©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tuexenia 8: 295–305. Göttingen 1988.

Untersuchungen zur Anlage und Beobachtung von Dauerprobeflächen in der Krautschicht von Buchenwäldern

– Heinz Neite –

Zusammenfassung

14 Kalk-Buchenwälder des Teutoburger Waldes wurden pflanzensoziologisch nach der Methode von BRAUN-BLANQUET aufgenommen. Zusätzlich wurde die Deckung der krautigen Arten auf jeder Untersuchungsfläche in Anlehnung an die LONDO-Skala in 20 jeweils 1m² großen Klein-Quadraten notiert und die mittlere Deckung für jede Art berechnet. Anhand ihrer Artenzahlen, Gesamtdeckungen, Homogenitäten, Dominanzstrukturen und mittleren Zeigerwerte werden beide Aufnahme-Methoden miteinander verglichen.

Die Klein-Quadrate weisen signifikant geringere Artenzahlen und Gesamtdeckungen auf. In ihrer Dominanzstruktur, die durch Vielfältigkeits-Diagramme dargestellt wird, und in ihren mittleren Zeigerwerten unterscheiden sich beide Aufnahme-Methoden jedoch nicht. Belastungen der Untersuchungsflächen sind nach langjährigen Beobachtungen dann zu vermuten, wenn sich die Dominanzstrukturen auf zahlreichen Probeflächen gegenüber Kontrollflächen gleichgerichtet verändert haben. Die Berechnung der mittleren Zeigerwerte kann erste Hinweise auf die Art der Belastung geben, ökologische Standortsuntersuchungen aber nicht ersetzen.

Abstract

In the Teutoburger Wald 14 beech forests on limestone were described by the BRAUN-BLANQUET method. The herb layer of each forests was also analysed by applying the LONDO scale to 20 small permanent plots (1 m²) and calculating the mean cover for each species. Results of these releve methods were compared in terms of number of species, total cover, distribution of plants, dominance structure and mean indicator values.

The permanent plots show significantly fewer species and total cover. The relevé methods do not suggest different dominance structure which is described by diversity diagrams and by mean indicator values. In the investigation areas loads were supposed after long observations, if the dominance structure changed in many plots in the same direction, as compared to not loaded areas. The calculation of mean indicator values can give initial information about the kind of load, but cannot substitute for ecological investigations.

Einleitung

Dauerprobeflächen werden in neuerer Zeit auf zahlreichen Untersuchungsflächen eingerichtet, um „den künftigen Vegetationswandel exakter zu dokumentieren, als den bisherigen" (ELLENBERG 1982). Ein Ziel ist dabei auch passives Umweltmonitoring, d.h. die Erfassung der Auswirkungen anthropogener Belastungen (z.B. durch Immissionen) auf Struktur und Zusammensetzung von Pflanzengemeinschaften (PFADENHAUER et al. 1986). Bei der Anlage von Dauerprobeflächen werden im Vergleich zur gesamten Untersuchungsfläche relativ kleine Gebiete abgegrenzt und in regelmäßigen Abständen genau kartiert. Die angelegten Dauerprobeflächen erreichen jedoch in ihrer Größe vor allem in Wäldern nicht die in diesen Pflanzengesellschaften zur Erfassung aller Arten notwendigen Minimumareale (vgl. MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG 1974). Es wird somit bewußt zugunsten einer möglichst detailierten Kartierung auf die Erfassung des kompletten Arteninventars der gesamten Untersuchungsfläche verzichtet. Bei der kleinmaßstäblichen Beobachtung der Krautschicht in Dauerprobeflächen wird also vorausgesetzt, daß dabei nicht die absolute Artenzahl ökologisch relevant ist, sondern die Mengenanteile der Arten untereinander, also die Dominanzverhältnisse (HAEUPLER 1982).

Ziel der vorliegenden Untersuchungen ist es, die Frage zu klären, ob der bei der Beobachtung von kleinen Dauerprobeflächen auftretende Verlust an Arten von Anfang an auch den Ver-

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

zicht auf Informationen über die Dominanzstrukturen der gesamten Untersuchungsfläche bedeutet. Gleichzeitig soll überprüft werden, ob mit der gewählten Beobachtungsmethode die ökologische Charakterisierung der Untersuchungsflächen am Beispiel der Berechnung der mittleren Zeigerwerte noch gewährleistet ist. Schließlich wird diskutiert, inwieweit sich die Dominanzstrukturen und mittleren Zeigerwerte der Krautschicht kleiner Dauerprobeflächen zur Beurteilung von Veränderungen in den Untersuchungsflächen eignen.

Methoden

1. Untersuchungsgebiete

Die Untersuchungen wurden in 14 verschiedenen Kalk-Buchenwäldern des Teutoburger Waldes im Rahmen weiterer boden- und vegetationskundlicher Untersuchungen durchgeführt (NEITE 1987).

Die etwa 100- bis 120-jährigen Buchenbestände stocken auf flachgründigen Rendzinen mit hoch anstehendem Kalkgestein im Untergrund, das geologisch den Cenoman- und Turon-Schichten der Oberkreide zuzuordnen ist. Die pH($CaCl_2$)-Werte der oberen 5cm des Mineralbodens liegen im Mittel bei 4.4, die Basensättigung ist mit über 90% relativ hoch, und als Humusform überwiegt in den untersuchten Böden Mull bei C/N-Verhältnissen von unter 14.

Es wurden jeweils Buchenwälder ausgewählt, in deren Baumschicht die Buche dominiert, die nur in wenigen Fällen eine Strauchschicht aufweisen und eine nahezu geschlossene Krautschicht (Deckung mindestens 95%) besitzen (Tab.1). Anhand bezeichnender Differentialarten (vgl. DIEMONT 1938; BURRICHTER 1953) lassen sich 9 Untersuchungsflächen der grasreichen und 5 der krautreichen Ausbildung des Kalk-Buchenwaldes zuordnen (Tab.1). Die floristischen Unterschiede der beiden Typen sind nach DIEMONT (1938) und BURRICHTER (1953) in den verschiedenen lokalklimatischen Verhältnissen der Standorte begründet. Die grasreiche Ausbildung der Kalk-Buchenwälder wächst vorwiegend auf den südlich exponierten Hängen des Teutoburger Waldes, während der krautreiche Kalk-Buchenwald die leeseitigen, schattigen und feuchteren Nord- und Nordosthänge bedeckt. In höheren Lagen (über 300m) greift diese Ausbildung aber auch auf die Südhänge über, da hier aufgrund der höheren Nebelhäufigkeit noch genügend feuchte Bedingungen herrschen.

2. Vegetationsaufnahmen

Die untersuchten Kalk-Buchenwälder wurden Anfang bis Mitte Mai pflanzensoziologisch nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964) aufgenommen. Zusätzlich wurden die untersuchten Flächen noch Ende März, Ende Juli und Mitte September des gleichen Jahres aufgesucht, um das komplette Arteninventar zu erfassen. Die vom Stammablauf der Buchen beeinflußten Bereiche der Krautschicht wurden bei der Kartierung ausgespart, da sie sich sowohl boden- als auch vegetationskundlich deutlich von der übrigen Bestandesfläche unterscheiden und als Sonderstandorte angesehen werden müssen (JOCHHEIM 1985; NEITE 1987).

Auf jeder Fläche wurde zusätzlich während der Aufnahmezeit von Anfang bis Mitte Mai die Vegetation von 20 Klein-Quadraten von jeweils 1 m^2 Größe aufgenommen. Voruntersuchungen ergaben, daß mit der Aufnahme von nur 10 Klein-Quadraten die Dominanzverhältnisse der Arten der gesamten Untersuchungsflächen nicht erfaßt werden. Die Flächen wurden beiderseits von je 10 markierten Buchen in einem Abstand von mindestens 2 m in nicht vom Stammablaufwasser beeinflußten Bereichen der Krautschicht gelegt. In jedem Klein-Quadrat wurde die Deckung der krautigen Arten in Anlehnung an die LONDO-Skala (LONDO 1975) nach einer gleichmäßig eingeteilten 10-teiligen Skala notiert. Dabei wurde einer Deckung von 0–10% ein Wert von 5%, einer Deckung von 10–20% ein Wert von 15% usw. zugeordnet. Es wurde schließlich für jede Fläche die mittlere Deckung einer Art aus den 20 Einzelaufnahmen ermittelt (Tab. 2).

Den Deckungsgradklassen (+, 1, 2, 3, 4 und 5) der BRAUN-BLANQUET-Skala werden folgende Deckungswerte zugeordnet: 0.2, 2.5, 15.0, 37.5, 62.5 und 87.5% (vgl. HAEUPLER

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tab. 1: Pflanzensoziologische Aufnahmen der untersuchten Kalk-Buchenwälder des Teutoburger Waldes. Aufn. 1-9: grasreiche Ausbildung; Aufn. 10-14: krautreiche Ausbildung.

	grasreicher Kalk-Buchenwald									krautreicher Kalk-Buchenwald				
Laufende Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Untersuchungsfläche Nr	11	05	06	07	14	01	09	10	04	12	02	03	08	13
Höhe über NN (m)	240	240	200	250	300	145	265	240	245	345	260	260	300	350
Exposition	SW	S	WSW	WSW	OSO	SSW	SW	SSW	S	SW	SSW	ONO	S	SSO
Inklination (°)	18	21	15	22	17	21	17	27	26	25	16	29	17	25
Höhe der Baumschicht (m)	25	26	27	18	29	23	20	19	24	19	26	28	21	24
Alter der Bäume (Jahre)	100	130	110	100	110	90	90	110	100	90	110	110	110	100
Baumschicht (Deckung, %)	95	90	90	85	95	85	95	95	95	95	95	85	95	95
Strauchschicht (Deckung, %)	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5
Krautschicht (Deckung, %)	100	100	100	100	100	95	95	95	95	95	95	100	95	95
Artenzahl (Krautschicht)	20	25	24	24	25	28	18	23	26	25	15	29	16	8
Flächengröße (m²)	900	1000	1000	800	1500	800	600	1500	1200	1500	900	600	400	400
Baumschicht														
Fagus sylvatica	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraxinus excelsior	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+
Carpinus betulus	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Quercus robur	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Prunus avium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Strauchschicht, Juv und Klg														
Fagus sylvatica	1	+	1	1	1	1	+	1	+	+	1	1	1	+
Fraxinus excelsior	.	+	+	+	+	1	.	.	1	.	+	+	.	.
Sambucus nigra	.	+	1	+	.	+	.	.	1	.	1	+	.	.
Hedera helix	.	.	+	+	+	1	.	+	+	.	+	.	.	.
Rubus fruticosus agg	+	+	.	.	1	1	.	+	+	.	.	.	.	.
Crataegus laevigata agg	.	.	.	+	+	.	.	+	.	1	+	.	.	.
Rubus idaeus	.	1	.	.	1	+	.	.	.	.	.	+	.	.
Rosa canina	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.
Prunus avium	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.
Acer platanoides	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Acer pseudoplatanus	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carpinus betulus	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Acer campestre	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Crataegus monogyna	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Quercus robur	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Ilex aquifolium	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Euonymus europaea	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Cornus sanguinea	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Sorbus aucuparia	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Sambucus racemosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Krautschicht														
-Differentialarten des grasreichen Kalk-Buchenwaldes														
Melica uniflora	5	5	5	5	5	4	4	4	4	1	+	.	.	.
Vicia sepium	1	2	2	.	+	+	1	+	1	+	.	.	.	.
Brachypodium sylvaticum	+	+	.	.	.	+	+	+	+	+	.	.	.	.
Lathyrus vernus	.	+	+	+	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.
Hordelymus europaeus	.	2	2	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dactylis polygama	.	.	.	.	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.
-Differentialarten des krautreichen Kalk-Buchenwaldes														
Arum maculatum	+	1	1	+	1	+	+	1	1	1	1	1	1	1
Mercurialis perennis	.	.	.	+	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5
Anemone ranunculoides	.	1	1	+	1	.	1	.	+	1	1	1	+	+
Allium ursinum	.	1	+	2	.	.	.	.	+	1	1	3	1	.
Corydalis cava	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	4	3	.	.
Ranunculus ficaria	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
-Fagion-VC-, Fagetalia-OC-, Querco-Fagetea-KC-Arten														
Lamiastrum galeobdolon	1	2	2	2	1	2	1	.	2	1	1	2	+	.
Anemone nemorosa	1	2	2	2	+	2	1	1	1	+	.	1	+	.
Galium odoratum	2	2	2	.	1	1	.	1	1	2	+	2	.	1
Viola reichenbachiana	1	+	+	+	+	2	+	1	+	.	.	+	+	.
Milium effusum	1	2	2	+	1	.	.	.	2	1	+	+	.	+

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Laufende Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Untersuchungsfläche Nr	11	05	06	07	14	01	09	10	04	12	02	03	08	13
Alliaria petiolata	+	+	.	1	.	+	.	.	1	1	+	2	+	+
Polygonatum multiflorum	.	+	+	+	1	1	+	.	+	.	1	1	1	.
Campanula trachelium	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	.	+	.	.
Moehringia trinervia	+	.	+	+	+	+	+	+	+	+	.	.	+	.
Mycelis muralis	+	.	.	.	+	+	+	+	1	+	.	1	+	.
Poa nemoralis	+	1	+	.	.	+	+	+	1	+	.	.	.	+
Dryopteris filix-mas	.	.	.	+	.	.	.	+	+	+	+	+	.	.
Carex sylvatica	1	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	+	.
Circaea lutetiana	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.
Scrophularia nodosa	.	.	+	.	+	.	.	+	.	.	.	+	.	.
Festuca gigantea	+	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Hepatica nobilis	.	.	.	+	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.
Sanicula europaea	.	.	.	+	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Cynanchum vincetoxicum	.	.	.	+	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Stachys sylvatica	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Epilobium montanum	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Convallaria majalis	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bromus benekenii	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Epipactis helleborine	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Hypericum montanum	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Pulmonaria officinalis	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Hieracium sylvaticum	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Phyteuma spicatum	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
Carex digitata	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Primula elatior	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Actaea spicata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
-Begleiter														
Oxalis acetosella	2	+	2	+	1	.	+	.	.	1	+	+	1	+
Urtica dioica	1	1	+	.	+	+	.	+	+	.	.	+	+	.
Athyrium filix-femina	.	+	.	+	+	.	.	.	.	.	+	+	.	.
Geranium robertianum	.	.	+	+	.	.	+	.	+	.	.	+	.	.
Galium aparine	.	+	+	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Glechoma hederacea	+	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	+	.	.
Atropa bella-donna	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.
Impatiens parviflora	.	+	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.
Dryopteris dilatata	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.
Dryopteris carthusiana	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.
Galeopsis tetrahit	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Luzula luzuloides	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Fragaria vesca	.	.	.	.	.	1	.	+	.	.	.	.	.	.
Carex muricata agg	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Torilis japonica	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Veronica chamaedrys	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Arctium nemorosum	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Taraxacum officinale	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Myosotis sylvatica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.

1982). Die mittleren Reaktionszahlen wurden für die Gesamtflächen und die Klein-Quadrate nach ELLENBERG (1979) berechnet.

Ergebnisse

1. Artenzahl

Von den insgesamt in den 14 Flächen vorkommenden 62 verschiedenen Arten werden 48 (77%) auch in den Klein-Quadraten wiedergefunden (Tab. 2). Die 14 dort nicht erfaßten Arten treten in den untersuchten Beständen alle mit geringer Stetigkeit und geringem Deckungsgrad (+) auf. Davon werden pflanzensoziologisch sieben Arten als Begleiter und sieben als *Fagetalia*-Ordnungs- bzw. *Querco-Fagetea*-Klassen-Charakterarten beschrieben, wobei nur *Dactylis polygama,* die in drei Untersuchungsflächen (Nr. 1, 10 und 14) auftritt, eine Differentialart der grasreichen Kalk-Buchenwälder ist. Mit Ausnahme dieser Art sind die fehlenden Arten für die synsystematische Einordnung der Flächen nur von geringer Bedeutung.

Bei der Aufnahme der Klein-Quadrate (Flächengröße: 20 m^2) wird das für die Krautschicht von Wäldern angegebene Minimumareal von 50 bis 200 m^2 (vgl. MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG 1974) nicht erreicht. Mit der gewählten Aufnahmemethode werden im Mittel nur 62% der Arten einer Fläche erfaßt (Tab. 3). In den Extremen werden auf der Fläche 6 83% und auf der Fläche 10 nur 39% der vorkommenden Arten notiert.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tab. 2: Mittlere Deckungswerte (in %) der Krautschichtarten in den Klein-Quadraten der 14 Untersuchungsflächen.

Laufende Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Untersuchungsfläche Nr	11	05	06	07	14	01	09	10	04	12	02	03	08	13
Krautschicht														
-Differentialarten des grasreichen Kalk-Buchenwaldes														
Melica uniflora	70.0	78.0	92.0	87.0	88.0	70.0	87.0	27.0	61.0	1.0	.	.	.	.
Vicia sepium	2.0	14.0	5.0	.	.	.	2.0	1.0	3.0	0.2	.	.	.	.
Brachypodium sylvaticum	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lathyrus vernus	.	2.0	0.2	0.2	.	.	.	0.5	.	.	.	.	.	.
Hordelymus europaeus	.	6.0	7.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-Differentialarten des krautreichen Kalk-Buchenwaldes														
Arum maculatum	.	0.2	0.2	.	1.0	.	.	.	0.2	0.2	0.5	0.2	4.0	0.5
Mercurialis perennis	.	.	.	.	16.0	17.0	14.0	58.0	23.0	85.0	53.0	57.0	92.0	85.0
Anemone ranunculoides	.	4.0	3.0	1.0	.	.	0.5	.	0.2	2.0	2.0	.	0.2	5.0
Allium ursinum	.	2.0	2.0	20.0	.	.	.	.	0.2	0.5	.	22.0	0.5	.
Corydalis cava	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	43.0	6.0	.	.
Ranunculus ficaria	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0	.	.	.
-Fagion-VC-, Fagetalia-OC-, Querco-Fagetea-KC-Arten														
Lamiastrum galeobdolon	1.0	9.0	7.0	15.0	0.2	14.0	0.2	.	8.0	.	5.0	14.0	1.0	.
Anemone nemorosa	0.2	4.0	5.0	4.0	1.0	17.0	2.0	3.0	0.8	2.0	.	.	.	.
Galium odoratum	12.0	12.0	9.0	.	1.0	9.0	.	1.0	3.0	9.0	0.2	5.0	.	1.0
Viola reichenbachiana	0.5	.	0.2	0.2	0.2	7.0	0.2	0.5	0.2	.	.	.	0.2	.
Milium effusum	2.0	11.0	7.0	0.2	0.5	.	.	.	7.0	2.0	.	0.8	.	0.2
Alliaria petiolata	0.2	0.2	.	0.2	.	.	.	.	1.0	0.5	.	12.0	.	.
Polygonatum multiflorum	.	.	0.2	0.5	0.2	1.0	.	.	0.2	.	0.2	1.0	.	.
Campanula trachelium	.	.	2.0	0.5	.	1.0	.	.	0.5	.	.	.	.	.
Moehringia trinervia	0.2	.	.	.	.	.	.	.	0.2	0.2	.	.	.	.
Mycelis muralis	0.5	.	.	.	.	1.0	.	.	0.8	0.5	.	0.8	.	.
Poa nemoralis	0.2	4.0	0.2	.	.	1.0	.	.	0.8	0.2	.	.	.	.
Dryopteris filix-mas	.	.	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex sylvatica	2.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.2	.
Circaea lutetiana	.	0.5	1.0	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0	.	.
Scrophularia nodosa	.	.	.	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Festuca gigantea	.	.	.	.	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.
Hepatica nobilis	.	.	.	0.5	.	.	.	0.2	.	.	.	.	.	.
Sanicula europaea	.	.	.	.	.	3.0	.	.	.	.	.	.	.	.
Cynanchum vincetoxicum	.	.	.	.	.	.	.	0.5	.	.	.	.	.	.
Stachys sylvatica	.	.	.	.	0.2	.	.	.	.	.	.	0.2	.	.
Epilobium montanum	.	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Convallaria majalis	.	.	.	3.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bromus benekenii	.	.	.	.	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.
Hieracium sylvaticum	.	.	.	.	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.
Phyteuma spicatum	.	.	.	.	.	.	2.0	.	.	.	.	.	.	.
-Begleiter														
Oxalis acetosella	4.0	0.2	2.0	.	1.0	.	.	.	.	0.2	0.5	0.2	0.2	3.0
Urtica dioica	0.2	2.0	0.2	.	.	.	.	.	0.2	.	.	0.2	.	.
Athyrium filix-femina	.	.	.	1.0	.	.	.	.	.	.	.	0.2	.	.
Geranium robertianum	.	.	0.2	.	.	.	.	.	0.2	.	.	4.0	.	.
Galium aparine	.	.	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Glechoma hederacea	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.2	.	.
Atropa bella-donna	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.2	.	.
Impatiens parviflora	.	.	.	.	.	9.0	.	.	.	.	.	6.0	.	.
Dryopteris dilatata	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dryopteris carthusiana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.2	.	.
Galeopsis tetrahit	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Fragaria vesca	.	.	.	.	.	2.0	.	.	.	.	.	.	.	.

2. Deckung und Homogenität

Die aus der Summe der Deckungswerte der einzelnen Arten resultierende Gesamtdeckung erreicht in den Klein-Quadraten im Mittel nur 82% des Wertes, der sich nach der Methode von BRAUN-BLANQUET ergibt (Tab. 3). Dieser Rückgang ist jedoch nicht auf nicht kartierte Arten, sondern in ersten Linie auf die unterschiedliche Angabe der Deckung einzelner Arten, die z.T. nur fleckenweise auftreten und durch die Klein-Quadrate nur in wenigen Fällen erfaßt werden, zurückzuführen. So wird der herdenbildende Frühjahrsgeophyt *Corydalis cava* auf der Fläche 2 und 3 mit einem Deckungsgrad von 4 bzw. 3 geschätzt, während in den Klein-Quadraten nur Werte von 43 bzw. 6%, also 20 bis 30% geringere Deckungswerte, erreicht werden (Tab. 1 und 2).

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tab. 3: Artenzahl (n), Gesamtdeckung (N) in %, Diversität (D) und Evenness (E) der Aufnahmen der Gesamtflächen und Klein-Quadrate der 14 Untersuchungsflächen, sowie Angabe des Soerensen-Index (J_S) und der Prozentualen Ähnlichkeit ($J_{PÄ}$). Signifikante Unterschiede ($P < 5\%$) zwischen den Werten der Gesamtfläche und der Klein-Quadrate sind mit * markiert.

	----Gesamtfläche----				---Klein-Quadrate---				Soerensen-	Prozent.
Nr	-n	-N-	--D-	--E-	-n	-N-	--D-	--E-	Index	Ähnlichk.
01	28	139	1.85	55.5	16	153	1.83	66.1	72.7	86.0
02	15	139	1.16	42.8	9	105	1.05	47.8	75.0	83.3
03	29	203	2.05	60.9	20	131	1.85	61.7	81.6	73.7
04	26	151	1.78	54.6	19	111	1.48	50.3	84.4	83.7
05	25	193	1.93	59.8	19	150	1.79	60.8	86.4	84.5
06	24	203	1.96	61.8	20	144	1.50	50.1	90.9	78.0
07	24	154	1.45	45.6	16	134	1.19	43.1	80.0	87.9
08	16	100	0.61	22.0	8	98	0.32	15.2	69.6	92.5
09	18	115	1.24	42.7	8	108	0.71	34.1	61.5	74.9
10	23	116	1.29	41.1	9	92	0.96	43.6	56.3	67.1
11	20	137	1.37	45.7	15	95	1.04	38.4	82.4	81.6
12	25	101	1.50	46.6	14	104	0.79	29.8	71.8	77.4
13	8	94	0.32	15.5	6	95	0.45	25.1	85.7	92.6
14	25	123	1.20	37.3	12	110	0.71	28.6	68.6	92.3
$\bar{x}$	22	141	1.41	45.1	14*	116*	1.12	42.5	76.2	82.5
s	6	37	0.50	13.7	5	22	0.51	14.9	10.0	7.7

Diversität (D)

$$D = -\sum_{i=1}^{n} p_i \ln p_i$$

$$p_i = \frac{\text{Deckung einer Art i}}{\text{Gesamtdeckung (N)}}$$

n = Artenzahl

Evenness (E)

$$E = \frac{D}{\ln n} \times 100$$

Soerensen-Index (J_S)

$$J_S = \frac{2 \times \Sigma AB}{\Sigma A + \Sigma B} \times 100$$

A = Arten der Fläche A
B = Arten der Fläche B
AB= gemeinsame Arten der Flächen A und B

Prozentuale Ähnlichkeit ($J_{PÄ}$)

$$J_{PÄ} = \frac{2 \times \Sigma P_{min}}{\Sigma P_A + \Sigma P_B} \times 100$$

P_{min}= kleinerer Deckungswert einer gemeinsamen Art

$P_{A,B}$= Deckungswerte aller Arten der Flächen A und B

Herdenbildende Arten sind in den untersuchten Kalk-Buchenwäldern häufig nicht homogen verteilt. Die Erfassung der Homogenität ist in erster Linie von der Größe der Untersuchungsflächen bzw. von der Anzahl und Lage der Klein-Quadrate abhängig. In Tab. 4 sind als Beispiele für homogen verteilte Arten *Lamiastrum galeobdolon* und *Viola reichenbachiana* angegeben, während *Campanula trachelium* und *Moehringia trinervia* in den Untersuchungsflächen zwar mit hoher Stetigkeit aber geringer Deckung und nicht homogener Verteilung vorkommen. Homogen verteilte Arten werden durch die Klein-Quadrate gut erfaßt, während inhomogen verteilte Arten wesentlich seltener notiert werden.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tab. 4: Vorkommen (X) ausgewählter Arten in den Gesamtflächen (G) und Klein-Quadraten (K) der 14 Untersuchungsflächen, sowie Angabe der Summe der Vorkommen.

Fläche	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Σ
Lamiastrum	G	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		12
galeobdolon	K	X	X	X	X	X	X	X		X	-	X	X	X		11
Viola	G	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X		11
reichenbachiana	K	X	-	X	X	X	X	X	X	X			-	X		9
Campanula	G		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			10
trachelium	K		-	X	X	-	X	-	-	X	-		-			4
Moehringia	G	X		X	X	X	X	X	X	X	X			X		10
trinervia	K	X		-	-	-	-	-	-	X	X			-		3

Bei der Aufnahme der Klein-Quadrate sind es vor allem Arten mit dem Deckungsgrad 2, die nur selten mit mehr als 15% Deckung angegeben werden. Auch hier erscheint eine Unterteilung der BRAUN-BLANQUET-Deckungsgradklasse 2 in die Klassen 2a (5–15%) und 2b (15–25%) sinnvoll.

3. Soerensen-Index und Prozentuale Ähnlichkeit

Die Artenzahlen (n) und Gesamtdeckungen (N) zweier Vegetationsaufnahmen lassen sich durch den SOERENSEN-Index, der die Artpräsenz berücksichtigt, und die Prozentuale Ähnlichkeit, in der die Artmächtigkeit in Form der Deckung mit einbezogen wird, vergleichen (GOODALL 1982). Der SOERENSEN-Index spiegelt den Artenrückgang wieder, d.h. er nimmt bei Artenverlust ab (Tab. 3), während die Verringerung der Gesamtdeckung bzw. der Deckung einzelner Arten durch eine Veränderung der Prozentualen Ähnlichkeit zwischen den beiden Kartierungs-Methoden deutlich wird (Tab. 3). Niedrige Ähnlichkeits-Werte sind auf die Angabe von z.T. sehr unterschiedlichen Deckungsangaben einzelner Arten durch die beiden Kartierungs-Methoden zurückzuführen. So weist die Fläche 9 bei annähernd gleicher Gesamtdeckung nur einen Ähnlichkeits-Wert von 74,9% auf. Hier ist *Melica uniflora* nach BRAUN-BLANQUET mit dem Deckungsgrad 4 angegeben, während in den Klein-Quadraten 87,0% Deckung erreicht werden. Auf der anderen Seite wird *Mercurialis perennis* im ersten Fall mit dem Deckungsgrad 3 angegeben, im zweiten Fall nur mit 14% Deckung. Die Fläche 10 weist den niedrigsten Ähnlichkeits-Wert auf (Tab. 3). Hier werden nach der BRAUN-BLANQUET-Methode *Melica* und *Mercurialis* wie auf Fläche 9 geschätzt (Tab. 1), während in den Klein-Quadraten, die vorwiegend in der Nähe von *Mercurialis*-Herden liegen, die Deckungswerte für *Melica* 27% und für *Mercurialis* 58% betragen (Tab. 2).

4. Evenness

Neben Artenzahl und Gesamtdeckung werden für Vegetationsaufnahmen noch deren Diversitäts- und Evenness-Werte angegeben. Die Evenness wird neben der Artenzahl zur Charakterisierung der Strukturen einer Pflanzengesellschaft herangezogen, wobei die Komplexität mit der Artenzahl und die Dominanzstrukturen mit der Evenness ausgedrückt werden. HELMECKE (1978) schlägt zur Auswertung von Dauerprobeflächen ebenfalls die Berechnung der Evenness vor, weil hierdurch das Verhältnis der Deckungen aller Arten zueinander und zur Gesamtdeckung berücksichtigt wird. Jede Pflanzengesellschaft hat nach HAEUPLER (1982) einen typischen mittleren Evenness-Wert, bzw. belegt nach FISCHER (1982) in einem Vielfältigkeitsdiagramm (Artenzahl n gegen Evenness E) ein charakteristisches n/E-Feld, das sich durch die Mittelwerte und deren Standardabweichung beschreiben läßt (Abb. 1). Während sich bei den beiden Aufnahmemethoden in der Artenzahl signifikante Unterschiede ergeben, ist

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

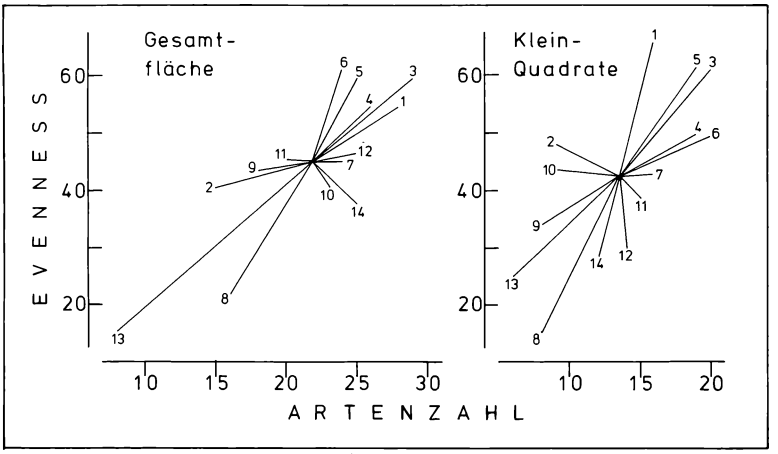


Abb. 1: Vielfältigkeits-Diagramme der Gesamtflächen und Klein-Quadrate. Die Einzelwerte sind mit den Mittelwerten durch Linien verbunden.

Tab. 5: Mittlere Licht(L)-, Feuchte(F)-, Reaktions(R)- und Stickstoff(N)-Zahlen nach ELLENBERG (1979) in den Gesamtflächen und Klein-Quadraten der 14 Untersuchungsflächen.

	---Gesamtfläche---				--Klein-Quadrate--			
Nr	mL	mF	mR	mN	mL	mF	mR	mN
01	4.1	5.2	6.6	6.0	3.8	5.1	6.6	5.6
02	2.9	5.7	6.5	6.6	2.6	5.9	6.8	6.6
03	3.7	5.6	6.5	6.7	3.6	5.7	6.4	6.6
04	3.4	5.3	6.5	6.3	3.4	5.3	6.6	6.4
05	3.7	5.4	6.5	6.4	3.6	5.4	6.4	6.4
06	3.6	5.3	6.5	6.4	3.2	5.3	6.5	6.2
07	3.7	5.1	6.5	6.2	3.8	5.1	6.6	6.2
08	3.0	5.5	6.6	6.8	2.5	5.7	6.8	6.8
09	3.3	5.2	6.5	6.0	3.0	5.2	7.0	6.0
10	4.2	5.0	6.5	5.9	3.6	4.4	6.9	5.0
11	3.9	5.4	6.3	6.2	3.6	5.2	6.1	6.0
12	3.8	5.5	6.3	6.6	3.2	5.4	6.3	6.5
13	3.1	5.6	6.1	6.5	2.5	5.8	6.2	6.7
14	3.4	5.5	6.3	6.1	2.9	5.6	6.2	6.1
$\bar{x}$	3.6	5.4	6.4	6.3	3.2	5.4	6.5	6.2

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

die Differenz zwischen den Evenness-Werten gering und nicht signifikant. Niedrige E-Werte werden stets in den artenärmeren Flächen (2, 8, 13) berechnet, während die artenreichsten Flächen (1, 3, 6) hohe E-Werte aufweisen. Ähnliches gilt für die entsprechenden Klein-Quadrate. Unabhängig von der gewählten Aufnahmemethode ergeben sich somit trotz signifikant unterschiedlicher mittlerer Artenzahlen ähnliche Evenness-Werte in den untersuchten Kalk-Buchenwäldern. Sie sind auch ein Indiz für die Existenz charakteristischer mittlerer E-Werte von Pflanzengesellschaften (vgl. HAEUPLER 1982).

5. Zeigerwerte

Die Berechnung der mittleren Zeigerwerte (Tab. 5) nach ELLENBERG (1979) bietet eine Möglichkeit zur Charakterisierung von Pflanzengesellschaften und ihrer Standorte (BÖCKER et al. 1983). Zusätzliche Informationen enthalten die Darstellungen der Zeigerwertspektren, die in Abb. 2 am Beispiel der Reaktionszahlen für beide Aufnahme-Methoden angegeben sind. Im Mittel liegen die mittleren R- und N-Werte der Klein-Quadrate nur um 0.1 Einheiten über denen der Gesamtfläche (Tab. 5). Die Unterschiede sind nicht signifikant. Dies gilt ebenfalls für die mittleren F-Werte, die für beide Aufnahme-Methoden mit 5.4 berechnet wurden. Die mittleren Lichtzahlen liegen mit Ausnahme der Fläche 7 in den Klein-Quadraten stets unter denen der Gesamtflächen. Dies wird auf die schattigere Lage der kleinen Flächen im Bestandesinnern, beiderseits der Probebäume, zurückgeführt. Daneben erscheinen in den Aufnahmen der Gesamtflächen z.T. Arten gestörter Standorte (z.B. Auflichtungszeiger) mit L-Werten von 6 und 7.

Die Spektren der Reaktionszahlen (Abb. 2) lassen ebenfalls nur geringe Differenzen zwischen den beiden Aufnahme-Methoden erkennen. Während die Arten mit einem R-Wert von 7 in ihrem prozentualen Anteil um mehr als 6% zunehmen, nimmt der Anteil der Arten mit R-Werten von 6 und 8 geringfügig ab. Als Grund für die beobachteten Unterschiede wird angenommen, daß in den untersuchten Kalk-Buchenwäldern die mit hoher Stetigkeit vorkommenden und homogen verteilten Arten mit R-Werten von 7 (z.B. *Lamiastrum galeobdolon* und *Viola reichenbachiana*) auch häufig in den Klein-Quadraten auftreten (vgl. Kap. 2.), während

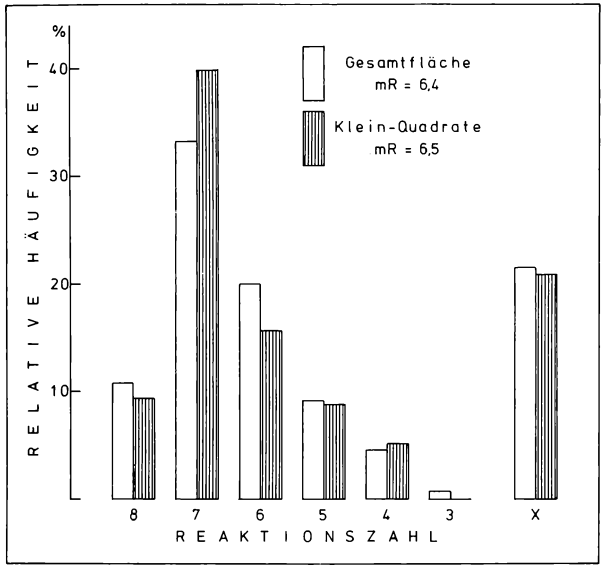


Abb. 2: Verteilung aller vorkommenden Arten über die Reaktionszahlen nach ELLENBERG (1979) auf allen Untersuchungsflächen, sowie Angabe der mittleren Reaktionszahlen aller Gesamtflächen und Klein-Quadrate.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

die ebenfalls mit hoher Stetigkeit aber inhomogener Verteilung in den Gesamtflächen auftretenden Arten mit R-Werten von 8 bzw. 6 (z.B. *Campanula trachelium* und *Moehringia trinervia)* in den Klein-Quadraten seltener erfaßt werden. Bei den übrigen R-Zahlen liegen die Differenzen bei unter 1%.

Diskussion

Werden bei Wiederholungsaufnahmen von Klein-Quadraten neue Arten gefunden, so läßt sich anhand eines einfachen Vergleiches der Artenlisten klären, ob die Arten neu in der Gesamtfläche aufgetreten, oder ob sie nur in die Klein-Quadrate eingewandert sind. Dieser Vergleich berücksichtigt das z.T. nur kurzfristige Auftreten inhomogen verteilter Arten (z.B. Therophyten), die bei den jährlichen Aufnahmen der Klein-Quadrate nicht immer erfaßt werden. Wegen der saisonalen und mehrjährigen Fluktuation der Arten (vgl. SCHMIDT 1974; KRÜSI 1978) ist bei Wiederholungsaufnahmen auf gleiche Beobachtungstermine zu achten.

Verminderte Prozentuale Ähnlichkeits-Werte deuten beim Vergleich jährlicher Aufnahmen auf veränderte Deckungsanteile unter den beobachteten Arten hin.

In unterschiedlichen Pflanzengesellschaften führen Belastungen, z.B. durch Nutzungs-, Immissions-, Überschattungs- und Auflichtungs-Effekte (HAEUPLER 1982), stets zu Veränderungen in der Artenzahl und Evenness. Die Veränderungen treten in den angegebenen Beispielen über einen längeren Zeitraum, z.B. bei der Beobachtung von Dauerprobeflächen, immer gegenüber Kontrollflächen auf. Die Artenzahlen sinken z.B. bei der Einwirkung von Immissionen, während sich die Evenness je nach Stärke des Immissions-Effektes unterschiedlich verhält. Sehr hohe Belastungen, z.B. durch Herbizid-Einwirkung, führen zu einer Erhöhung der Evenness auf einen fast maximalen Wert. Die Artenzahlen steigen z.B. in den Auflichtungsphasen von Wäldern oder bei der natürlichen Sukzession von vegetationsfreien Brachflächen, während es auch hier zu unterschiedlichen Veränderungen der Evenness kommt.

Voraussetzung für die sichere Beurteilung der Evenness- oder Artenzahlveränderungen ist immer die Kenntnis von den ursprünglichen Zuständen einer Pflanzengesellschaft. Um die in der Natur üblichen großen Streuungsbreiten zu berücksichtigen, ist die Anlage zahlreicher Untersuchungsflächen notwendig. Erst so lassen sich die für jede Pflanzengesellschaft typischen E-Werte bzw. n/E-Felder ermitteln. Treten langfristig Veränderungen aufgrund verschiedenster Belastungen in Dauerprobeflächen auf, so lassen sich diese anhand einer Veränderung der E-Werte bzw. n/E-Felder sichtbar machen.

Auskunft über die Art der Belastung die zu den Veränderungen in den Dominanzstrukturen einer Pflanzengesellschaft geführt haben, können Verschiebungen in den Zeigerwert-Spektren bzw. Veränderungen der mittleren Zeigerwerte geben. Beginnende Standortsveränderungen, z.B. durch Bodenversauerung (WITTIG et al. 1985), Grundwasserabsenkung bzw. Überstauung oder Düngung (vgl. BÖCKER et al. 1983), lassen sich so belegen; ökologische Standortsuntersuchungen können sie aber nicht ersetzen.

Literatur

BÖCKER, R., KOWARIK, I., BORNKAMM, R. (1983): Untersuchungen zur Auswertung der Zeigerwerte nach Ellenberg. – Verh. Ges. Ökol. 11: 35–56. Göttingen.

BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie – Grundzüge der Vegetationskunde. 3.Aufl. – Springer, Wien. 865 S.

BURRICHTER, E. (1953): Die Wälder des Meßtischblattes Iburg, Teutoburger Wald. – Abh. Landesmus. Naturkde. Münster/ Westf. 15: 7–19. Münster.

DIEMONT, W.H. (1938): Zur Soziologie und Synökologie der Buchen- und Buchenmischwälder der nordwestdeutschen Mittelgebirge. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. Nieders. 4. Hannover. 182 S.

ELLENBERG, H. (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. Aufl. – Scripta Geobot. 9. Göttingen. 122 S.

– (1982): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht. 3. Aufl. – Ulmer, Stuttgart. 989 S.

FISCHER, A. (1982): Zur Diversität von Pflanzengesellschaften Ein Vergleich von Gesellschaftskomplexen der Böschungen im Rebgelände. – Tuexenia 2: 219–232. Göttingen.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

GOODALL, D.W. (1982): Sample similarity and species correlation. – In: WHITTAKER, R. (ed.): Ordination of plant communities: 99–150. The Hague, Boston.
HAEUPLER, H. (1982): Evenness als Ausdruck der Vielfalt in der Vegetation. – Dissert. Bot. 65. Vaduz. 268 S.
HELMECKE, K. (1978): Auswertung von Dauerbeobachtungen mittels mathematisch-statistischer Methoden. – Phytocoenosis 7: 227–244. Warschau.
JOCHHEIM, H. (1985): Der Einfluß des Stammablaufwassers auf den chemischen Bodenzustand und die Vegetationsdecke in Altbuchenbeständen verschiedener Waldgesellschaften. – Ber. Forschungszentrum Waldökosysteme/Waldsterben 13. Göttingen. 225 S.
KRÜSI, B. (1978): Grenzen der Aussagekraft von Vegetationsaufnahmen. – Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel 45: 134–155. Zürich.
LONDO, G. (1975): Dezimalskala für die vegetationskundliche Aufnahme von Dauerquadraten. – In: SCHMIDT, W. (Red.): Sukzessionsforschung. Ber. Int. Sympos. IVV Rinteln 1973: 613–617. Vaduz.
MUELLER-DOMBOIS, D., ELLENBERG, H. (1974): Aims and methods of vegetation ecology. – Wiley, New York. 547 pp.
NEITE, H. (1987): Untersuchungen über Veränderungen in den Buchenschürzen der Kalk-Buchenwälder des Teutoburger Waldes. – Dissert. Bot. 108. Berlin, Stuttgart. 85 S.
PFADENHAUER, J., POSCHLOD, P., BUCHWALD, R. (1986): Überlegungen zu einem Konzept geobotanischer Dauerbeobachtungsflächen für Bayern. Teil 1. – Ber. ANL 10: 41–60. Laufen/Salzach.
SCHMIDT, W. (1974): Die vegetationskundliche Untersuchung von Dauerprobeflächen. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 17: 103–106. Hannover.
WITTIG, R., BALLACH, H.-J., BRANDT, C.J. (1985): Increase of Number of Acid Indicators in the Herb Layer of the Millet Grass-Beech Forest of the Westphalien Bight. – Angew. Botanik 59: 219–232. Göttingen.

Anschrift des Verfassers:
Dr. Heinz Neite
Institut für Ökologische Pflanzenphysiologie und Geobotanik,
Abt. Geobotanik
Universitätsstr. 1
D-4000 Düsseldorf

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Tuexenia - Mitteilungen der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft

Jahr/Year: 1988

Band/Volume: NS_8

Autor(en)/Author(s): Neite Heinz

Artikel/Article: Untersuchungen zur Anlage und Beobachtung von Dauerprobeflächen in der Krautschicht von Buchenwäldern 295-305