vermeiden die Vortäuschung übermäßiger Genauigkeit. Allgemeine Nachteile

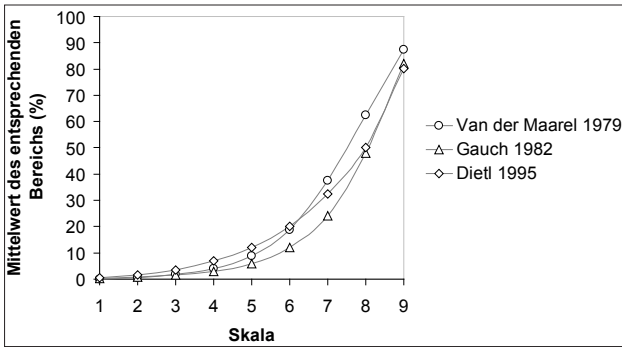


Abbildung 3: Vergleich verschiedener neunstufiger logarithmus-ähnlicher Skalen. Die Mittelpunkte der jeweiligen Intervalle werden dargestellt.

sind allerdings der Verzicht auf einen Teil der Information bei einem unbekanntem Schätzungsvermögen des jeweiligen Beobachters sowie die Unmöglichkeit einer iterativen Anpassung der Schätzgenauigkeit über das Addieren aller geschätzten Prozentanteile, die 100 % ergeben sollen. Sie sind allerdings für Ordinationsverfahren und multivariate Statistik, die in der Vegetationsökologie häufig verwendet werden, einsetzbar (Gusmeroli, 2012).

Zu erwähnen sind auch weitere Skalen, wie etwa jene nach Pfadenhauer *et al.* (1986) mit 8 Klassen, Londo (1976) mit 12 Klassen oder die nach Zacharias (1996) modifizierte Londo-Skala mit 20 Klassen. Zusätzliche Schätzskalen existieren weiters noch von Schmidt (1974, zitiert in Pfadenhauer *et al.*, 1986), Dierschke (1994), Wilmanns (1989) und Bornkamm und Hennig (1982).

Klapp (Klapp, 1930; zit. in Voigtländer und Voss, 1979) hat, bezogen auf die Ertragsanteilschätzung einzelner Arten, die Skalen der Pflanzensoziologie als zu weit gefasst erachtet und für Grünlandstudien eine Unterteilung der Masse auf Prozente eingefordert. Grobe Skalen können keine feinen Veränderungen aufzeigen, umgekehrt zwingen fein abgestufte Skalen zur genaueren Schätzung, die aber eine maximale Schätzgenauigkeit nicht überschreiten kann. Ein wesentlicher Vorteil der Verwendung einer prozentuellen Skala besteht in einer Verbesserung der Verrechnungsmöglichkeiten in Feldversuchen. So können damit für einzelne

Arten oder Artengruppen auch entsprechende Mittelwerte für die im Versuchswesen ganz besonders wichtigen Wiederholungen gebildet werden. Prozentuelle Werte können außerdem jederzeit mit den bereits genannten mehrstufigen Skalen transformiert werden.

Erhebungsmethoden

Weltweit wurden im vergangenen Jahrhundert unterschiedlichste Erfassungsmethoden für Pflanzenbestände im Grünland entwickelt und angewandt (Hanson, 1934; Braun-Blanquet, 1951; Johnston, 1957; Schechtner, 1958). Zahlreiche Autoren befasst(en) sich mit der Verlässlichkeit und Reproduzierbarkeit oder auch mit der Vergleichbarkeit unterschiedlicher Erhebungsmethoden (Goodall, 1952; Tüxen, 1972; Greig-Smith, 1983; Everson *et al.*, 1990; Leps, 1992; Traxler, 1997). Vor allem bei Untersuchungen, welche Bezug auf die Pflanzensoziologie und auf die Beurteilung der Artenvielfalt haben, stellt die Auswahl der Aufnahmefläche, unabhängig von der verwendeten Methodik der Erhebung, einen wichtigen Aspekt dar. Im Wirtschaftsgrünland sollte die möglichst homogene Aufnahmefläche nicht kleiner als 50 m² sein, ideal erscheint eine Größe von 100 m². Manche diagnostisch relevante Arten wachsen nämlich zerstreut und werden bei einer zu kleinen Aufnahmefläche nicht erfasst (Bohner und Sobotik, 2000). Jedenfalls sollte sich die Anzahl der Erhebungen sowie die Größe der Aufnahmefläche nach der Homogenität des Standortes bzw. auch nach der Erhebungsmethode orientieren. Die Größe der jeweils optimalen Aufnahmefläche kann auch empirisch durch die Erstellung eines Artenanzahl-Flächendiagramms erhoben werden. Dazu wird ausgehend von einer bestimmten Erhebungsgröße (z.B. 0,5 x 0,5 m) die darin vorkommende Artenzahl erhoben und dann die Fläche durch Umklappen des Rahmens so lange vergrößert bis die akkumulierte Artenanzahl nicht mehr weiter ansteigt. Fläche und Artenanzahl werden gegeneinander im Diagramm aufgetragen und jene Flächengröße für die Erhebungen ausgewählt, ab welcher der Zuwachs der Artenanzahl abnimmt (Whalley and Hardy, 2000). Wenn wie bei Feldversuchen die Größe der Aufnahmefläche durch die Parzellengröße vorgegeben ist, ist es wichtig für die Pflanzenbestandsaufnahme nur den zentralen homogenen Bereich der Parzelle heranzuziehen,

Tabelle 2: Eignung ausgewählter Erhebungsmethoden für Pflanzenbestände im Grünland sowie deren spezifische Eigenschaften.

Methode	Erfassbare Parameter				Eigenschaften				
	Dichte	Deckungsgrad	Ertragsanteile	Frequenz	Genauigkeit/Wiederholbarkeit	Subjektivität	Zeitaufwand	Notwendigkeit spezieller Geräte	Abhängigkeit von der Witterung
Visuelle Schätzung		x	x		+	++++	+++	-	+
Zählrahmen	x				+++	+	+	+	+
Frequenzrahmen				x	++	+	++	+	+
Lineare Analyse nach Daget & Poissonet			x	x	++	+	+++	+	+
Punkt-Quadrat-Rahmen		x	x	x	++	+	+++	++	++
Manuelle Trennung von Arten(gruppen)			x		+++	-	++++	+	-
Spektrometrie	x	x	x		+++	-	+	++++	++++

Legende: - keine, + niedrig, ++ mittel, +++ hoch, ++++ sehr hoch

* hängt stark vom Schätzungsvermögen und Erfahrung des einzelnen Beobachters ab; bei guter Genauigkeit des einzelnen Beobachters kann die Wiederholbarkeit über die Zeit gut sein

** wenn intervallbasierte Skalen verwendet werden, reduziert sich der Zeitaufwand noch stärker

um allfällige Randeffekte wie auch bei den Ertragsmessungen auszuschalten.

Die geläufigsten Erhebungsmethoden werden in der Folge beschrieben. Dabei wird der Schwerpunkt eher auf die operativen Aspekte der Methoden, was eine Gruppierung in relativ wenigen Kategorien ermöglicht. Eine Übersicht der Eigenschaften der Methoden ist in *Tabelle 2* zu finden.

Visuelle Schätzung: Der Hauptvorteil dieser Methode liegt in der Unabhängigkeit von Geräten zur Durchführung der Aufnahme und in der niedrigen Zeitaufwand für die Durchführung. Voigtländer und Voss (1979) sowie Dethier *et al.* (1993) verweisen darauf, dass visuelle Schätzungen unter günstigen Umständen der Genauigkeit von objektiven Methoden nicht nachstehen. Die Schätzgenauigkeit hängt allerdings von zahlreichen Aspekten ab, wie:

- Flächengröße (je kleiner umso genauer);
- Verteilungsmuster der Art (kompakte Flecken sind besser schätzbar als verteilte Einzelindividuen oder durchwachsene Bestände);
- Wuchsform der Art (Horststrukturen und Rosetten sind einfacher zu schätzen als beispielsweise Gräser);
- Visuelle Unterscheidbarkeit der Arten;
- Schichtigkeit des Bestandes (Grünland gilt diesbezüglich als besonders schwierig einzuschätzen);
- Blühaspekt (blühende Pflanzen werden gerne überschätzt);
- Möglichkeit des Betretens der ganzen Beobachtungsfläche: In Versuchen, bei denen die agronomischen Aspekte im Vordergrund stehen und der Pflanzenbestand auch nach den botanischen Erhebungen einwandfrei geerntet werden soll, erfolgt die Schätzung meistens von den Seiten der Parzelle aus, was im Fall der Erhebung des Deckungsgrades keine gute Voraussetzung für die Beurteilung der projektiven Deckung darstellt.

Dazu kommt natürlich auch noch die subjektive Verfassung, Ausbildungsstand, Erfahrung und Routine des Bearbeiters/der Bearbeiterin. So sind zum Beispiel die Beobachtungen am Ende eines langen Arbeitstages in der Regel weniger genau als diejenigen zu Beginn des Tages. Außerdem ermöglichen Vorkenntnisse zur erhebenden Vegetation seitens des Beobachters eine gezielte Suche nach Arten, die im Pflanzenbestand erwartet werden. Im Idealfall sollten Flächen möglichst langfristig von denselben Personen erhoben werden – selbst wenn auch dabei ein gewisser subjektiver Schätzfehler auftritt, so können mit derartigen Erhebungen sehr gute und verlässliche Vergleiche zwischen unterschiedlichsten Behandlungen erfolgen. Die Visuelle Schätzung eignet sich für die Erhebung sowohl des Deckungsgrades als auch der Ertragsanteile.

Nach der Klapp/Stählin-Methode (Klapp, 1930; zit. in Voigtländer und Voss, 1979) wird der Gewichtsprozentanteil der einzelnen Arten bezogen auf die Gesamtheit (= 100 %) der erntbaren Biomasse mittels einer Schätzung erhoben, die von erfahrenen Personen sehr rasch durchgeführt werden kann. In der Regel wird vorerst eine Liste aller vorkommenden Arten angefertigt. Dann werden vorerst die Ertragsanteile der drei Gruppen Gräser (inklusive der grasartigen Arten: Sauergräser und Binsengewächse),

Kräuter und Leguminosen geschätzt. Diese Anteile werden anschließend zwischen den einzelnen Arten unterteilt. Die Schätzung der einzelnen Arten fängt üblicherweise mit den am schwächsten vertretenen Arten an, die genauer geschätzt werden können.

Nach Traxler (1997) ist die visuelle Deckungsschätzung sicher die häufigste Methode im vegetationsökologischen Monitoring, weil sie einfach und schnell durchgeführt werden und zusätzlich auch genau sein kann. Die an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein verwendete Form der Aufnahme des Deckungsgrades (Flächenprozentenschätzung) für die pflanzensoziologische Aufnahme von Grünlandbeständen basiert auf der von Braun-Blanquet (1951) entwickelten Methode, die von Schechtner (1958) modifiziert wurde. Im Gegensatz zu den in der Pflanzensoziologie und Botanik häufig verwendeten fünf- bis neunteiligen ordinalen Skalen wird nach der Methode von Schechtner eine prozentuelle Schätzung der Einzelarten vorgenommen, die allerdings sehr viel Erfahrung, Routine und auch Zeit bei der Durchführung der Aufnahmen erfordert. Zur praktischen Durchführung der Aufnahme werden zunächst alle vorkommenden Arten der Erhebungsfläche notiert und folgenden Gruppen zugeteilt: Ober- und Mittelgräser, Untergräser, Grasartige (Sauergräser und Binsengewächse), Leguminosen, Kräuter. Anschließend wird die Deckung der einzelnen Arten direkt in Flächenprozent geschätzt. Zur Darstellung von sehr geringen Deckungsgraden werden zusätzlich nachfolgende Symbole verwendet:

- ++ = „selten“ (=0,66 Fl.-%),
- + = „sehr selten“ (=0,33 Fl.-%),
- r = für „rar“, wenn nur einzelne (1-2) Individuen vorkommen.

Nach der Erfassung aller einzelnen Arten werden zunächst die Flächenprozent innerhalb der Gruppen summiert. Die Gesamtdeckung der Aufnahmefläche, die man durch Addition der Deckungsprozent der Gruppen bzw. aller einzelnen Bestandepartner erhält, kann in gut wüchsigen, geschlossenen Beständen bei 130 bis 140 Fl.-% liegen, bei sehr schlecht wüchsigen, mageren Beständen können die Werte auch unter 100 % absinken. Eine Kontrolle der geschätzten Flächenprozent kann auf verschiedene Weise erfolgen. Durch Überprüfung und den visuellen Vergleich der Gesamtdeckung mit anderen Erhebungsflächen kann festgestellt werden, ob in Summe zu hoch oder zu niedrig geschätzt wurde. Eine weitere Kontrolle erhält man durch die Überprüfung des Verhältnisses der Deckungsgrade ausgewählter Arten oder Artengruppen zueinander.

Schätzrahmen (Frequenzrahmen, Zählrahmen): Die Verwendung von Rahmen ermöglicht eine präzise Definition der Flächen, innerhalb deren die Erhebung erfolgt. Ein kritischer Aspekt bei der Verwendung dieser Methode ist die Entscheidung, ob Pflanzen, deren Teile sich nicht vollständig innerhalb der eingegrenzten Fläche befinden, als vorhanden oder nicht vorhanden zu betrachten sind. Die Bewurzelung innerhalb des Rahmens wird in der Regel als Kriterium für diese Entscheidung herangezogen. Trotzdem behält sie einen gewissen Grad der Subjektivität für Pflanzen, die an den Rändern des Rahmens wurzeln. Aus diesem Grund spielt die Größe des Rahmens eine wichtige Rolle: Je kleiner die



Abbildung 4: Abloten mit Frequenzrahmen (Quelle: E.M. Pötsch).

Fläche des Rahmens, desto größer werden der Randanteil im Bezug auf die Aufnahme­fläche sowie die Häufigkeit unsicherer Entscheidungen (Müller-Dombois und Ellenberg, 1974). In der Grünlandforschung werden Quadraten von 0,5 x 0,5 m oder 1 x 1 m sehr häufig verwendet (Whalley und Hardy, 2000). Rahmen können für die Beurteilung des Deckungsgrades, der Pflanzendichte oder auch der Frequenz herangezogen werden.

Für Frequenzmessungen werden üblicherweise quadratische Rahmen in 100 Quadraten unterteilt. In jedem Quadrat wird das Vorkommen jeder einzelnen Art erhoben. Die Anzahl aller Quadrate, bei denen die Art vorkommt, ergibt ihre Frequenz. Runde Rahmen mit einer Fläche von 0,1 m² können nach Raunkiaer (1934) für eine zufällige Auswahl der Beobachtungsstellen verwendet werden, an denen das



Abbildung 5: Abloten mittels Frequenzgestell (Quelle: G. Peratoner).

Vorkommen der Arten untersucht wird, indem der Rahmen wiederholt geworfen wird.

Punkt-Quadrat-Methode: Bei dieser Methode, unter verschiedenen Namen und Varianten bekannt (Punkt-Berühr-Methode, Point intercept method, Point Quadrat method, Point intercept method, Point frame method), wird das Vorkommen einer Art nicht innerhalb einer Fläche, sondern an einem Punkt erhoben (Levy und Madden, 1933; Goodall, 1952; Goodall, 1953). Dafür wird in der Regel ein Gestell oder ein Rahmen verwendet, mit deren Hilfe Stäbe oder Drähte mit einer dünnen Spitze vertikal abgesenkt werden (Abbildung 4 und 5). Die Kontakte zwischen Vegetation und Spitze definieren das Vorkommen einer Art. In französischen und italienischen Weideuntersuchungen wird oft eine vom Punkt-Quadrat abgeleitete Methode, die lineare Analyse nach Daget und Poissonet eingesetzt. Dabei wird ein Bajonett oder ein Metallstab in regelmäßigem Abstand entlang eines gespannten Maßbandes in den Boden gesteckt und die Kontakte zwischen Bajonett/Metallstab und den Pflanzen werden erhoben (Daget und Poissonet, 1971; Ostermann, 1991).

Die Punkt-Quadrat-Methode eignet sich sowohl für die Erhebung des Deckungsgrades (Top Cover) wenn nur der erste Kontakt notiert wird, als auch für Frequenzmessungen, wenn alle betroffenen Arten pro Beobachtungspunkt notiert werden. Wenn alle Kontakte pro Punkt (inklusive der wiederholten Kontakte derselben Art beim selben Punkt) notiert werden, können die daraus abgeleiteten spezifischen Anteile als relativer Ausdruck der Phytomasse angesehen werden (Goodall, 1952; Ostermann, 1991). Die Erhebung des Deckungsgrads kann auch über Teleskoprohre erfolgen, bei denen die Funktion der Drähte bzw. der Stäbe durch ein Fadenkreuz ersetzt wird (Traxler, 1997).

Die Punkt-Quadrat-Methode bietet gute Objektivität und Genauigkeit bei Untersuchungen der Vegetationsdynamik (Stampfli, 1991). Seine Nachteile bestehen vor allem im hohen Zeitaufwand sowie in der schwierigen oder unmöglichen Durchführung bei windigen Verhältnissen und bei hohen Pflanzenbeständen. Auch die Notwendigkeit einer sehr hohen Anzahl von Wiederholungen für die Erfassung der selten vorkommenden Arten wird als Nachteil erwähnt (Traxler, 1997). Für praktische Zwecke scheinen allerdings die Vervollständigung der Artenliste durch die vorhandenen aber nicht getroffenen Arten sowie die Vergabe einer Frequenz unter 1% ein annehmbarer Kompromiss bei den Untersuchungen in Versuchspartizelle (Peratoner, 2003).

Manuelle Separierung des Erntegutes: Theoretisch kann die exakte Erfassung sowohl auf Arten- als auch Artengruppenebene durch das händische Separieren von Erntegut erfolgen, wobei der dafür erforderliche Arbeitsaufwand allerdings als sehr hoch zu bezeichnen ist. Eine Separierung wird daher meist nur an definierten Teilproben nach den drei im Grünland unterschiedenen Artengruppen Gräser, Leguminosen und Kräuter durchgeführt, um etwa deren spezifische Eigenschaften zu untersuchen bzw. deren Einfluss auf bestimmte Kennwerte zu berücksichtigen (Pötsch und Resch, 2007; Weichselbaum, 2015).

Spektrometrie: Diese zerstörungsfreie Erhebungsmethode ermöglicht die Analyse von biologischen Systemen hin-

sichtlich ihrer Komponenten, Strukturen und molekularer Wirkungsweisen. Zur Charakterisierung von Pflanzenbeständen und deren Entwicklungsdynamik können mittels der Spektrometrie zahlreiche Indices ermittelt und diese in Beziehung zu referenzierten Erhebungen gesetzt werden. Es bestehen aber auch Ansätze, diverse Unkräuter mittels spektrometrischer Verfahren zu detektieren (z.B. Glenn *et al.*, 2005). Zurzeit ist die Anwendung dieser modernen Erhebungstechnik allerdings noch der Forschung vorbehalten, zukünftig ist aber mit einem stärkeren Einsatz etwa im Bereich der Fernerkundung zu rechnen (Schaumberger u.a., 2015).

Schlussfolgerungen

Die Auswahl einer geeigneten Methode für die botanische Charakterisierung des Pflanzenbestandes soll sich nach mehreren Kriterien orientieren. Das Ziel der Untersuchung bestimmt in erster Linie die Auswahl des zu erhebenden Parameters. So ist zum Beispiel ein direkter Bezug zur Phytomasse durch die Erfassung von Ertragsanteilen empfehlenswert, wenn der Fokus der Untersuchung eher auf der Futterqualität liegt. Wenn jedoch die Verteilung der Arten im Bestand von Interesse ist, kann dies durch die Untersuchung der Frequenz am besten beschrieben werden. Nicht zu vergessen ist die geplante Nutzung der Ergebnisse in Kombination mit unterschiedlichen Indikatoren. Während ökologische Zeigerwerte in der Regel in der Vegetationsökologie in Kombination mit Deckungsgraddaten oder Ertragsanteilen verwendet werden (Spatz *et al.*, 1979; Briemle, 1997; Böhner, 2015), scheint die Verwendung von agronomisch bezogenen Indikatoren (Briemle *et al.*, 2002; Peeters, 2015) vor allem in Kombination mit Ertragsanteilen sinnvoll.

Die Auswahl der Methode für die Erhebung des ausgewählten Parameters hängt schließlich auch von der erwarteten respektive zu erzielenden Genauigkeit sowie vom vertretbaren Aufwand für die Durchführung und den verfügbaren Ressourcen ab.

Literatur

- Böhner, A. (2015): Bedeutung und Aktualität von Zeigerpflanzen im Grünland. Bericht zum 20. Alpenländischen Expertenforum „Bedeutung und Funktionen des Pflanzenbestandes im Grünland“, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, S 39.
- Böhner, A. und M. Sobotik (2000): Das Wirtschaftsgrünland im Mittleren Ennstal aus vegetationsökologischer Sicht. In: MAB-Forschungsbericht. Landschaft und Landwirtschaft im Wandel. Das Grünland im Berggebiet Österreichs. 22.-23. September 2000, Wien. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein. 195 S.
- Bonham, C.D. (2013): Measurements for terrestrial vegetation. 2. Edition. Wiley, Hoboken. 246 S.
- Bornkamm, R. und U. Hennig (1982): Experimentell-ökologische Untersuchungen zur Sukzession von ruderalen Pflanzengesellschaften auf unterschiedlichem Boden. I. Zusammensetzung der Vegetation. Flora (Jena), 172: 267-316.
- Briemle, G. (1997): Zur Anwendbarkeit ökologischer Wertzahlen im Grünland. Angewandte Botanik 71, 219–228.
- Briemle, G., S. Nitsche und L. Nitsche (2002): Nutzungswertzahlen für Gefäßpflanzen des Grünlandes. Schriftenreihe für Vegetationskunde 38: 203-225.
- Braun-Blanquet, J. (1951): Pflanzensoziologische Grundzüge der Vegetationskunde. 2. umgearbeitete und vermehrte Auflage, Springer-Verlag, Wien, 631 S.
- Burrough, P.A. (1986): Principles of Geographic Information Systems for Land Resource Assessments. Oxford University Press, Oxford, 193 pp.
- Copeland, O.L. (1965): Land use and ecological factors in relation to sediment yields. Proceedings of the Federal Inter-Agency Sedimentation Conference 2, 72–84.
- Daget, P., and J. Poissonet (1971): Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application. Annales Agronomique 22, 5–41.
- Dethier, M.N., E.S. Graham, S. Cohen and L.M. Tear (1993): Visual versus random-point percent cover estimations: 'objective' is not always better. Marine Ecology Progress Series, 96: 93-100.
- Dierschke, H. (1994): Pflanzensoziologie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 683 S.
- Dietl, W. (1995): Wandel der Wiesenvegetation im Schweizer Mittelland. Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz 4: 239–249.
- Everson, T.M., G.P.Y. Clarke and C.S. Everson (1990): Precision in monitoring plant species composition in montane grasslands. Vegetatio 88: pp. 135-141.
- Gauch, H.G. (1982): Multivariate analysis in community ecology. Cambridge studies in ecology, 1. Cambridge University Press, Cambridge, 298 S.
- Glenn, N.F., J.T. Mundt, K.T. Weber, T.S. Prather, L.W. Lass and J. Pettingill (2005): Hyperspectral data processing for repeat detection of small infestations of leafy spurge. Remote Sensing of Environment, 95(3), 399-412.
- Goodall, D.W. (1952): Some considerations in the use of point quadrats for the analysis of vegetation. Australian Journal of Scientific Research 5: 1–41.
- Goodall, D.W. (1953): Point quadrat methods for the analysis of vegetation. The treatment of data for tussock grasses. Australian Journal of Botany 1: 457–461.
- Greig-Smith, P. (1983): Quantitative plant ecology. Third edition, University of California Press, Berkeley, Los Angeles, 360 S.
- Gusmeroli, F. (2012): Prati, pascoli e paesaggio alpino. SoZooAlp, San Michele all'Adige, 264 S.
- Hanson, H.C. (1934): A comparison of methods of botanical analysis of the native prairie in western North Dakota. J. Agr. Res 49 (9): 815-842.
- Kirmer, A. (2004): Methodische Grundlagen und Ergebnisse initiiert Vegetationsentwicklung auf xerothermen Extremstandorten des ehemaligen Braunkohletagebaus in Sachsen-Anhalt. Dissertationes Botanicae, 385. Cramer, Berlin, Stuttgart, 167 S.
- Klapp, E. (1930): Zum Ausbau der Graslandbestandsaufnahme zu wissenschaftlichen Zwecken. Pflanzenbau 6: 197-210.
- Johnston, A. (1957): A comparison of the line interception, vertical point quadrat, and loop methods as used in measuring basal area of grassland vegetation. Canadian Journal of Plant Science 37 (1): 34-42.
- Leps, J. and V. Hadincová (1992): How reliable are our vegetation analyses? Journal of Vegetation Science 3 (1): 119-124.
- Levy, F.B. and E.A. Madden (1933): The point method of pasture analysis. New Zealand Journal of Experimental Agriculture 46: 267–279.
- Linse, S.J., D.E. Mergen, J.L. Smith and M.J. Trlica (2001): Upland erosion under a simulated most damaging storm. Journal of Range Management 54: 356–361.
- Londo, G. (1976): The decimal scale for relevés of permanent quadrats. Vegetatio, 33: 61-64.
- Müller-Dombois D. and H. Ellenberg (1974): Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons, New York, Sydney, London, Toronto, 547 S.
- Ostermann, O. (1991): Der Einfluß der Schafweide auf die Vegetationsdynamik der subalpinen Hakenkiefernbestände (*Pinus uncinata*

- Mill. ex Mirbel). Methoden und Ergebnisse im Vercors, Frankreich. Dissertation, Georg-August-Universität zu Göttingen.
- Peeters, A. (2015): Synthesis of systems of European grassland typologies at plot, farm and region levels. *Grassland Science in Europe*, Vol. 20. "Grassland and forages in high output dairy farming systems", 116-118.
- Peratoner, G. (2003): Organic seed propagation of alpine species and their use in ecological restoration of ski runs in mountain regions. Kassel University Press, Kassel, 240 S.
- Pfadenhauer J., P. Poschlod und R. Buchwald (1986): Überlegungen zu einem Konzept geobotanischer Dauerbeobachtungsflächen für Bayern. Teil I. Methodik der Anlage und Aufnahme. *Ber. ANL* 10, 41-60.
- Pötsch, E.M. und R. Resch (2007): In-vitro digestibility and energy concentration of different legumes - results from the COST 852 experiment in Austria. Quality legume- based forage systems for contrasting environments, edited by Aslaug Helgadottir and Erich M. Poetsch, 145-148.
- Raunkiaer, C. (1934): The life forms of plants and statistical plant geography. Clarendon Univ. Press, xviii + 450 pp.
- Schaumberger, A. und J. Schellberg (2015): Spektrometrie – moderne, nicht invasive Erfassungstechnik von Pflanzenbeständen. Bericht zum 20. Alpenländischen Expertenforum „Bedeutung und Funktionen des Pflanzenbestandes im Grünland“, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, S 23.
- Schechtner, G. (1958): Grünlandsoziologische Bestandsaufnahme mittels "Flächenprozentschätzung". *Z. Acker- und Pflanzenbau* 105: 33-43.
- Spatz, G., L. Pletl und A. Mangstl (1979): Programm OEKSYN zur ökologischen und synsystematischen Auswertung von Pflanzenbestandsaufnahmen. In: H. Ellenberg (Hg.): *Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas*. 2. verbesserte und erweiterte Auflage. Göttingen (Scripta geobotanica, 9), S. 29–36.
- Stampfli, A. (1991): Accurate determination of vegetational change in meadows by successive point quadrat analysis. *Vegetatio* 96: 185–194.
- Traxler, A. (1997): Handbuch des vegetationsökologischen Monitorings. Methoden, Praxis, angewandte Projekte. Teil A: Methoden. Monographien, 89A Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Wien, 397 S.
- Tüxen, R. (1972): Kritische Bemerkungen zur Interpretation pflanzensoziologischer Tabellen. In: van der Maarel, E. & Tüxen, R. (eds.), *Grundfragen und Methoden der Pflanzensoziologie*, pp. 168-182, Den Haag.
- Van Der Maarel, E. (1979): Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effect on community similarity. *Vegetatio* 39: 97–114.
- Voigtländer, G. und N. Voss (1979): Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung. Grünland - Feldfutter - Rasen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 207 S.
- Weichselbaum, F. (2015): Auswirkung unterschiedlicher Düngungsniveaus im Dauergrünland auf die Proteinfractionierung im Grundfutter. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien, 86 S.
- Weinzierl, T. (1902): Alpine Futterbauversuche, zugleich II. Bericht über die im alpinen Versuchsgarten auf der Sandlingalpe durchgeführten wissenschaftlich-praktischen Untersuchungen in den Jahren 1890-1900. Verlag W. Frick, k.k. Hofbuchhandlung, Wien, 276 S.
- Whalley R.D.B. and M.B. Hardy (2000): Measuring botanical composition of grasslands. In: *Field laboratory methods for grassland and animal production research*, edited by L. t. Manette and R.M. Jones, CABI Publishing, ISBN 0 85199 351 6, 447 pp.
- Wilmanns, O. (1989): *Ökologische Pflanzensoziologie*. 4. Aufl., UTB 269, Quelle & Meyer, Heidelberg, 382 S.
- Zacharias, D. (1996): Vegetationskundliche Dauerbeobachtung: Konzepte und Beispiele aus der Praxis Niedersachsens. In: *Umweltbundesamt (ed.), Tagungsmappe zum Seminar on Monitoring for Nature*.