

FID Biodiversitätsforschung

Decheniana

Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und
Westfalens

Diversitätsanalyse unter Verwendung des Programmes DiversityCalc am
Beispiel eines Wald-Transektes vom Aremberg in der Osteifel

Möseler, Bodo Maria

2009

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im
Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

Weitere Informationen

Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:

Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten
Identifikator:

[urn:nbn:de:hebis:30:4-196372](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hebis:30:4-196372)

Diversitätsanalyse unter Verwendung des Programmes DiversityCalc am Beispiel eines Wald-Transektes vom Aremberg in der Osteifel

Diversity Analysis of a Forest Transect in the Aremberg (Eastern Eifel) Using the Software DiversityCalc

BODO MARIA MÖSELER, ROLF SIEVERS & MIGUEL ALVAREZ

(Manuskripteingang: 20. Dezember 2008)

Kurzfassung: Das Programm DiversityCalc ermöglicht mit wenig Aufwand einfache Diversitätsberechnungen an beliebigen Artenlisten, die in gängigen Tabellenformaten digital vorliegen. Für den Einsatz in der Gradientenanalyse und beim Biomonitoring (Dauerbeobachtungen) sind vor allem die α - und β -Diversitätsindizes von Interesse. Ermittelt werden deshalb neben der Artenzahl der SHANNON-Index, die Evenness, die Präsenz-Gemeinschaftskoeffizienten nach JACCARD, SØRENSEN und RUGGIERO sowie die Massen-Gemeinschaftskoeffizienten nach GLEASON, ELLENBERG und MOTYKA. Ergänzend werden die Stetigkeiten und die Artmächtigkeiten der aufgelisteten Arten ermittelt. Aus der Ergebnisdatei lassen sich anschließend leicht traditionelle Vegetationstabellen erzeugen.

Schlagworte: Diversität, Diversitätsvergleich, Gradientenanalyse, Biomonitoring, Dauerbeobachtung, SHANNON-INDEX, Evenness, Präsenz-Gemeinschaftskoeffizienten, Massen-Gemeinschaftskoeffizienten.

Abstract: The program DiversityCalc allows within a few steps a simple calculation of biodiversity on any species list present in established digital spread sheet formats. Intended for gradient analysis and biomonitoring the indices of α - and β -diversity are predominantly of interest. The species number, SHANNON index, Evenness, the similarity indices following JACCARD, SØRENSEN and RUGGIERO as well as GLEASON, ELLENBERG and MOTYKA can be calculated. Additionally constancy and dominance can also be listed. On the basis of the resulting table traditional phytosociological tables easily can be arranged.

Keywords: Diversity, comparison of diversity, gradient analysis, biomonitoring, permanent survey, SHANNON index, Evenness, qualitative similarity, quantitative similarity.

1. Einleitung

Für die wissenschaftliche Arbeit mit vegetationskundlichen Tabellen und für ihre Analyse gibt es auf dem Markt leistungsstarke Programme, wie z. B. Tabwin (PEPLER-LISBACH 2006) oder Juice (TICHY 2002). Für kleinere Arbeiten ist es jedoch häufig einfacher, allgemein verfügbare Programme zu nutzen, die auf der Basis tabellenorientierter Oberflächen arbeiten. Mit Hilfe solcher Programme lassen sich ohne großen Aufwand Artenlisten (Bestandsaufnahmen, Vegetationsaufnahmen) erstellen und bearbeiten, wie sie im Rahmen kleinerer Projekte häufiger anfallen. Dies ist vor allem dann sinnvoll, wenn man mit den spezifischen, häufig komplexen Softwarepaketen nicht vertraut ist. Schon sehr früh wurden deshalb in unserer Ar-

beitsgruppe gängige kommerzielle Softwarepakete entsprechend genutzt (MÖSELER & RINAST 1986). Im Vergleich zur damals verwendeten Software sind heutige Spreadsheet-Programme wie MS-Excel erheblich flexibler einsetzbar. Bei kleinen, begrenzten Projekten ermöglichen sie mit Hilfe ihrer Sortier- und Bewegungsroutinen bequem die Zusammenstellung pflanzensoziologischer Tabellen analog traditioneller Methoden und gestatten unter Anwendung der verfügbaren mathematisch-statistischen Funktionen in gewissem Rahmen auch die Weiterbearbeitung der Daten. So können etwa Artenzahl oder Stetigkeit rasch ermittelt werden. Für die Erstellung einfacher vegetationskundlicher Tabellen im Rahmen kleinerer Kartierungsprojekte reichen deshalb die heute verfügbaren Tabellenkalkulationsprogramme meist aus.

Werden Bestandsaufnahmen jedoch zur Dokumentation von Standortgradienten oder sukzessiver Veränderungen einer Biozönose eingesetzt, ist für viele Fragestellungen eine einfache Biodiversitätsanalyse wünschenswert (ATKINSON 1975, WIKUM & SHANHOLTZER 1978). Wenn die Berechnungen formal auch einfach sind, so ist deren Durchführung unter Verwendung handelsüblicher Software jedoch aufwändig. Erforderlich ist in der Regel die Möglichkeit und Fähigkeit zur Programmierung von Makros.

Außerdem müssen sämtliche zu verrechnenden Daten numerisch vorliegen. Nahezu alle Skalen, die in der vegetationskundlichen Feldarbeit Anwendung finden, bedienen sich jedoch unterschiedlicher nicht-numerischer Zeichen und Symbole für die Darstellung der Dominanzverhältnisse, so dass vor der Verrechnung der Tabellendaten mit handelsüblicher Software zunächst eine Transformation notwendig ist. Auch dies ist mit Tabellenkalkulationsprogrammen möglich, erfordert aber eine „manuelle“ Transformation der nicht-numerischen Daten.

Im Rahmen von derzeit in unserer Arbeitsgruppe verstärkter durchgeführten Untersuchungen an Diasporenbanken und Sukzessionsabläufen sind wir an vergleichenden Aussagen über die α - und β -Diversität (WHITTAKER 1972) von Pflanzenbeständen interessiert. Wir haben deshalb ein Werkzeug entwickelt, das sich an ein schon 1988/1989 von BODO M. MÖSELER gemeinsam mit Dr. GOTTHARD WOLF (damals Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie, BFANL, Bonn) entwickeltes unveröffentlichtes PC-Programm anlehnt, jedoch zusätzliche Parameter berechnet. Aus Gründen des Komforts stützt sich das neue Werkzeug bei der Ein- und Ausgabe der Daten noch immer auf die gewohnten Tabellenkalkulationsprogramme.

Das Programm ist eigens für die Berechnung der α - und β -Diversität entlang von Gradienten innerhalb von Transekten konzipiert. Dank der Benutzerfreundlichkeit eignet sich DiversityCalc besonders für die Lehre. Das Programm und die

verwendeten Datenbeispiele stehen unter www.geobotanik.uni-bonn.de (Publikationen) zur Verfügung.

2. Eigenschaften

DiversityCalc liefert zu tabellarischen Artenlisten mit mehreren Bestandsaufnahmen/Vegetationsaufnahmen, die entlang räumlicher oder zeitlicher Transekte aufgenommen wurden, die folgenden Daten:

- Artenzahl pro Aufnahme / Sammlung / Kartierung
- Stetigkeit (absolut, relativ & Stetigkeitsklasse)
- mittlere Artmächtigkeit

zusätzlich werden berechnet (α -Diversität)

- SHANNON-Index (SHANNON 1948)
- Evenness (PIELOU 1966)

außerdem werden die Präsenzgemeinschaftskoeffizienten (β -Diversität) nach

- JACCARD (JACCARD 1912)
- SØRENSEN (DICE 1945)
- RUGGIERO (RUGGIERO et al. 1998)

sowie die Massengemeinschaftskoeffizienten (β -Diversität) nach

- GLEASON (GLEASON 1920)
- ELLENBERG (ELLENBERG 1956)
- MOTYKA (MOTYKA et al. 1950)

ermittelt. Die Darstellungen, die den SHANNON-, Evenness- und den Gemeinschaftskoeffizienten zugrunde liegen, werden im Folgenden kurz vorgestellt.

2.1. Berechnung der α -Diversität

Die α -Diversität bezieht sich sowohl auf die Artenzahl eines Bestandes als auch auf die Artmächtigkeiten der betreffenden Arten in den erfassten Bestandesflächen (WHITTAKER 1972). Als Maß für die Artmächtigkeit versteht man Individuenzahl (Abundanz), Stetigkeit (Frequenz)

oder Deckungsgrad (Dominanz) dieser Arten (DIERSCHKE 1994). In vegetationskundlichen Untersuchungen ist der Deckungsgrad das am häufigsten verwendete Maß.

Das Programm DiversityCalc ermittelt die Artenzahl von Vegetationsaufnahmen und berechnet den SHANNON-Index sowie die Evenness nach folgenden Formeln (SHANNON 1948, PIELOU 1966):

$$\text{SHANNON} = - \sum_{i=1}^s (p_i \cdot \ln p_i)$$

$$\text{EVENNESS} = \frac{\text{SHANNON}}{\ln S}$$

Es bedeuten

S: Gesamtzahl der Arten

p_i : relative Mächtigkeit der Art i

Der SHANNON-Index fällt umso höher aus, je gleichmäßiger die verschiedenen Arten in einem Bestand verteilt sind. Die Evenness relativiert den SHANNON-Index unter Bezug auf den theoretisch maximalen Wert ($\text{SHANNON}_{\max} = \ln S$), der unter Berücksichtigung der ermittelten Arten im untersuchten Bestand erreicht werden kann. Da die Evenness ein reiner Ausdruck der Gleichverteilung ist, wird sie als Homogenitäts-Index bezeichnet (HOBBOHM 2000, TREMP 2005).

2.2. Berechnung der β -Diversität

Die β -Diversität beschreibt die Vielfalt von Arten entlang ökologischer Gradienten oder entlang einer Zeitachse (WHITTAKER 1972). Die Quantifizierung der β -Diversität erfolgt in der Regel durch paarweise Vergleiche von Bestandsaufnahmen unter Berücksichtigung gemeinsamer und nicht gemeinsamer Arten der beiden verglichenen Bestände (Abb. 1). Sie kann entweder durch Ähnlichkeits- (Gemeinschaftskoeffizienten) oder durch Distanzmaße dargestellt werden (CHA 2007). DiversityCalc berechnet nur Ähnlichkeiten, wobei sich diese In-

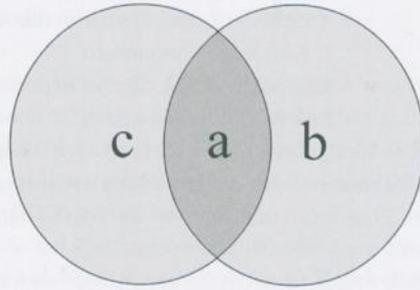


Abbildung 1. Komponenten der Ähnlichkeitsberechnung. Die beiden Kreise stellen zwei zu vergleichende Bestandsaufnahmen dar.

a = Anzahl der gemeinsamen Arten, b = Anzahl der Arten, die nur in der ersten Aufnahme vorkommen, c = Anzahl der Arten, die nur in der zweiten Aufnahme vorkommen.

Figure 1. Matching-mismatching components used for the similarity calculation. Circles are two compared samples. a = number of common species, b = number of species only present in the first sample, c = number of species only present in the second sample.

dizes durch eine einfache Transformation in Distanzmaße umwandeln lassen (LEPŠ & ŠMILAUER 2003, LEYER & WESCHE 2007). Die kritische Analyse einer großen Menge weiterer Indizes bieten KOLEFF et al. (2003) und CHA (2007).

JACCARD-, SØRENSEN- und RUGGIERO-Index zählen zu den so genannten Präsenz-Gemeinschaftskoeffizienten. Sie berücksichtigen nur das Vorhandensein der Arten in den Aufnahmen, nicht aber deren Mengenanteile. Die genannten Indizes werden wie folgt berechnet:

$$\text{JACC} = \frac{a}{a + b + c} \cdot 100$$

$$\text{SOER} = \frac{2a}{2a + b + c} \cdot 100$$

$$\text{RUGG} = \frac{a}{a + c} \cdot 100$$

Es bedeuten

JACC JACCARD-Index [%]

SOER SØRENSEN-Index [%]

RUGG RUGGIERO-Index [%]

- a Anzahl der gemeinsamen Arten
 b Anzahl der Arten, die nur in der
 1. Aufnahme vorkommen
 c Anzahl der Arten, die nur in der
 2. Aufnahme vorkommen

Die Mengenanteile der erfassten Arten in den Aufnahmen werden in den Indizes nach GLEASON, ELLENBERG und MOTYKA berücksichtigt:

$$GLEA = \frac{Ma}{Ma + Mb + Mc} \cdot 100$$

$$ELLE = \frac{0,5 Ma}{0,5 Ma + Mb + Mc} \cdot 100$$

$$MOTY = \frac{2 Mw}{Ma + Mb + Mc} \cdot 100$$

Es bedeuten

GLEA	GLEASON-Index [%]
ELLE	ELLENBERG-Index [%]
MOTY	MOTYKA-Index [%]
Ma	Summe der Mengen der gemeinsamen Arten
Mb	Summe der Mengen der Arten, die nur in Aufnahme 1 vorkommen
Mc	Summe der Mengen der Arten, die nur in Aufnahme 2 vorkommen
Mw	Summe der jeweils kleineren Mengen der gemeinsamen Arten

Die meisten Statistik-Programme liefern als Vergleichsergebnis einer Gruppe von Objekten eine Ähnlichkeitsmatrix, die alle in der betreffenden Gruppe möglichen Vergleiche wiedergibt – analog zu den in Atlanten gebräuchlichen Entfernungstabellen. Da DiversityCalc vor allem für die Gradientenanalyse entworfen wurde, werden nicht alle möglichen Vergleiche berechnet und dargestellt, sondern nur diejenigen, die in einem direkten Bezug zum Gradienten stehen. Dabei werden zwei Ansätze gewählt:

Im ersten Ansatz fungiert die erste Aufnahme des Transektes gleichsam als Standard, alle nachfolgenden Aufnahmen werden mit dieser verglichen. In der Ergebnisdatei werden diese Indizes durch das Suffix „1“ (z. B. JACC1) gekennzeichnet.

Im zweiten Ansatz werden die Änderungen zwischen den jeweils im Transekt aufeinander folgenden Nachbarbeständen betrachtet. In der Ergebnisdatei werden diese Indizes durch das Suffix „n“ (z. B. JACCn) gekennzeichnet (Abb. 2).

2.3. Berechnung von Stetigkeit und mittlerer Artmächtigkeit

Damit das Programm auch für vegetationskundliche Zwecke genutzt werden kann, werden zusätzlich für jede Art im gesamten Datensatz

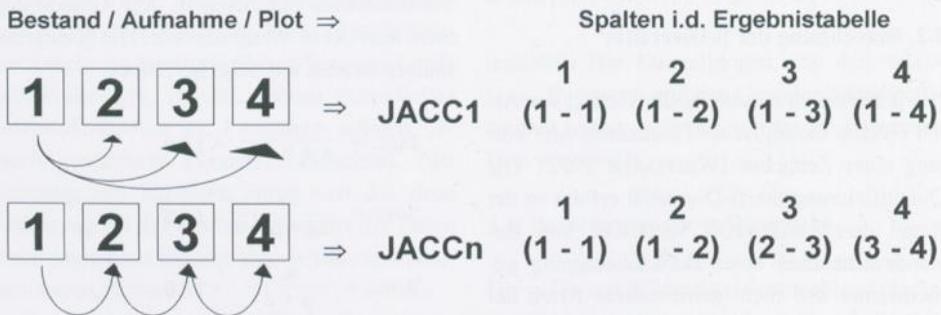


Abbildung 2. Schema der Berechnung der β -Diversitätsindizes nach den beiden verwendeten Vorgehensweisen. Quadrate zeigen die Lage der Aufnahmen im Transekt.

Figure 2. Scheme of the calculation of β -diversity indexes according to the two procedures. Squares show the positions of the samples in the transect.

absolute und relative Stetigkeit (in Prozent) sowie die Stetigkeitsklassen und außerdem die mittlere Artmächtigkeit (= mittlerer Deckungsgrad der betreffenden Art) errechnet (DIERSCHKE 1994).

3. Arbeiten mit DiversityCalc

3.1. Anwendung des Programms anhand eines Beispiels

Für das vorliegende Anwendungsbeispiel wurde ein Datensatz verwendet, der im August 1993 auf dem Aremberg in der Eifel erhoben wurde (MÖSELER 1998, Tab. 3). Der Aremberg ist die Kuppe eines Tertiär-Vulkans, die aus den unterdevonischen Grauwacken der östlichen Eifel herausragt. Die steileren oberen Flanken der Kuppe sind von großen Basaltblockhalden geprägt. Am Fuß der Kuppe im Übergang zum flacheren unterdevonischen Sockelbereich enden die Halden an einem Forstweg. Unterhalb dieses Weges sind überall einzelne Basaltblöcke den Hang bis weit in den unterdevonischen Bereich hinabgerollt.

Auf der Basaltblockhalde dominiert ein Eschen-Ahorn-Edellaubholzwald (*Fraxino-Aceretum*), der entlang des Transektes von einem Waldmeister-Buchenwald (*Galio-Fagetum*) abgelöst wird. In den tieferen Lagen wird der unterdevonische Bereich von ausgedehnten Hain-simsen-Buchenwäldern (*Luzulo-Fagetum*) eingenommen (syntaxonomische Nomenklatur nach POTT 1995). Infolge der weit hinab gerollten Basaltblöcke und des damit verbundenen Baseneintrags ist der Buchenwald zunächst noch reich an Basenzeigern, die erst in größerer Entfernung zur Blockhalde ausklingen.

Der Transekt hatte eine Länge von ca. 120 m und umfasste insgesamt neun quadratische Einzelplots mit einer Kantenlänge von 12 m, die nur im Bereich des Forstweges zwischen Plot 5 und 6 unterbrochen waren.

Die Daten lagen als Excel-Tabelle vor und wurden über die Zwischenablage (Kopieren & Einfügen) in DiversityCalc übertragen.

3.2. Eingabe der Daten und Auswahl der Skala

Zum Erfassen der Daten dienen das Microsoft-Produkt Excel oder andere tabellenfähige Programme. Der gewünschte Ausschnitt der Tabelle wird markiert und über die Zwischenablage in DiversityCalc übertragen.

In der Ausgangstabelle müssen die Aufnahmen als Spalten und die Arten als Zeilen dargestellt werden. Der Tabellenbereich, der die Abundanz-/Schätz-/Zähl-Daten beinhaltet und in DiversityCalc markiert wird, darf nicht durch leere Spalten oder Zeilen unterbrochen sein.

Sowohl die Bestandsaufnahmen als auch die Arten können beliebig bezeichnet werden, d. h. sowohl mit Ziffern als auch mit Text. Die Abwesenheit einer Art in einer Bestandsaufnahme kann in der numerischen Skala durch Null (0), Punkt (.) oder eine leere Zelle (wie im Beispiel) ausgedrückt werden; sie wird intern jedoch mit Minus (-) verwaltet.

Im Blatt **Skalen** finden sich Transformationsstabellen für die in der Vegetationskunde üblichen Schätzskalen, denn das Programm transformiert die Abundanz-Dominanzwerte z. B. nach BRAUN-BLANQUET (BRAUN-BLANQUET 1964) oder LONDO (LONDO 1976) vor allen Berechnungen in numerische Werte. Die der Transformation zugrunde liegenden Werte entsprechen den Mittelwerten der betreffenden Schätzwertklassen. Sie können hier eingesehen und bei Bedarf editiert werden. Als Voreinstellungen liegen Transformationsstabellen für die BRAUN-BLANQUET-, die BARKMAN- (BARKMAN et al. 1964) und die LONDO-Skala vor. Für andere Erfassungsmethoden können weitere Tabellen aus Excel über die Zwischenablage eingefügt oder direkt durch das Einfügen von Spalten und Zeilen in DiversityCalc hergestellt werden. Durch Drücken der rechten Maustaste öffnet sich ein Kontextmenü zur Bearbeitung der Transformationsstabellen. Voreingestellt ist die numerische Skala; sie kann durch Doppelklick mit der linken Maustaste in der entsprechenden Zeile umgestellt werden.

Nach Eingabe der Daten und Auswahl der Skala, ist das Programm bereit, die Berechnungen durchzuführen. Dazu muss lediglich der Bereich, der die eigentlichen Abundanz/Dominanz-/Frequenz-Daten enthält (ohne Kopf und ohne Artenliste) markiert werden.

3.3. Ausgabe der Analyse in DiversityCalc

Nach Aktivierung des Blattes **Ergebnis** werden die berechneten Werte sichtbar. Rechts neben der Ausgangstabelle erscheinen die Beträge der absoluten Stetigkeit (AS), der relativen Stetigkeit (RS), die Einordnung in Stetigkeitsklassen (SK) und die mittlere Artmächtigkeit (MA). Unterhalb der Ausgangstabelle finden sich unter den jeweiligen (Bestands-)Aufnahmen (s. Anhang 3) in den ersten drei Zeilen Artenzahl, SHANNON-Index und Evenness. Diesen Daten folgen dann die Ergebnisse der Präsenz- und der Massengemeinschaftskoeffizienten in der in Abb. 2 dargestellten Form. Die Ergebnistabelle kann nun ihrerseits über die Zwischenablage in das eingangs verwendete Tabellenprogramm übertragen werden. Dort sind dann die weitere Bearbeitung der Tabelle, die graphische Darstellung der Indizes oder andere Auswertungen möglich.

3.4. Interpretation der Ergebnisse

Im Folgenden wird eine weitere Analyse der Ausgaben von DiversityCalc bezüglich unseres Beispieldatensatzes vorgestellt. Da DiversityCalc keine graphischen Funktionen besitzt, wurden die folgenden Graphiken in MS-Excel erstellt.

Im Beispiel-Datensatz erreichen sowohl Artenzahl als auch SHANNON-Index und Evenness einen maximalen Wert in der Aufnahme 5, während diese Werte an beiden Enden des Transektes relativ niedrig sind (Abb. 3). Die Zunahme der Evenness in Richtung auf des Transekt-Mittelpunktes wird wahrscheinlich in stärkerem Maße von der größeren Artenzahl als von den ungleichen Artmächtigkeiten in jeder Aufnahme verursacht.

Der Artenreichtum der Aufnahme 5 beruht auf dem gemeinsamen Auftreten typischer Arten des Fraxino-Aceretum und des Galio-Fagetum. Die Aufnahme befindet sich in der ökotonalen Zone zwischen beiden Gesellschaften (DIERSCHKE 1994, MÖSELER 1998). Zusätzlich findet man hier mehrere Arten (*Epilobium angustifolium*, *Glechoma hederacea*, *Impatiens parviflora*, *Prunus avium*, *Rosa* sp., *Stachys sylvatica* und

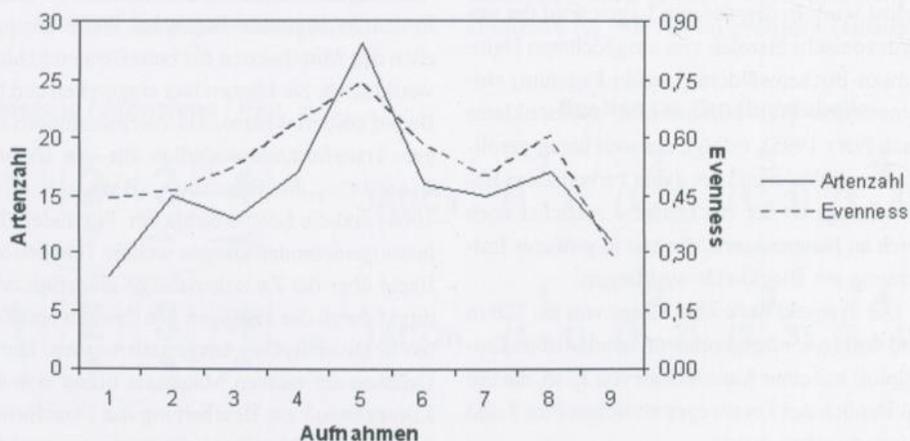


Abbildung 3. Änderung der α -Diversität entlang eines Transektes auf der Basaltkuppe des Arembergs.
Figure 3. Change of the α -diversity along a transect on the Aremberg's basaltic dome.

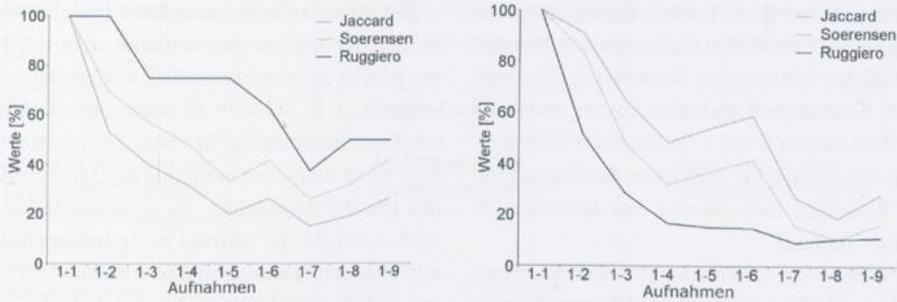


Abbildung 4. Änderung der Gemeinschaftskoeffizienten entlang des Transektes im Bezug auf die erste Aufnahme; links: Präsenz-Gemeinschaftskoeffizienten; rechts: Massen-Gemeinschaftskoeffizienten.

Figure 4. Change of the similarity-indexes along the transect compared with the first sample; left: qualitative (binary) indexes; right: quantitative indexes.

Vicia sepium), die nur in dieser Aufnahme vorkommen. Hier macht sich zusätzlich der Einfluss des Waldweges, der den Transekt zwischen Plot 5 und 6 quert, auf die Artenzahl bemerkbar.

Bezüglich der β -Diversität zeigt sich im Vergleich mit der ersten Aufnahme eine stetige Absenkung der Werte bis hin zur Aufnahme 7 bei den Präsenz- und Aufnahme 8 bei den Massen-Gemeinschaftskoeffizienten (Abb. 4), wo schließlich minimale Werte erreicht werden. In den letzten Aufnahmen findet ein leichter Anstieg der Werte statt. Bemerkenswert ist der nahezu parallele Verlauf der JACCARD- und SÖRENSEN-INDIZES sowie der GLEASON- und ELLENBERG-INDIZES. Außerdem sind die Relationen „RUGGIERO > SÖRENSEN > JACCARD“ und „GLEASON > ELLENBERG > MOTYKA“ in fast allen Ver-

gleichen vorhanden. Eine Diskussion dieser Beziehungen und der Eigenschaften der Indizes folgt im nächsten Kapitel.

Der Vergleich mit der ersten Aufnahme zeigt den Wandel des Arteninventars entlang eines Gradienten. Die steileren Kurven verdeutlichen die abnehmende Ähnlichkeit des Inventars der Transektflächen im Vergleich mit dem Inventar der Ausgangsfläche. Die negative Steigung der Kurven resultiert aus den Standortfaktoren, die sich im Transektverlauf ändern (turnover). Dies wird sowohl an der Änderung der Artenzusammensetzung als auch an der Änderung der Artenmächtigkeiten deutlich.

Der zweite Ansatz zeigt die Änderung der Artenzusammensetzung im Vergleich der Nachbarflächen zueinander (Abb. 5). In diesem Fall

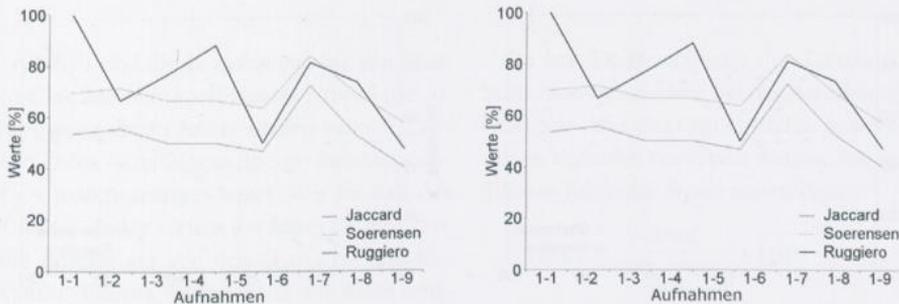


Abbildung 5. Änderung der Gemeinschaftskoeffizienten entlang des Transektes im Vergleich mit den jeweils benachbarten Aufnahmen; links: Präsenz-Gemeinschaftskoeffizienten; rechts: Massen-Gemeinschaftskoeffizienten.

Figure 5. Change of the similarity indexes along of the transect comparing neighbour samples; left: qualitative indexes; right: quantitative indexes.

ist der Kurvenverlauf flacher. Bei der Betrachtung des JACCARD-Index ergibt sich zum Beispiel eine leichte Senkung der Werte bis zur Aufnahme 6, danach ein plötzlicher Anstieg zwischen den Aufnahmen 6 und 7, gefolgt von einer weiteren Absenkung bis zum Ende des Transektes. Der RUGGIERO-Index besitzt eine davon abweichende Tendenz.

Die GLEASON- und ELLENBERG-Indizes zeigen ähnliche Verläufe, jedoch mit höheren Werten. Andererseits steigt der MOTYKA-Index stetig (mit Ausnahme von Schritt 2 zu 3) und erreicht ein Maximum zwischen den Aufnahmen 6 und 7, danach nimmt er zusammen mit den GLEASON- und ELLENBERG-Indizes ab.

In diesem Ansatz deuten hohen Werte auf eine relative Homogenität zwischen benachbarten Aufnahmen hin, während plötzliche Absenkungen der Werte eine Grenze zwischen zwei unterschiedlichen Vegetationstypen anzeigen können.

4. Diskussion

4.1. Eigenschaften der β -Diversitäts-Indizes

Alle hier verwendeten Gemeinschaftskoeffizienten haben die Quantifizierung der Ähnlichkeit zwischen unterschiedlichen Pflanzen-Beständen zum Ziel. Die Auswahl eines Index für die Berechnung der Ähnlichkeit muss dessen Eigenschaften berücksichtigen. Diese möchten wir im Folgenden kurz diskutieren.

Die Präsenz-Gemeinschaftskoeffizienten beziehen sich nur auf das Vorhandensein der Arten in den zu vergleichenden Aufnahmen. Sie zeigen i. d. R. stärkere Kontraste als die Massen-Gemeinschaftskoeffizienten. Dies wird deutlich, wenn man die Absenkung des JACCARD-Index mit der Absenkung des GLEASON-Index in Abb. 4 vergleicht: obwohl beide Indizes in ihrer Berechnung analog sind (s. Abschn. 2.2.) zeigen sich Unterschiede in den Ergebnissen.

Präsenz-Gemeinschaftskoeffizienten eignen sich besser für die Analyse starker Gradienten mit einem deutlichen Wechsel der Artenzusammensetzung. Außerdem sind dies die einzigen Koeffizienten, die man bei der Erfassung von bloßen Artenlisten (presence-absence oder binary datasets) verwenden kann.

Der SØRENSEN-Index gewichtet im Vergleich zum JACCARD-Index die gemeinsamen Elemente (Komponente a) höher, daher weist er fast immer größere Werte (Abb. 4 und 5) auf. Der RUGGIERO-Index variiert relativ unabhängig vom JACCARD- und SØRENSEN-Index, da die Komponente b hier nicht berücksichtigt wird.

Der RUGGIERO-Index ist als einziger asymmetrisch im Sinne von KOLEFF et al. (2003). Das heißt, wenn man die „Aufnahme A“ als Fokus-Aufnahme und die „Aufnahme B“ als Nachbarn betrachtet, erhält man nicht unbedingt den gleichen Wert wie wenn man die „Aufnahme B“ als Fokus betrachtet. Gleiche Werte ergeben sich nur für den Fall „ $b = c$ “.

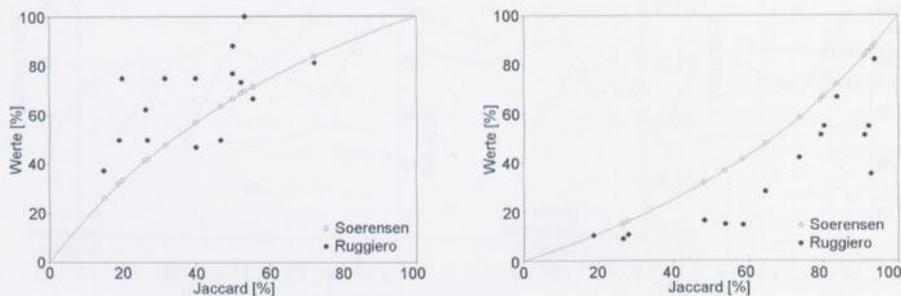


Abbildung 6. Änderung der Gemeinschaftskoeffizienten entlang eines Transektes im Vergleich mit den jeweils benachbarten Aufnahmen; links: Präsenz-Gemeinschaftskoeffizienten; rechts: Massen-Gemeinschaftskoeffizienten.

Figure 6. Change of the similarity indexes along the transect comparing neighbour samples; left: qualitative indexes; right: quantitative indexes.

Tabelle 1. Charakterarten der drei untersuchten Pflanzengesellschaften (POTT 1995, OBERDORFER 2001).
Table 1. Characteristic species of the three examined plant communities (POTT 1995, OBERDORFER 2001).

Aceri-Fraxinetum	Galio-Fagetum	Luzulo-Fagetum
<i>Phyllitis scolopendrium</i>	<i>Melica uniflora</i>	<i>Luzula luzuloides</i>
<i>Polystichum aculeatum</i>	<i>Galium odoratum</i>	<i>Prenanthes purpurea</i>
<i>Polystichum braunii</i>		
<i>Ulmus glabra</i>		
<i>Actaea spicata</i>		
<i>Lunaria rediviva</i>		

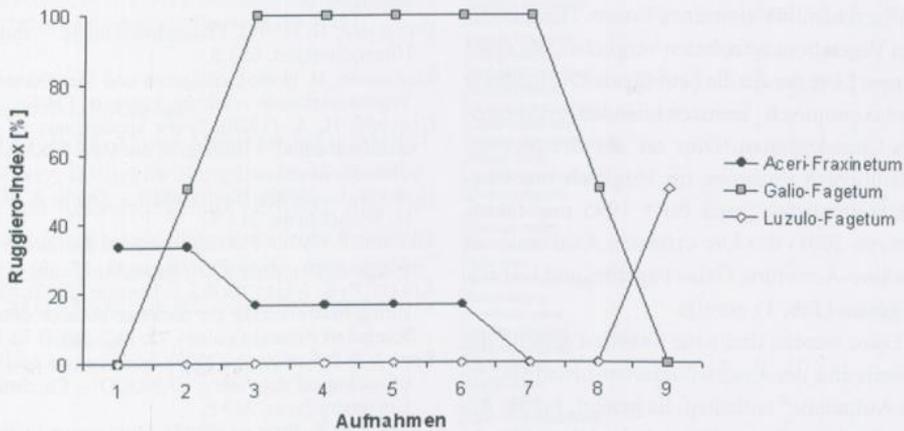


Abbildung 7. Änderung des RUGGIERO-Index entlang des untersuchten Gradienten unter Bezugnahme auf Charakterartenlisten der im Transekt auftretenden drei Assoziationen.

Figure 7. Change of the RUGGIERO index along the studied gradient concerning the lists of characteristic species of the three transect associations in comparison of three associations.

Ähnlich sind die Beziehungen bei den Massen-Gemeinschaftskoeffizienten (Abb. 4 und 5). Die gemeinsamen Arten werden beim ELLENBERG-Index – im Gegensatz zum SØRENSEN-Index – jedoch untergewichtet. Wie im Fall des RUGGIERO-Index variiert der MOTYKA-Index relativ unabhängig von den GLEASON- und ELLENBERG-Indizes, er ist jedoch wie diese symmetrisch. In unserem Beispiel weist der MOTYKA-Index eine gleichmäßigere Absenkung als der GLEASON- bzw. ELLENBERG-Indizes auf (Abb. 4).

Da bei der Berechnung des JACCARD- und SØRENSEN-Index sowie bei der Berechnung des GLEASON- und ELLENBERG-Index jeweils dieselben Variablen verwendet werden, lassen sich diese in folgender Weise umwandeln:

$$JACC = \frac{SOER}{200 - SOER} \cdot 100$$

$$GLEA = \frac{2 \cdot ELLE}{100 + ELLE} \cdot 100$$

Diese Funktionen werden für Abb. 6 benutzt.

Außer bei 0 % und 100 % Ähnlichkeit gelten die Regeln „SØRENSEN > JACCARD“ und „ELLENBERG < GLEASON“ sowie „RUGGIERO \geq JACCARD“ und „MOTYKA \leq GLEASON“.

Sollte man anstatt der Ähnlichkeitsmaße die Distanzmaße benötigen, kann man alle Indizes durch die Formel „100 - (minus) Index“ in das entsprechende Distanzmaß umwandeln.

4.2. Eine spezielle Anwendung des RUGGIERO-Index

Die Asymmetrie des RUGGIERO-Index ermöglicht den Vergleich zweier Datensätze zur vorläufigen Identifikation eines Taxons. Hierzu werden Vegetationsaufnahmen verglichen mit einer kurzen Liste der für die betreffenden Aufnahmen syntaxonomisch kennzeichnenden Assoziations-Charakterarten. Dies sei am Beispiel der Aremberg-Aufnahmen im Vergleich mit Charakterartenlisten (nach POTT 1995 und OBERDORFER 2001) der hier erfassten Assoziationen Fraxino-Aceretum, Galio-Fagetum und Luzulo-Fagetum (Tab. 1) gezeigt.

Dazu werden drei neue Tabellen erstellt, die jeweils eine der Assoziationsarten-Listen als „erste Aufnahme“ enthalten. Es genügt, für die Arten den Wert 1 als Mächtigkeit einzugeben. In der Auswertung werden nur die Werte von RUGG1 berücksichtigt.

Abb. 7 ist eine graphische Darstellung der Ergebnisse. Man erkennt den größten Anteil der Arten des Fraxino-Aceretum in den beiden ersten Aufnahmen. Der Anteil der Arten des Galio-Fagetum erreicht in den Aufnahmen 3 bis 8 100 %, und für das Luzulo-Fagetum gilt, dass nur die Aufnahme 9 diese Arten enthält. Die 100 %- Marke wird dann nicht erreicht, wenn einzelne Arten der Assoziationsartenlisten in den Aufnahmen – ungeachtet vegetationskundlicher oder biogeographischer Gründe – fehlen, wie hier im Falle von Fraxino-Aceretum und Luzulo-Fagetum.

Die Autoren empfehlen dieses Vorgehen als Hilfsmittel für die Bestimmung von Syntaxa. Es handelt sich aber noch nicht um eine standardisierte diagnostische Methode.

Literatur

- ATKINSON, I. A. E. (1975). A method for permanent transects in vegetation. – *Tuatara* **21**: 81–91
- BARKMAN, J. J., H. DOING & S. SEGAL (1964). Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. – *Acta Botanica Neerlandica* **13**: 394–419
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964). *Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde* (3. Aufl.). – Springer, Wien. 865 S.
- CHA, S.-H. (2007). Comprehensive survey on distance/similarity measures between probability density functions. – *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences* **1**: 300–307
- DICE, L. R. (1945). Measures of the amount of ecological association between species. *Ecology* **26**: 297–302
- DIERSCHKE, H. (1994). *Pflanzensoziologie*. – Eugen Ulmer, Stuttgart. 683 S.
- ELLENBERG, H. (1956). *Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde*. – Ulmer, Stuttgart. 136 S.
- GLEASON, H. A. (1920). Some applications of the quadrat method. – *Bulletin of the Torrey Botanical Club* **47**: 21–33
- HOBOHM, C. (2000). *Biodiversität*. – Quelle & Meyer, Wiebelsheim. 214 S.
- JACCARD, P. (1912). The distribution of the flora in the Alpine zone. – *New Phytologist* **11**: 37–50
- KOLEFF, P., K. J. GASTON & J. J. LENNON (2003). Measuring beta diversity for presence-absence data. – *Journal of Animal Ecology* **72**: 367–382
- LEPŠ J. & P. ŠMILAUER (2003). *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. – Cambridge University Press. 269 P.
- LEYER, I. & K. WESCHE (2007). *Multivariate Statistik in der Ökologie*. – Springer, Berlin. 221 S.
- LONDO, G. (1976). The decimal scale for relevés of permanent quadrats. – *Vegetatio* **33**: 61–64
- MÖSELER, B. M. & K. RINAST (1986). Erstellung pflanzensoziologischer Tabellen mit Hilfe von Mikro-Computern. – *Tuexenia* **6**: 415–418
- MÖSELER, B. M. (1998). Die Buchenwälder der nördlichen Eifel und durch ihre historische und aktuelle landwirtschaftliche Nutzung bedingten Ersatzgesellschaften. – *Martina Galunder, Wiehl*. – *NARDUS* **3**: 143 S.
- MOTYKA, J. B., B. DOBRZAŃSKI & S. ZAWADZKI (1950). Wstępne badania nad łąkami południowo-wschodniej części Lubelszczyzny. – *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio E* **5**: 367–447
- OBERDORFER, E. (2001). *Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete* (8. Aufl.). – Eugen Ulmer, Stuttgart. 1051 S.
- PEPPLER-LISBACH, C. (2006). TABWIN, a Windows program for phytosociological tables. URL: www.uni-oldenburg.de/landeco/21346.html
- PIELOU, E. C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. – *Journal of Theoretical Biology* **13**: 131–144
- POTT, R. (1995). *Die Pflanzengesellschaften Deutschlands* (2. Aufl.). – Eugen Ulmer, Stuttgart. 622 S.

RUGGIERO, A., J. H. LAWTON & T. M. BLACKBURN (1998). The geographic ranges of mammalian species in South America: spatial patterns in environmental resistance and anisotropy. – *Journal of Biogeography* **25**: 1093–1103

SHANNON, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. – *Bell System Technical Journal* **27**: 379–423, 623–656

TICHY, L. (2002). JUICE, software for vegetation classification. – *Journal of Vegetation Science* **13**: 451–453

TREMP, H. (2005). Aufnahme und Analyse vegetationsökologischer Daten. – Eugen Ulmer, Stuttgart. 141 S.

WIKUM, D. A. & G. F. SHANHOLTZER (1978). Application of the Braun-Blanquet cover-abundance scale for vegetation analysis in land development studies. – *Environmental Management* **2**: 323–329

WHITTAKER, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. – *Taxon* **21**: 213–251

ANHANG

Plots:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Acer platanoides</i>		1	4	2	2				
<i>Acer pseudoplatanus</i>	2	1	2	2	1			1	+
<i>Anemone nemorosa</i>					1	2	1	2	
<i>Arum maculatum</i>			r						
<i>Carex sylvatica</i>								+	r
<i>Denaria bulbifera</i>				1	1	r	r	1	+
<i>Dryopteris carthusiana</i>				1	1	+	1		
<i>Dryopteris dilatata</i>		+				+	+	+	r
<i>Dryopteris filix-mas</i>	1	1	2	2	2	2	2	1	1
<i>Epilobium angustifolium</i>					r				
<i>Fagus sylvatica</i>	2	+		+	3	4	4	3	4
<i>Fraxinus excelsior</i>	1	1	2	3	2	2	2	1	1
<i>Galeopsis tetrahit</i>								r	+
<i>Galium aparine</i>			1	1	+				
<i>Galium odoratum</i>		2	1	2	2	2	2	2	
<i>Glechoma hederacea</i>					2				
<i>Hedera helix</i>						+	2	1	1
<i>Hordehymus europaeus</i>					+	1	1		
<i>Impatiens noli-tangere</i>		1		2					
<i>Impatiens parviflora</i>					1				
<i>Lamium montanum</i>		1	2	2	2	1	1	1	
<i>Lunaria rediviva</i>	4	+							
<i>Luzula luzuloides</i>									+
<i>Melica uniflora</i>			2	2	2	2	2		
<i>Mercurialis perennis</i>	3	3	4	2					
<i>Milium effusum</i>		1		1	2	2	1	1	2
<i>Moehringia trinervia</i>									r
<i>Oxalis acetosella</i>				1	1	1	1	1	
<i>Polygonatum multiflorum</i>			1		2				
<i>Prunus avium</i>					r				
<i>Pseudotsuga menziesii</i>					+	r			r
<i>Quercus petraea</i>					r		1	2	+
<i>Quercus robur</i>								2	
<i>Quercus rubra</i>							+		
<i>Ribes alpinum</i>	5	+	1		+	+			
<i>Rosa spec.</i>					+				
<i>Rubus fruticosus</i> agg.					1			r	
<i>Rubus idaeus</i>								r	
<i>Sambucus nigra</i>						r		2	+
<i>Stachys sylvatica</i>					1				
<i>Stellaria holostea</i>					1			1	
<i>Ulmus glabra</i>	4	4	2	1	2	2			
<i>Urtica dioica</i>	r	2	+						
<i>Viola sepium</i>					+				
<i>Viola reichenbachiana</i>		r			+	1	+		1

Anschrift der Autoren:

PD Dr. BODO MARIA MÖSELER & Dr. MIGUEL ALVAREZ, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES), Abt. Geobotanik und Naturschutz, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Karlrobert-Kreiten-Str. 13, 53115 Bonn; Dr. ROLF SIEVERS, Peenestr. 1, 53127 Bonn.

Anhang 1. Format der Ausgangstabelle mit dem Aremberg-Datensatz.

Appendix 1. Format of the spreadsheet with the input dataset from Aremberg.

Plot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	AS	RS	SK	MA
Fraxinus excelsior	2,5	2,5	15	37,5	15	15	15	2,5	2,5	9	100,0	V	11,94
Dryopteris filix-mas	2,5	2,5	15	15	15	15	15	2,5	2,5	9	100,0	V	9,44
Fagus sylvatica	15	1	-	1	37,5	67,5	67,5	37,5	67,5	8	88,9	V	32,72
Galium odoratum	-	15	2,5	15	15	15	15	15	-	7	77,8	IV	10,28
Lamium montanum	-	2,5	15	15	15	2,5	2,5	2,5	-	7	77,8	IV	6,11
Milium effusum	-	2,5	-	2,5	15	15	2,5	2,5	15	7	77,8	IV	6,11
Acer pseudoplatanus	15	2,5	15	15	2,5	-	-	2,5	1	7	77,8	IV	5,94
Ulmus glabra	67,5	67,5	15	2,5	15	15	-	-	-	6	66,7	IV	20,28
Ribes alpinum	87,5	1	2,5	-	1	1	-	-	-	5	55,6	III	10,33
Melica uniflora	-	-	15	15	15	15	15	-	-	5	55,6	III	8,33
Oxalis acetosella	-	-	-	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-	5	55,6	III	1,39
Mercurialis perennis	37,5	37,5	67,5	15	-	-	-	-	-	4	44,4	III	17,50
Acer platanoides	-	2,5	67,5	15	15	-	-	-	-	4	44,4	III	11,11
Anemone nemorosa	-	-	-	-	2,5	15	2,5	15	-	4	44,4	III	3,89
Hedera helix	-	-	-	-	1	15	2,5	2,5	-	4	44,4	III	2,33
Dentaria bulbifera	-	-	-	2,5	2,5	0	0	2,5	1	4	44,4	III	0,94
Dryopteris carthusiana	-	-	-	2,5	2,5	1	2,5	-	-	4	44,4	III	0,94
Viola reichenbachiana	-	0	-	-	1	2,5	1	-	2,5	4	44,4	III	0,78
Dryopteris dilatata	-	1	-	-	-	1	1	1	0	4	44,4	III	0,44
Quercus petraea	-	-	-	-	0	-	2,5	15	1	3	33,3	II	2,06
Galium aparine	-	-	2,5	2,5	1	-	-	-	-	3	33,3	II	0,67
Hordelymus europaeus	-	-	-	1	2,5	-	2,5	-	-	3	33,3	II	0,67
Lunaria rediviva	67,5	1	-	-	-	-	-	-	-	2	22,2	II	7,61
Impatiens noli-tangere	-	2,5	-	15	-	-	-	-	-	2	22,2	II	1,94
Polygonatum multiflorum	-	-	2,5	-	15	-	-	-	-	2	22,2	II	1,94
Sambucus nigra	-	-	-	-	-	0	-	15	1	2	22,2	II	1,78
Urtica dioica	0	15	1	-	-	-	-	-	-	2	22,2	II	1,78
Stellaria holostea	-	-	-	-	2,5	-	-	2,5	-	2	22,2	II	0,56
Glechoma hederacea	-	-	-	-	15	-	-	-	-	1	11,1	I	1,67
Quercus robur	-	-	-	-	-	-	-	15	-	1	11,1	I	1,67
Impatiens parviflora	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-	1	11,1	I	0,28
Rubus fruticosus agg.	-	-	-	-	2,5	-	-	0	-	1	11,1	I	0,28
Stachys sylvatica	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-	1	11,1	I	0,28
Carex sylvatica	-	-	-	-	-	-	-	1	0	1	11,1	I	0,11
Galeopsis tetrahit	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1	11,1	I	0,11
Luzula luzuloides	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	11,1	I	0,11
Pseudotsuga menziesii	-	-	-	-	1	0	-	-	0	1	11,1	I	0,11
Quercus rubra	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	11,1	I	0,11
Rosa spec.	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	11,1	I	0,11
Vicia sepium	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	11,1	I	0,11
Arum maculatum	-	-	0	-	-	-	-	-	-	0	0,0	I	0,00
Epilobium angustifolium	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	0,0	I	0,00
Moehringia trinervia	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0,0	I	0,00
Prunus avium	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	0,0	I	0,00
Rubus idaeus	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0	0,0	I	0,00
ALPHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Artenzahl	9	16	14	17	31	19	16	20	15				
Shannon	1,681	1,746	1,983	2,442	2,817	2,197	1,896	2,295	1,108				
Evenness	0,442	0,459	0,521	0,642	0,740	0,577	0,498	0,603	0,291				
BETA1	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9				
JACC1	100	56,250	43,750	30,000	17,647	21,739	13,636	16,000	20,000				
SOER1	100	72,000	60,870	46,154	30,000	35,714	24,000	27,586	33,333				
RUGG1	100	100,000	77,778	66,667	66,667	55,556	33,333	44,444	44,444				
GLEA1	100	94,241	64,689	48,136	53,644	58,401	26,434	18,519	27,749				
ELLE1	100	89,110	47,808	31,697	36,653	41,244	15,230	10,204	16,110				
MOTY1	100	51,163	28,249	16,400	14,966	14,575	8,999	10,417	10,742				
BETA_n	1-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9				
JACC _n	100	56,250	50,000	47,619	45,455	47,059	66,667	50,000	45,833				
SOER _n	100	72,000	66,667	64,516	62,500	64,000	80,000	66,667	62,857				
RUGG _n	100	100,000	62,500	71,429	88,235	51,613	73,684	75,000	55,000				
GLEA _n	100	94,241	92,866	91,961	80,076	84,468	93,687	80,105	74,893				
ELLE _n	100	89,110	86,683	85,118	66,772	73,113	88,124	66,812	59,863				
MOTY _n	100	51,163	35,414	54,811	54,822	66,428	82,066	51,309	42,060				
Aktive Skala													
Braun-Blanquet													

Anhang 2. Ergebnisse des Programms DiversityCalc für den Aremberg-Datensatz.

Appendix 2. Outputs of DiversityCalc for the Aremberg dataset.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Decheniana](#)

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: [162](#)

Autor(en)/Author(s): Möseler Bodo Maria, Sievers Rolf, Alvarez Miguel

Artikel/Article: [Diversitätsanalyse unter Verwendung des Programmes DiversityCalc am Beispiel eines Wald-Transektes vom Aremberg in der Ostefel 67-78](#)