UNIVERSITÄT LEIPZIG
Fakultät für Biowissenschaften, Pharmazie und Psychologie
Institut für Biologie

Skalen- und Standortabhängigkeit von Mustern pflanzlicher Biodiversität in charakteristischen Vegetationstypen der Braunkohle-Nachfolgelandschaft am Westufer des Cospudener Sees

Abschlussarbeit zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Science (B.Sc.)

vorgelegt von

Nils Kretzschmar

geb. am 29.Juli 1990 in Oelsnitz/V.

Gutachter: Herr Prof. Dr. Christian Wirth
Gutachter: PD Dr. Martin Freiberg

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen benutzt habe.

Alle Seiten, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder noch nicht veröffentlichten Quellen entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht.

Die Zeichnungen oder Abbildungen in dieser Arbeit sind von mir selbst erstellt worden oder mit einem entsprechenden Quellennachweis versehen.

Diese Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüfungsbehörde eingereicht worden.

Leipzig, den

Zusammenfassung

Die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel „Skalen- und Standortabhängigkeit von Mustern pflanzlicher Biodiversität in charakteristischen Vegetationstypen der Braunkohle-Nachfolgelandschaft am Westufer des Cospudener Sees“ beschäftigt sich mit den Ursachen von pflanzlicher Vegetation und den Einflussfaktoren auf die pflanzliche Vegetation. Dazu wurden 30 Versuchsflächen am Westufer des ehemaligen Braunkohletagesbaus im Süden von Leipzig ausgewählt und auf ihre Biodiversität in Bezug auf Pflanzen untersucht. Zusätzlich wurden biotische und abiotische Faktoren ermittelt und erfasst, die als Ursache beziehungsweise begrenzende Faktoren der pflanzlichen Vielfalt angesehen werden. Einige Beispiele dieser Faktoren sind „Trittbelastung“, „in Anspruch genommene Fläche durch konkurrenzstarke Pflanzenarten“, „Offenheit des Kronendaches“ und „Wuchshöhe“. Alle Faktoren dienen im Anschluss zur computerbasierten Analyse von Verbreitungsmustern und sollen die Biodiversität und die Heterogenität beziehungsweise Struktur des Untersuchungsgebietes erklären. Dazu wurde das Statistikprogramm „R“ verwendet, um ANOVA – Modelle und Korrelationen zu ermitteln. Als zentraler Aspekt gilt die Erarbeitung der drei Diversitätsindizes „alpha“, „beta“ und „gamma“. Mithilfe der Analysen und Erkenntnisse aus den Vegetationsanalysen sollen abschließend drei Hypothesen beantwortet werden. Dazu wurde das Untersuchungsgebiet in drei in sich relativ einheitliche Vegetationsräume, in dieser Arbeit als Stratum bezeichnet, eingeordnet. Im Stratum „Trockenrasen“ soll der Hypothese nachgegangen werden, ob die vorwiegend vom Mensch ausgehende Trittbelastung die Heterogenität und damit Biodiversität maßgeblich bestimmt. Im Stratum „Rosenbusch“ soll die Frage beantwortet werden, ob die Fläche, welche vom Land – Reitgras (*Calamagrostis epigejos*), einer sehr konkurrenzstarken Pflanzenart, in Besitz genommen wird, die Heterogenität des Stratums erklärt. Als dritte Hypothese gilt die Vermutung, ob der Faktor Licht im Stratum „Wald“ die Artenvielfalt am stärksten erklärt. Diese Hypothesen konnten schlussendlich anhand der erarbeiteten Daten beantwortet werden, wobei zwei der drei Hypothesen als nicht vertretbar klassifiziert wurden. Parallel zur den Untersuchungen erfolgte die Kartierung und Katalogisierung der vorhandene Pflanzenarten und die Etablierung von Versuchsflächen für weiterführende Forschungen. Ebenfalls wurden naturschutzrelevante Ausarbeitung vollzogen und es wurden Gedanken zur Zukunftsentwicklung des touristisch beliebten und anthropogenen Kulturraumes geäußert.

Vorwort

In diesem Vorwort soll allen Menschen gedankt werden, die Teil hatten an dieser Bachelorarbeit und das Voranschreiten dieser Arbeit unterstützt und überhaupt erst ermöglicht haben.
An erster Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Christian Wirth danken, der zu jeder Zeit ein wichtiger und hilfreicher Ansprechpartner war. Durch seine Unterstützung konnte diese Arbeit entstehen und ohne seine fachlichen Hinweise und Ratschläge wäre diese Ausarbeitung an vielen Stellen gescheitert.
Ebenfalls möchte ich Frau Dr. Carolin Seele danken, deren maßgebliche Unterstützung im Bereich der Computeranalysen und Erstellung der Hemisphären Fotografien erfolgte. Ihr Fachwissen und ihre immer vorhandene Ansprechbarkeit hat diese Arbeit maßgeblich unterstützt.
Ein herzliches Dankeschön auch an Herrn Peter Gutte, der als helfende Hand in Bezug auf die Pflanzenbestimmung zu erwähnen ist. Ohne seine Hinweise und Ratschläge wäre es zu vielen Fehlern innerhalb der Artidentifikation gekommen.
Auch Frau Dr. Anja Kahl möchte ich danken für die Arbeit in Bezug auf das verwendete Material und die Bereitstellung der Gerätschaften.
Ebenfalls möchte ich Herrn Florian Brückmann danken, der an der fachgerechten Erstellung der hemisphärischen Fotos beteiligt war.
Abschließend möchte ich meiner Freundin Sandra Adler danken, die zu jeder Zeit eine helfende Hand war und mich in schwierigen Zeiten motiviert und ermutigt hat. Außerdem half sie bei einigen Pflanzenbestimmungen und war beteiligt am Erstellen der hemisphärischen Fotos.

Inhaltsverzeichnis

Titelblatt 1

Erklärung 2

Zusammenfassung 3

Vorwort 4

Inhaltsverzeichnis 5

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis 7

Einleitung 8

Material und Methoden 12

- Die Plotauswahl 12
- Der Plotaufbau 13
- Die Plotanzahl 14
- Die Pflanzenbestimmung 15
- Diversitätsindizes – Bedeutung und Berechnung 15
- Die Festlegung der Plots auf Dauer 16
- Hemisphärische Fotografien 17
- Aufnahme der hemisphärischen Fotografien 18
- Die Plotbeschreibung 18
- Datenanalyse 19

.

Ergebnisse 21

- Karte des Versuchsgebietes 23
- GPS – Daten der dreißig Versuchsflächen 25
- Ergebnisse der Vegetationsanalyse – Daten für alle Straten 26
- Ergebnisse der Vegetationsanalyse – spezifische Daten 28
- Diversitätsunterschiede und Stratumsvergleich 30
- Statistische Auswertung der Daten und Modellbestimmung 32

Diskussion 36

- Standortfaktoren und Plotdesign 36
- Erklärungen zur Artzusammensetzung 36

- Erläuterungen zu den allgemeinen Daten der Vegetationsanalyse 37
- Erläuterungen zu den spezifischen Daten der Vegetationsanalyse 38
- 1. Trittbelastung und deren Auswirkung auf das Stratum „Trockenrasen“ 38
- 2. Deckung von Calamagrostis epigejos und Einfluss vegetativer Arten auf das Stratum „Rosenbusch“ 40
- 3. Der Faktor Licht und der Einfluss der Grundfläche der Bäume im Stratum „Wald“ 41
- Zusammenfassend und Beantwortung der Hypothesen 42
- Methodenkritik und Fehlerbetrachtung 42
- Bewertung der Häufigkeit von Centaurium erythraea und Zukunftsprognose 43

Quellenverzeichnis 45

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.: Gesamtartenliste
- Teil I 21
- Teil II 22
- Teil III 23

Tabelle 2.: GPS – Daten
- Teil I 25
- Teil II 26

Tabelle 3.: allgemeine Daten der Versuchsflächen
- Teil I 26
- Teil II 27

Tabelle 4.: Mittelwerte der allgemeinen Daten 28

Tabelle 5.: spezifische Daten der Versuchsflächen 29

Tabelle 6.: Sigifikanzwerte 31

Tabelle 7.: Ergebnisse ANOVA – Modelle
- Teil I 33
- Teil II 34

Abbildung 1.: Versuchsaufbau 14

Abbildung 2.: Karte des Versuchsgebietes 24

Abbildung 3.: Vergleich der Diversitätsindizes 30

Abbildung 4.: Vergleich „gamma“ - Diversität mit Stratum 32

Abbildung 5.: Verbreitung *Centaurium erythraea* 35

Einleitung

Die Diversität des Lebens auf unserer Erde ist unvorstellbar groß. Verschiedene Quellen gehen dabei von 3 bis 100 Millionen Arten aus. Mit einer neueren Schätzung von 8,7 Millionen Arten wollen Biologen die Zahl der Arten genau beziffern. In Deutschland hingegen kommen etwa 4000 Gefäßpflanzen und knapp 40000 Tierarten vor. Doch um diese Artenzahlen zu ermitteln, bedarf es präziser und aussagekräftiger Methoden, die uns versichern, dass die gemessene Diversität auch einer realen Artenvielfalt gleich kommt. Es gibt viele verschiedene Vorgehensweisen, um die Anzahl der Arten in einem Areal zu quantifizieren. Diese Bachelorarbeit versucht, eine ausgewählte Methode anzuwenden und somit die Biodiversität in einem modernen anthropogenen Kulturraum zu erfassen. Des Weiteren sollen abiotische und biotische Faktoren gemessen werden, um weitere, genauere Aussagen über die Faktoren, welche das Vorhandensein von Arten beeinflussen, treffen zu können.

Dabei spielen im Verlauf dieser Abschlussarbeit die Diversitätsindizes „alpha“, „beta“ und „gamma“ eine zentrale Rolle. Insbesondere die Indizes „beta“, welcher ein Maß für die Heterogenität einer Versuchsfläche ist, und „gamma“, welcher die Gesamtanzahl aller Arten in einer Versuchsfläche beschreibt, sollen Erkenntnisse über die Ursachen und die Voraussetzungen für das Auftreten von Pflanzenarten liefern.

Die vorliegende Bachelorarbeit untersucht die Vegetation am Westufer des Cospudener Sees in der Nähe von Leipzig, Deutschland. Die Untersuchungszeit begann dabei im Mai 2013 und endete im September desselben Jahres.

Die nördliche Breite der Lage des Cospudener Sees beträgt dabei etwa 51.16° und die östliche Länge etwa 12.19°. Der ehemalige Braunkohletagebau ist heute ein beliebtes Freizeitgebiet der Bevölkerung der mitteldeutschen Großstadt. Nach dem Beginn der Braunkohleförderung im August 1981 erfolgte die Förderung der wichtigen Energiequelle bis zum 20.April 1990 (Angaben der Stadt Leipzig). Durch die Bürgerinitiative „Stop Cospuden“ wurde die bis eigentlich 1996 andauernde Auskohlung des Tagebaus vorzeitig gestoppt. Aufgrund des Bundesberggesetzes (Steinhuber, 2009) begannen 1991 die Rekultivierungsarbeiten. Diese wurden im Jahre 2000 mit dem Erreichen des geplanten Wasserstandes abgeschlossen und im Juni 2000 wurde der Landschaftspark Cospuden, begünstigt durch die EXPO 2000, der Öffentlichkeit zugängig gemacht. Seitdem erfreut sich der stadtnahe See großer Beliebtheit, besonders in Bezug auf den Badetourismus (Conrad).

Die Vegetation des Cospudener Sees wurde nach dem Abschluss der

Rekultivierungsarbeiten großenteils der natürlichen Sukzession überlassen (Durka, Schmidt, 2005). Sie stellt damit bezüglich der pflanzlichen und tierischen Biodiversität einen besonders interessanten Forschungsraum dar. Eine Vielzahl von Pflanzen, Vögeln und Insekten lebt im und um den ehemaligen Braunkohletagebau.
Ein erstes Ziel sollte daher sein, die Biodiversität zu erfassen. Dazu wurde aus vielen möglichen Methoden schlussendlich „Whittaker's Plant Diversity Sampling Method“ (Shmida, 1984) ausgewählt und leicht abgeändert. Diese Methode erlaubt das Vergleichen von Versuchsflächen mit gleicher Größe und sollte sich als präzise und nützlich für die vorliegende Arbeit herausstellen.
Die Vegetation des Cospudener Sees ist aufgrund der natürlichen Sukzession sehr dynamisch und vielgestaltig. Infolgedessen erzeugt sie viele Kleinstbiotope und prägt dadurch diesen wichtigen Kulturraum des Leipziger Umlandes (Durka, Schmidt, 2005). Zusätzlich zur oberirdischen Ausprägung der Landschaft beeinflusst der Boden die Vegetation der Bergbaufolgelandschaft. Die Böden sind relativ jung, da sie meist aus den Abraumhalden der Bergbautätigkeit geschaffen wurden. Sie bestehen hauptsächlich aus Sanden und Kiesen, sowie geringen Anteilen von Lehm, Ton und Schluff (Durka, Schmidt, 2005). Erdzeitaltlich gesehen entstammen sie dem Alttertiär (Geotopkarte Sachsen, 2001). Die letzte Beeinflussung erfolgte während der Saalekaltzeit. Der Bereich befindet sich im Gebiet der Altmoräne und ist, wie bereits erwähnt, von den Sedimenten der glazialen Ereignisse geprägt. Bei den ersten Begehungen des Gelände im Mai 2013 konnten eine erste Einteilungen der zukünftigen Untersuchungslandschaft in Straten, also gleichmäßige Vegetationsräume, getroffen werden. Dabei wurden grob drei Großräume unterschieden. Es handelt sich dabei um „Trockenrasen“, „Rosenbuschvegetation“ und „Wald“. Der Bereich der „Trockenrasen“ beschreibt eine relativ homogene Einheit aus niedrig wachsender, gehölzloser Vegetation, die von verschiedenen Gräsern und Kräutern geprägt ist. Das Stratum der „Rosenbuschvegetation“ beinhaltet Bereiche, die von ausdauernden Gehölzen mit mittlerer Wuchshöhe und krautiger Flora, teilweise bis 1,50m Wuchshöhe, charakterisiert wird. Zuletzt beinhaltet das Stratum „Wald“ Vegetationsbereiche, die hauptsächlich von Bäumen und verholzenden Sträuchern geprägt sind. Innerhalb dieser drei Straten sollen kleine Versuchsflächen, im folgenden „Plots“ genannt, angelegt werden.
Innerhalb dieser Plots wird angestrebt, mit der „Plant Diversity Sampling Method“ von Whittaker, unterschiedliche Facetten der Vielfalt aller vorkommenden Pflanzenarten zu erfassen. Mithilfe der Ergebnisse der Methode von Whittaker können dann die

Diversitätsindizes „alpha“, „beta“ und „gamma“ ermittelt werden, welche wiederum Auskunft über die Hintergründe der erhaltenen Artenvielfalt geben können. Zusätzlich zum Erhalt der Indizes kann eine vollständige Artenliste des Versuchsgebietes erstellt werden. Außerdem sollen abiotische und biotische Faktoren erfasst werden, die möglicherweise die Diversität der vorkommenden Arten erklären. Dazu wurden Überlegungen angestrengt, welche Faktoren überhaupt pflanzliche Biodiversität beeinflussen und zusätzlich relativ einfach zu messen sind. Hierbei wurden folgende Gedanken formuliert.
Im Bereich der „Trockenrasen“ spielt besonders die Menge an einfallendem Licht eine große Rolle. Diese Vermutung wird hauptsächlich durch die geringe Häufigkeit an Bäumen und Sträuchern begründet. Neben dem Licht spielt möglicherweise auch die Trittbelastung, hauptsächlich durch den Menschen als Folge des Badetourismus, eine übergeordnete Rolle. Frühere Untersuchungen zeigen, dass mechanische Belastungen von Vegetationsflächen die Artenvielfalt einschränken können (Treiber, 2003), aber auch bei mittlere Störungsstärke die Artabundanz deutlich erhöhen können (Schulze et al., 2002, S. 679). Die Versuchsflächen, welche in den Bereich „Rosenbuschvegetation“ fallen, werden hingegen von anderen Faktoren stärker beeinflusst. Neben dem Faktor Licht spielt hier besonders der Faktor der Konkurrenz zwischen den Pflanzenarten eine Rolle bezüglich der Biodiversität eines Vegetationsraumes (Schulze et al., 2002). Dabei soll ein besonderes Augenmerk auf die Verbreitung und Häufigkeit von klonalwachsenden- oder ausläuferbildenden Pflanzenarten, insbesondere auf das Land- Reitgras (*Calamagrostis epigejos*) gelegt werden (Powell, 2011). Zuletzt wird als wichtigster Faktor für die Vielfalt der Artzusammensetzung im Stratum „Wald“ das Licht zu nennen sein. Durch einen mehr oder weniger starken Kronenschluss wird dies der Hauptfaktor sein, der besonders die Artanzahl der Krautschicht beeinflussen wird. Zusätzlich zur Messung des Lichtes soll eine Vermessung der Grundfläche der Bäume erfolgen, welche als Basalfläche in die Auswertung einfließt und beschreibt, welche Fläche von Bäumen innerhalb eines Plots in Anspruch genommen wird. Die Messwerte für den wichtigen Faktor Licht werden mithilfe von hemisphärischen Fotos und deren Auswertung am Computer ermittelt.
Abschließend sollen die Zeigerwerte nach Ellenberg (Ellenberg; Leuschner, 2010) für jede Versuchsfläche anhand der Artzusammensetzung ermittelt werden. Diese werden neben dem Faktor Hangneigung Informationen über das Mikrorelief liefern, um mögliche Einflüsse der Bodeneigenschaften und Beschaffenheit des Terrains zu erkennen und erklären zu können.
Nach Abschluss der Datenaufnahme werden computergestützte Analysen durchgeführt,

welche die genauen Zusammenhänge der Daten untereinander beschreiben und eine Interpretation ermöglichen. Diese Analyse basiert auf dem Statistikprogramm „R“ und wird für alle Auswertungen herbeigezogen. Dabei erfolgt eine hypothesenoriente Arbeit, die versucht, folgende zentrale Fragestellungen zu beantworten:
Die Hypothesen lauten wiefolgt:

- Die „Trittbelastung“ gilt als erklärungsstärkster Faktor für die Diversität der Pflanzenarten in den Plots des Stratums „Trockenrasen“.
- Der prozentuale Deckung von *Calamagrostis epigejos* beeinflusst die Artenvielfalt in den Plots des Stratums „Rosenbuschvegetation“ am stärksten.
- In den Plots des Stratums „Wald“ gilt der Einfluss des Lichts als der Faktor, welcher die größte Erklärungskraft Diversität der Arten besitzt.

Die Hypothesen beziehen sich dabei auf die Annahme, dass eine steigende Intensität des untersuchten Faktors die Artenvielfalt negativ beeinflusst. Diese Auffassung gilt aber nur für die Straten „Trockenrasen“ und „Rosenbuschvegetation“. Innerhalb des Stratums „Wald“ wird davon ausgegangen, dass eine Steigerung der Intensität des Faktors Licht zu einer Steigerung der Artenvielfalt führt. Anhand dieser Hypothesen sollen Erkenntnisse über die Ursachen und die Muster pflanzlicher Verbreitung in diesem vom Mensch geschaffenen Kulturraum gewonnen werden. Dabei können insbesondere Vorschläge bezüglich der Erhaltung von Arten für den Naturschutz interessant sein. Auch für die Forstwirtschaft können möglicherweise Ergebnisse von Bedeutung sein, welche die Waldentwicklung an diesem Standort näher beschreiben und Zukunftsprognosen ermöglichen, in welche Richtung sich der Wald entwickeln könnte. Mithilfe der Bachelorarbeit könnte außerdem ermöglicht werden, Aussagen über die vegetationsorientierte Entwicklung des gesamtes Bereiches am Westufer des Cospudener Sees zu treffen. Dabei stehen besonders das Verhalten gegenüber Badegästen und deren Einfluss auf die Diversität als auch das mögliche Stoppen der Sukzession in Vordergrund. Es wäre ebenfalls von allgemeinem Interesse, ob ein zunehmender menschlicher Einfluss in Bezug auf Mahd oder Beweidung durch Schafe und Ziegen positive oder negative auf die Diversität des Standortes haben könnte. Zusätzlich soll eine Aussage darüber getroffen werden, ob die Verbreitung von konkurrenzstarken Arten, insbesondere *Calamagrostis epigejos*, die Artzusammensetzung der Plots nicht nur beeinträchtigt, sondern auch das lokale Aussterben von Arten fördert oder nicht (Powell et al., 2011; Jäger et al., 2009; Hejda et al., 2009). Zu Letzt dient die Erarbeitung der Verbreitung des

Echten Tausendgüldenkrautes (*Centaurium erythraea*), welches aktuell auf der Vorwarnliste der Roten Liste (Rote Liste Sachsen, 2013) steht, als sicherlich interessanter, naturschutzrelevanter Nebeneffekt dieser Bachelorarbeit.
Abschließend kann damit diese Abschlussarbeit als Grundlage für weitergehende Forschungen am Standort „Cospudener See“ gelten und ermöglicht vielleicht tiefer reichende Erkenntnisse über diesen anthropogenen Kulturraum in der Nähe der mitteldeutschen Metropole Leipzig.

Material und Methoden

Die zentrale Methode dieser Arbeit ist, wie in der Eineleitung bereits beschrieben, die „Plant Diversity Sampling Method“ von Robert Harding Whittaker. Die Vorgehensweise entspricht in abgeänderter Form den Beschreibungen von A.Shmida (1984). Die Durchführung der Methode soll dennoch näher erläutert werden.
Die Methode von Whittaker dient zur Erfassung der pflanzlichen Diversität in einem von Versuchsfläche zu Versuchsfläche gleichbleibender Areal. Kernpunkt ist dabei, dass pro Versuchsfläche die Erfassung aller Arten in einem immer um den Faktor 10 größer werdenden Teilplot erfolgt. Die einzelnen Größen sind im speziellen:
1 m², 10 m², 100 m² und 1000 m². Leider kann im Versuchsareal am Westufer des Cospudener Sees aufgrund der geringen Breite und der möglichen Durchmischung von Straten die Maximalfläche von 1000 m² nicht angewandt werden. Als Ausgleich wurde deshalb beschlossen, eine Ersatzgröße von 0,1 m² zu verwenden, um eine weitere Flächenkorrelation mit der Artanzahl zu erreichen.

Die Plotauswahl

Die Versuchsflächen, kurz Plots, wurden subjektiv vom Verfasser der Abschlussarbeit ausgewählt. Die Auswahl der Plots mithilfe eines Computerprogramms wurde verworfen, da mit einer subjektiven Plotsauswahl die Beantwortung der Hypothesen als wahrscheinlicher und genauer angenommen wurde. Deshalb wurden die Plots im Stratum „Trockenrasen“ nach der subjektiven Stärke der Trittbelastung, die Plots des Stratums

„Rosenbuschvegetation“ nach der Bedeckung mit *Calamagrostis epigejos* und die Plots im Stratum „Wald“ nach möglichst differenzierten Lichtverhältnissen ausgewählt. Innerhalb aller Straten wurde darauf geachtet, ein möglichst großes Spektrum in Bezug auf die beeinflussenden Faktoren zu erhalten. Es wurde darauf abgezielt, einen aussagekräftigen Gradienten zu erzeugen, der sowohl Plots mit geringer Belastung als auch Plots mit hoher Belastung durch den zu untersuchenden Faktor beinhaltet.

Der Plotaufbau

Nach Identifizierung der Plots im Gelände wurden die Flächen mithilfe zweier Maßbänder (Firma Spencer, 20 m Länge) und eines Rollenmaßbandes (50 m Länge) vermessen. Die Kantenlänge des Quadrates betrug dabei 10 m, um schlussendlich eine Gesamtfläche von 100 m² zu erhalten. Die Eckpunkte wurden mit Fähnchen markiert und Kanten des Quadrates mit den Maßbändern belassen, um eine bessere Übersicht über das Versuchsgebiet zu gewährleisten.
Anschließend erfolgte die Erzeugung einer Mittellinie, im folgenden als Transekt bezeichnet. Anhand dieser Mittellinie konnten nun die 1 m² Flächen erfolgreich abgetragen werden. Diese 1 m² Flächen erfahren im weiteren Verlauf eine erhöhte Bedeutung, da sie zur Berechnung der Diversitätsindizes „alpha“, „beta“ und „gamma“ dienen. Entlang des Transekts konnten folglich 10 Flächen a 1 m² etabliert werden. Außerdem erfolgte alle zwei Flächen die Etablierung von 0,1 m² Flächen, insgesamt also fünf. Deren Kantenlänge betrug 0,2 m mal 0,5 m.
Des Weiteren wurden jeweils 5 Flächen a 1 m² ausgewählt und anschließend verdoppelt, um 2 Flächen a 10 m² zu erhalten. Abschließend gilt die Gesamtfläche mit 100 m² als größte Einzelversuchsfläche. Außerdem wurden die einzelnen Flächen mit Buchstaben versehen, um eine bessere Übersicht zu erhalten:

- 0,1 m² wurde als „A“ bezeichnet, Anzahl beträgt fünf, folglich A1 bis A5
- 1 m² wurde als „B“ bezeichnet, Anzahl betrug zehn, folglich B1 bis B10
- 10 m² wurde als „C“ bezeichnet, Anzahl betrug zwei, folglich C1 bis C2
- 100 m² wurde als „D“ bezeichnet, Anzahl betrug eins, folglich nur D1

Zur besseren Veranschaulichung des Versuchsaufbau dient Abbildung 1.

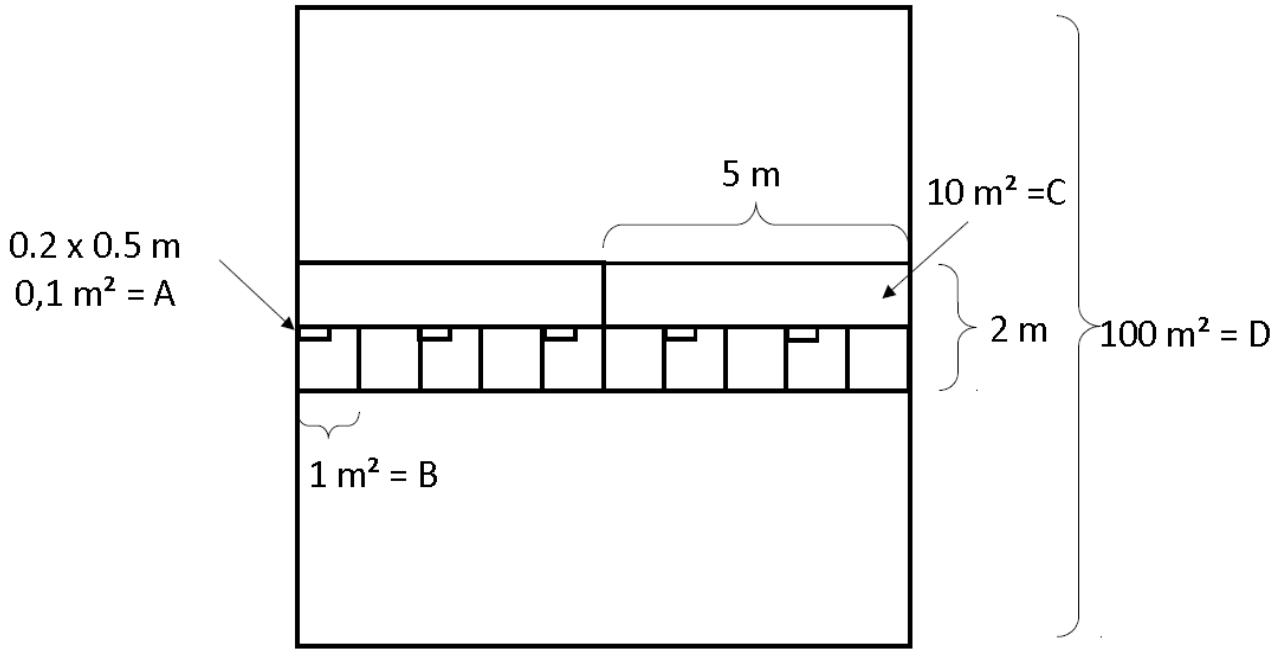

Abbildung 1. zeigt die beispielhafte Etablierung eines Versuchsplots nach R.H. Whittaker. Dabei wurden fünf 0,1 m² Flächen (A), zehn 1 m² Flächen (B), zwei 10 m² Flächen (C) und die Gesamtfläche von 100 m² (D) erzeugt.

Es ergab sich schlussendlich folgende Flächenverteilung:

5 x **0.1 m² = A** → 10 x **1 m² = B** → 2 x **10 m² = C**→ 1 x **100 m² = D**

Zur besseren Handhabung der Flächen „A“ und „B“ wurde während der Analyse der Pflanzenarten ein Zollstock eingesetzt.

Die Plotanzahl

Die Plotanzahl wurde auf 30 festgelegt. Dabei erfolgte pro Stratum die Ausarbeitung von 10 Plots und deren dazugehörigen Teilflächen. Dadurch konnte gewährleistet werden, dass etwaige statistische Probleme, welche zur Zeit der Plotauswahl noch nicht erkenntlich waren, mithilfe der technischen Wiederholungen minimiert werden.

Die Pflanzenbestimmung

Anschließend wurde mit der Bestimmung aller im Plot vorkommenden Arten begonnen. Dabei wurden zuerst alle Arten in 100 m² bestimmt, um die insgesamte Artenvielfalt pro

Plot (D) zu ermitteln. Dabei wurden der „Rothmaler“ (Hrsg. Jäger, Eckehart J.; 20 Auflage, 2011) und die „Flora Sachsens und angrenzender Gebiete“ (Gutte, Hardtke, Schmidt; 1.Auflage, 2013) und die „Flora Vegetativa“ (Eggenberg, Mörl; 2. vollständig überarbeitete Auflage, 2009) verwendet. Ebenfalls konnte auf das Wissen von Frau Dr. Carolin Seele, Herrn Prof. Dr. Christian Wirth und Herrn Peter Gutte zurückgegriffen werden, welche als Berater zur Seite standen.
Die vorhandenen Daten wurden in eine vorbereitete Tabelle eingetragen, um eine schriftliche Dokumentation zu gewährleisten.
Nach dem Erhalt der Gesamtartenanzahl (D) wurde mit den 0,1 m² und 1 m² Flächen fortgefahren. Wichtig ist dabei, dass in allen Teilflächen A bis D nicht die Anzahl aller Individuen pro Art, sondern nur das Vorkommen oder die Abwesenheit
(engl. presence – absence) einer Art entscheidend ist.
Demnach wurden fortlaufend alle Arten entlang des Transekts ermittelt, beginnend in Teilfläche A1, endend mit Teilfläche B10 (siehe Abbildung 1.).
Abschließend wurde noch die Teilfläche C1 ausgewählt, um die dort vorhandenen Pflanzenarten nach der Deckung zu schätzen. Dabei wurde ein Schätzskala mit der kleinsten Teileinheit von 1 % angewandt. Die Mindestdeckung eine Art kann folglich 0%, bei einer Deckung niedriger als 0,1 m², oder 100 %, bei einer Deckung von 10 m², haben.

Diversitätsindizes – Bedeutung und Berechnung

Die Berechnung der Diversitätsindizes erfolgte nach folgendem Schema:
Der Diversitätsindex „alpha“ gibt die durchschnittliche Artenanzahl pro Teilfläche (B) in einem Plot an. Dazu muss die Summe der Artenanzahl aller (B) – Teilflächen erzeugt werden und durch die Gesamtananzahl der Teilflächen (B) dividiert werden. In allen Plots wurden 10 Teilflächen (B1 – B10) erzeugt, wodurch die Berechnung vereinfacht wird.
Für die Ergebnisse von Plot 1 (zugrunde liegende Daten sind nicht aufgeführt) soll eine Beispielrechnung demonstriert werden:

$$\alpha = \frac{\text{Summe der Artenzahl pro B} - \text{Plot}}{\text{Gesamtanzahl Plots}(\text{B})} = \frac{8+10+9+10+11+10+8+8+6+9}{10} = \mathbf{9}$$

Somit ergibt sich in Plot 1 für die Berechnung des alpha – Index der Wert 9.

Der Diversitätsindex „gamma“ beschreibt die Gesamtzahl aller gefundenen Pflanzenarten in den Teilflächen B1 bis B10. Für Plot 1 beträgt diese 23.
Mithilfe der Indizes „alpha“ und „gamma“ kann nun der „beta“- Diversitätsindex nach Whittaker berechnet werden. Dieser ist als der Quotient aus „alpha“ und „gamma“ definiert. Auch hier soll ein Rechenbeispiel, exemplarisch für Plot 1, präsentiert werden.

$$\text{beta}-\text{Diversität}(\beta)=\frac{\text{gamma}}{\text{alpha}}=\frac{23}{9}=\mathbf{2{,}556}$$

Der Index „beta“ dient als beschreibender Wert für die Heterogenität einer Versuchsfläche. Dabei kann er, in Falle des gewählten Versuchsaufbau, einen Maximalwert von 10 und einen Minimalwert von 1 annehmen. Bei einem Wert von „10“ würde in jeder Teilfläche (B) eine andere Artzusammensezung vorhanden sein. Dabei würde ebenfalls der Fall eintreten, dass sich keine Pflanzenart wiederholt.
Bei einem Wert von „1“ würde die Tatsache vorliegen, dass in jeder Teilfläche (B) die gleiche Artzusammensetzung besteht. Dass heißt, es gäbe keine Unterschiede zwischen den jeweiligen Teilflächen B1 bis B10.
Im weiteren Verlauf wird die Bedeutung des „beta“ - Index noch näher beschreiben.
Zur Berechnung der Mittelwerte für Wuchshöhe und der drei ausgewählten Zeigerwerte für Licht, Feuchtigkeit und Stickstoff wurde mithilfe von „R“ der nach Abundanz gewichtete Mittelwert berechnet. Dass bedeutet, dass der jeweilige Wert der Wuchshöhe oder des Zeigerwertes eine stärkere Gewichtung bei Arten erhält, deren Häufigkeit gemessen in B – Teilflächen höher ist. Dadurch kann Rücksicht auf die realen Gegebenheiten genommen werden, da möglicherweise eine seltene, sehr hohe Art die Ergebnisse verfälschen würde. Wichtig ist außerdem, dass bei der Berechnung der Wuchshöhen die Werte der möglicherweise im Plot und dessen Teilflächen vorkommenden Bäume nicht in die Berechnung einfließen. Dies geschieht deshalb, weil es primär das Ziel ist, die Einflüsse auf die krautige Vegetation zu untersuchen.

Die Festlegung der Plots auf Dauer

Nach der Bestimmung aller Pflanzenarten und der Ausarbeitung aller Teilflächen A bis D erfolgte die dauerhafte Festlegung der Plots für spätere Untersuchungen. Dazu wurde die genaue GPS – Position (engl. *Ground Positioning System)* des Plots ermittelt. Dazu wurde ein „etrex GPS“ Gerät der Firma „Garmin“ verwendet. Die technische Genauigkeit lag dabei bei 3 m. Das Messen der GPS – Daten erfolgte dabei in der Mitte des jeweiligen

Plots. Zusätzlich soll die Versenkung von Dauermagneten in etwa 20 cm unterhalb der Bodenoberfläche erfolgen. Diese können unabhängig von der Vegetation auch in späteren Jahren mithilfe eines Metalldetektors gefunden werden, sodass eventuelle weiterführende Forschungen auf denselben Versuchsflächen erfolgen können. Zur vorherigen Annäherung an den Plot dient dabei vorab das gemessene GPS – Signal.
Von einer Festlegung der Plots mithilfe von Holzpfosten oder Fahnen wurde abgesehen, da die Anzahl und das Verhalten der Besucher und Badegäste am Cospudener See die Sicherheit der Plots gefährdet hätte.

Hemisphärische Fotografien

Zum Erhalten der eintreffenden Lichtmenge auf die jeweiligen Plots wurden hemisphärische Fotos erstellt. Diese ermöglichen innerhalb des Computerprogramms WinSCANOPY, Version 2009a, mithilfe der GPS – Position und einer Datenbank, die Menge des auf den Plot auftreffenden Lichtes zu ermitteln. Dabei wird ebenfalls die von der Jahreszeit abhängige Position der Sonne am Himmel mit in die Berechnungen einbezogen. Dadurch kann ein genaues, dem Jahresablauf angepasstes Verhältnis von Plotstandort und Lichteinfall errechnet werden. Diese Daten dienen anschließend zur Bewertung und zuletzt zur Kategorisierung der Lichtmenge als Faktor für die pflanzliche Biodiversität am innerhalb des Plots.
Für die Aufnahmen wurde eine Kamera des Typs „Powershot G6“ von Canon verwendet. Diese wurde auf einem Stativ des Typs „144/CJ06“ der Firma Manfrotto genutzt. Dieses dient zur präzisen Ausrichtung und Befestigung der Kamera während der Aufnahmen. Um die hemisphärischen Fotos zu erzeugen, wurde mithilfe des „Conversion Lens Adapters LA – DC58D“ von Canon der „Fisheye – Converter DCR- CF185Pro“ von Raynox an der Kamera befestigt.
Die horizontale und vertikale Ausrichtung der Kamera erfolgte mithilfe einer Kreuzlibelle. Die Höheneinstellungen der Kamera wurden mithilfe des Stativs ermöglicht. Die genaue Höhe anhand der Skala des Zollstockes ermittelt.
Um die Vergleichbarkeit der Fotos mithilfe des Computerprogramms zu gewährleisten, wurde die Kamera vor den Aufnahmen mit einem Kompass „eingenordet“. Der Kompass vom Typ „KB – 14/400 D“ stammt von der Firma Suunto.

Aufnahme der hemisphärischen Fotografien

Vorab wurde für jeden Versuchsplot ermittelt, unter welchen Voraussetzungen die hemisphärischen Fotos am besten zu erzeugen wären. Es wurde sich geeinigt, jeweils Fotos auf der Minimalhöhe des Stativs (in diesem Fall 78 cm über dem Erdboden), in 130 cm Höhe vom Erdboden und auf der Maximalhöhe der photosynthetisch aktiven Organe der Pflanzen innerhalb des Plots durchzuführen. Die Höhe der letzten Fotos ist demnach variabel.
Die Einstellung der Kamera wurden wie folgendermaßen festgelegt. Das Dateiformat wurde auf *.jpeg* mit einer Auflösung von 3072 x 2304 eingestellt. Der Bildmodus wurde auf *„Tv“* festgesetzt. Die Blitzfunktion wurde deaktiviert. Im Kameramenü wurde mithilfe von *„Func“* und den Pfeiltasten die Funktion *„Focus Bracketing - BKT“ a*ktiviert. Infolgedessen wurde die Unterfunktion *„Auto Exposure Bracketing – AEB“* ebenfalls aktiviert. Die Funktion AEB ermöglicht, drei Fotos kurz nacheinander zu erzeugen, während nach jedem Foto die Beleuchtungsintensität geändert wird. Dadurch können in kurzer Zeit sowohl normal belichtete, als auch unter- und überbelichtete Fotografien aufgenommen werden. Die Einstellungen der Belichtungsstärke wurden dazu auf -2 (unterbelichtet), 0 (normal belichtet) und +2 (überbelichtet) festgelegt.
Um zu gewährleisten, dass keine Objekte die Aufnahmen stören, wurde versucht, dass in der Nähe befindliche Personen, sowie der Fotograf selbst, sich vom Aufnahmeort entfernen oder sich unterhalb der Linse der Kamera befinden. Dadurch kann eine fehlerfreie Interpretation der Fotos ermöglicht werden.

Die Plotbeschreibung

Zusätzlich zur Einteilung in das jeweilige Stratum wurden weitere Beschreibungen der Plots durchgeführt. Die Messung der Hangneigung wurde mithilfe eines Neigungsmessers vom Typ „PM – 5“ der Firma Suunto durchgeführt. Ebenfalls wurde die Orientierung des Hangs in Abhängigkeit vom Nordpol ermittelt. Beide Werte folgen dabei der Hangneigung und nicht zwangsläufig dem Verlauf des Transekts, an welchem die Vegetationsaufnahme erfolgt ist. Ebenfalls wurde mithilfe der „Bodenkundlichen Kartieranleitung“ (Hrsg. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; 5.Auflage, 2005) eine nähere Beschreibung des Mikroreliefs der jeweiligen Plots angestrebt. Dabei wurde sich hauptsächlich auf die allgemeine physische Form des Plots fokussiert. Diese

Informationen wurden zum Ende dieser Abschlussarbeit als nicht wichtig erachtet und sollen im Folgenden nicht dargestellt werden.

Datenanalyse

Die Erstellung der Datentabelle für die anschließenden Analysen erfolgte mit dem Programm „Libre Office / Libre Calculation“, Version 4.0.5.2. und dem Statistikprogramm „R“. Dabei wurde die Benutzeroberfläche „RStudio“, Version 0.98.1028 angewandt.
Die Erarbeitung der Karte des Versuchsgebietes erfolgte mit Photoshop Elements, Version 11.0.
Mithilfe der BIOLFLOR – Datenbank wurden die Eigenschaften bezüglich des Vorhandenseins von vegetativem Wachstum aller Pflanzenarten ermittelt.
Die Daten wurden innerhalb des Programms „R“ mithilfe des multiplen linearen Regressionsmodells untersucht. Dazu wurden Regressionsmodelle in Anhängigkeit von der „beta-“ und „gamma“ - Diversität erstellt, denen nacheinander weitere Faktoren hinzugefügt wurden. Begonnen wurde folglich mit einem möglichen Faktor. Mit steigender Anzahl der Einflüsse wurde untersucht, ob die Funktion der linearen Regression durch das Hinzufügen weiterer Faktoren besser oder schlechter in Abhängigkeit vom jeweiligen Diversitätsindex verläuft. Es wurde sich dabei an dem Bestimmtheitsmaß R^2 und dem p – Wert orientiert. Dabei waren in den verschiedenen Straten unterschiedliche Faktoren im Fokus der Untersuchungen. Dies beruht einerseits darauf, dass eine hypothesenorientierte Analyse erfolgte, andererseits aber bestimmte Faktoren nur in einem der drei Straten erfasst worden sind. Hierbei sollen die Faktoren „Trittbelastung“ und „Abstand von einer Wasserzugangsstelle“ im Stratum „Trockenrasen“ und „Flächendeckung von *Calamagrostis epigejos*“ im Stratum „Rosenbuschvegetation“ hervorgehoben werden. Faktoren, welche in allen Straten ermittelt wurden, sind auch in den Computeranalysen verwendet worden, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Dazu zählen zum Beispiel die „Varianz von sich vegetativ vermehrenden Arten“ und die „Grundfläche der in dem Plot vorhandenen Bäume“. Auch die Ergebnisse der hemisphärischen Fotografien fließen in die Analysen ein. Im weiteren Verlauf ist besonders der Faktor der „Offenheit des Kronendaches“ von Bedeutung.
Die Ausarbeitung der Signifikanzwerte erfolgte mit dem HSD – Test nach Tukey. Dabei werden paarweise Mittelwerte von Daten miteinander verglichen und bewertet (Hatzinger; Einführung durch angewandte Statistik, 2011).

Die Beschreibung der Faktoren, von denen die Diversität eines Stratums beeinflusst wird, erfolgte unter der Erstellung von „ANOVA“ – Modellen (engl. „Analysis of variance“) .Die Bewertung der Modelle wurde mithilfe des „Akaike information criterion“ (kurz: AIC) durchgeführt. Hierbei ist zu bemerken, dass je niedriger der Wert der AIC, desto besser das Modell. Die Ergebnisse aus den ANOVA – Modellen belaufen sich einerseits auf den R^2 – Wert (Bestimmtheitsmaß) und den p – Wert (Signifikanzwert). Dabei gilt: Je höher der R^2 – Wert und gleichzeitig je niedriger der p – Wert, desto besser ist Modell in Bezug auf seine Erklärungskraft. Die Suche beläuft sich also auf Modelle, welche einen hohen R^2 – Wert und niedrige p- und AIC – Werte aufweisen.

Ergebnisse

Die Vegetationsaufnahmen aller 30 ausgewählten Plots lieferten eine umfangreiche Artenliste aller gefundenen Art im Versuchsgebiet am Cospudener See. Diese Arten sind zusammen mit ihrer Häufigkeit, bezogen auf die Gesamtanzahl der Plots, in Tabelle 1. dargestellt. Die Gesamtartenanzahl beträgt 144 Arten.

Tabelle 1. (Teil I) zeigt die in allen Plots ermittelten Pflanzenarten und deren Häufigkeit bezogen auf die Gesamtplotanzahl. Die Anzahl aller Plots beträgt 30. Die aufgeführten Pflanzenarten bzw. -gattungen sind alphabetisch geordnet.

Acer campestre	7	Acer platanoides	10
Acer pseudoplatanus	16	Achillea millefolium	19
Aegopodium podagraria	5	Agrimonia eupatoria	8
Agrostis stolonifera	16	Alliaria petiolata	6
Alopecurus pratensis	1	Arctium lappa	1
Arrhenatherum elatius	14	Artemisia vulgaris	7
Arum maculatum	2	Betula pendula	9
Bromus erectus	2	Calamagrostis epigejos	11
Campanula trachelium	2	Carduus crispus	1
Carex hirta	4	Carex remota	1
Carex spec.	2	Carex sylvatica	2
Carpinus betulus	8	Centaurea jacea	4
Centaurium erythraea	8	Cerastium holosteoides	6
Chaerophyllum bulbosum	5	Chaerophyllum temulum	10
Cirsium arvense	11	Cirsium palustre	1
Cirsium vulgare	4	Convolvulus arvensis	4
Cornus sanguinea	15	Corylus avellana	6
Crataegus spec.	4	Dactylis glomerata	17
Dactylis polygama	7	Daucus carota	14
Deschampsia cespitosa	8	Deschampsia flexuosa	1
Dipsacus fullonum	4	Elymus repens	6
Epilobium parviflorum	2	Equisetum arvense	1
Euonymus europaea	5	Fagus sylvatica	1
Festuca brevipila	20	Festuca rubra	2
Filago minima	3	Fraxinus excelsior	17
Galeobdolon luteum	5	Galeopsis tetrahit	2
Galium album	6	Galium aparine	6
Geranium palustre	1	Geum urbanum	6

Tabelle 1. (Teil II) zeigt die in allen Plots ermittelten Pflanzenarten und deren Häufigkeit bezogen auf die Gesamtplotanzahl. Die Anzahl aller Plots beträgt 30. Die aufgeführten Pflanzenarten bzw. -gattungen sind alphabetisch geordnet.

Glechoma hederaceae	7	Heracleum sphondylium	6
Hieracium lachenalii	1	Hieracium laevigatum	2
Hieracium pilosella	2	Hieracium piloselloides	5
Holcus lanatus	17	Hypericum perforatum	21
Hypochaeris radicata	14	Impatiens parviflorum	4
Juglans regia	1	Juncus effusus	1
Lamiaceae spec.	1	Lapsana communis	1
Lathyrus latifolius	2	Lathyrus pratensis	5
Leontodon autumnalis (Scorzoneroides autumnalis)	6	Leontodon hispidus	1
Leucanthemum vulgare	1	Linaria vulgaris	2
Lolium perenne	7	Lotus corniculatus	7
Lysimachia vulgaris	2	Malus spec.	1
Medicago lupulina	4	Milium effusum	7
Ornithopus perpusillus	1	Pastinaca sativa	2
Phalaris arundinacea	2	Picris hieracioides	12
Pinus sylvestris	1	Plantago lanceolata	12
Plantago media	5	Poa nemoralis	7
Poa palustris	1	Poa pratensis	5
Poa trivialis	9	Poaceae spec.	1
Polygonaceae spec.	1	Populus x canadensis	3
Potentilla anserina	6	Potentilla argentea	7
Potentilla reptans	7	Prunella vulgaris	2
Prunus domestica ssp. syriaca	1	Prunus padus	10
Prunus serotina	4	Prunus spinosa	7
Pulmonaria obscura	5	Pyrus pyraster	5
Quercus robur	14	Quercus rubra	3
Ranunculus repens	1	Ribes rubrum	2
Rosa spec. (Canina-Gruppe)	14	Rosa spinosissima	7
Rubus armeniacus	3	Rubus caesius	11
Rumex acetosa	2	Rumex acetosella	8
Rumex obtusifolius	4	Rumex thyrsiflorus	1
Salix cinerea	2	Sambucus nigra	6
Sanguisorba minor	1	Scrophularia nodosa	2
Solidago canadensis	11	Sorbus aucuparia	2
Stachys sylvatica	5	Stellaria holostea	9
Symphytum officinale	1	Tanacetum vulgare	14

Tabelle 1. (Teil III) zeigt die in allen Plots ermittelten Pflanzenarten und deren Häufigkeit bezogen auf die Gesamtplotanzahl. Die Anzahl aller Plots beträgt 30. Die aufgeführten Pflanzenarten bzw. -gattungen sind alphabetisch geordnet.

Taraxacum officinale	5	Taraxacum spec.	3
Trifolium arvense	13	Trifolium dubium	5
Trifolium pratense	14	Trifolium repens	10
Tripleurospermum maritimum ssp. inodorum	3	Tussilago farfara	2
Ulmus minor	4	Urtica dioica	14
Veronica chamaedrys	2	Vicia cracca	7
Vicia hirsuta	12	Vicia tetrasperma	6
Viola reichenbachiana	4	Viola spec.	1

Die Gesamtartenliste zeigt alle gefundenen Arten und deren jeweilige Häufigkeit gemessen in Plots, in denen die Art vorkommt. Das Maximum beträgt dabei entsprechend der Plotanzahl von 30 ebenfalls 30. Man kann erkennen, dass es zu unterschiedlichen Häufigkeiten in Bezug auf alle Pflanzenarten kommt. Dabei tritt zum Beispiel das Getüpfelte Johanniskraut (*Hypericum perforatum*) mit einem Vorkommen von 21 von 30 Plots am häufigsten auf. Die weiteren Untersuchungen sollen nun die Faktoren identifizieren, welche zu den unterschiedlichen Verteilungen der Arten führen.

Karte des Versuchsgebietes

Da diese Arbeit Ausgangspunkt weiterer Untersuchungen sein könnte, wurde eine Karte des Versuchsgebietes erstellt. Auf dieser sollen alle Versuchsflächen dargestellt sein. Dazu wurde eine Luftbildaufnahme von der Internetseite „www.geoportal.sachsen.de“ vom 23.07.2012 als Grundlage genommen. Mithilfe der Internetseite „www.google.maps.de“ wurden die Koordinaten der Plots (Tabelle 2.; Seite 22) eingetragen und die Standorte mithilfe von „Adobe Photoshop Elements 11“ in das Kartenmaterial übertragen und abschließend mit den Plotnummern beschriftet. Die Karte in Abbildung 2. kann als Anhaltspunkt für das spätere Auffinden der Plots genutzt werden.

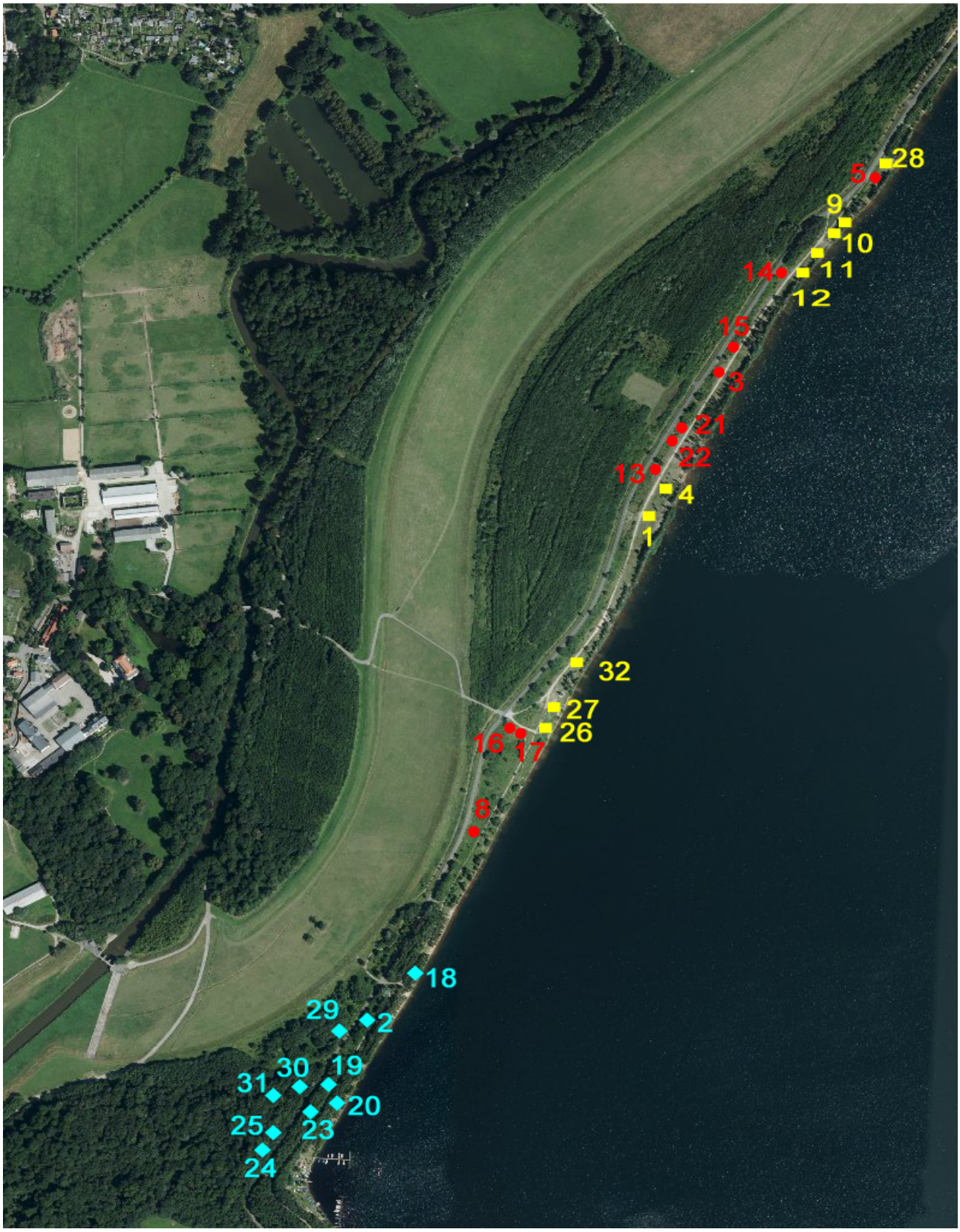

Abbildung 2. zeigt die Karte des Versuchsgebietes am Cospudener See; rote Kreise zeigen Plots vom Typ "Rosenbusch"; gelbe Quadrate zeigen Plots vom Typ "Trockenrasen" und hellblaue Rauten zeigen Plots vom Typ "Wald"

GPS – Daten der dreißig Versuchsflächen

Für das genaue Wiederfinden der Versuchsflächen im Gelände ist die Karte von Seite 21 nur bedingt von Vorteil. Sie ermöglicht einen grobe Ortsangabe, aber für die genaue Ploterkennung dienen die ermittelte GPS – Koordinaten. Die Messungen dazu erfolgten in der Mitte des jeweiligen Plots. Die Werte sind in Tabelle 2. aufgeführt.

Tabelle 2. (Teil I) zeigt die ermittelten GPS – Koordinaten aller Plots am Westufer des Cospudener Sees, sowie die ebenfalls ermittelte Höhe der jeweiligen Versuchsfläche über NN in m. Die Angaben der GPS – Koordinaten erfolgt in Grad (°) mit den Angaben „Latitude“ (hier Nördliche Breite) und „Longitude“ (hier östliche Länge).

Plot	Stratum	Höhe über NN	Latitude (N)	Longitude (E0)
1	Trockenrasen	114	51°16.590'	12°19.690'
4	Trockenrasen	112	51°16.611'	12°19.706'
9	Trockenrasen	110	51°16.834'	12°19.903'
10	Trockenrasen	111	51°16.829'	12°19.897'
11	Trockenrasen	114	51°16.809'	12°19.875'
12	Trockenrasen	112	51°16.771'	12°19.835'
26	Trockenrasen	112	51°16.413'	12°19.576'
27	Trockenrasen	113	51°16.431'	12°19.586'
28	Trockenrasen	116	51°16.886'	12°19.952'
32	Trockenrasen	114	51°16.467'	12°19.613'
3	Rosenbusch	115	51°16.710'	12°19.764'
5	Rosenbusch	115	51°16.874'	12°19.942'
8	Rosenbusch	109	51°16.327'	12°19.498'
13	Rosenbusch	116	51°16.637'	12°19.693'
14	Rosenbusch	118	51°16.792'	12°19.835'
15	Rosenbusch	115	51°16.730'	12°19.780'
16	Rosenbusch	114	51°16.414'	12°19.532'
17	Rosenbusch	113	51°16.411'	12°19.540'
21	Rosenbusch	115	51°16.665'	12°19.732'
22	Rosenbusch	116	51°16.657'	12°19.716'

Tabelle 2. (Teil II) zeigt die ermittelten GPS – Koordinaten aller Plots am Westufer des Cospudener Sees, sowie die ebenfalls ermittelte Höhe der jeweiligen Versuchsfläche über NN in m. Die Angaben der GPS – Koordinaten erfolgt in Grad (°) mit den Angaben „Latitude“ (hier Nördliche Breite) und „Longitude“ (hier östliche Länge).

Plot	Stratum	Höhe über NN	Latitude (N)	Longitude (E0)
2	Wald	111	51°16.176'	12°19.383'
18	Wald	114	51°16.210'	12°19.434'
19	Wald	114	51°16.122'	12°19.338'
20	Wald	117	51°16.107'	12°19.349'
23	Wald	123	51°16.096'	12°19.318'
24	Wald	120	51°16.082'	12°19.271'
25	Wald	119	51°16.086'	12°19.280'
29	Wald	108	51°16.153'	12°19.342'
30	Wald	112	51°16.119'	12°19.296'
31	Wald	110	51°16.117'	12°19.271'

Ergebnisse der Vegetationsanalyse – Daten für alle Straten

Im folgenden Teil sollen alle Ergebnisse dargestellt werden, die für jeden Plot gleichermaßen erfasst worden sind. Die Werte sind in Tabelle 3. aufgeführt.

Tabelle 3. (Teil I) zeigt die Ergebnisse der Berechnungen für die Diversitätsindizes „alpha“, „beta“ und „gamma“. Ebenfalls aufgeführt sind die Mittelwerte der Wuchshöhen (in [m]) und Zeigerwerte. Die Abkürzungen in der Spalte „Stratum“ lauten wie folgt: „TR“ = Trockenrasen; RB“ = Rosenbusch; „W“ = Wald.

Plot	Stratum	alpha - Diversität	gamma - Diversität	**beta - Diversität**	Mittelwert Licht	Mittelwert Feuchtigkeit	Mittelwert Stickstoff	Mittelwert Wuchshöhe in [m]
1	TR	9	23	**2,556**	7,4214	4,0975	3,2956	0,3390
4	TR	9,2	21	**2,283**	7,1830	4,2265	3,4337	0,4903
9	TR	7	20	**2,857**	7,6912	4,0438	3,1643	0,3852
10	TR	9,6	16	**1,667**	7,5509	4,5017	3,6521	0,4201
11	TR	5,6	8	**1,429**	7,9267	4,3467	3,3455	0,4116
12	TR	6,9	17	**2,464**	7,4613	4,3451	4,0493	0,4012
26	TR	5,1	11	**2,157**	7,6200	4,6367	5,7958	0,4204
27	TR	4,9	9	**1,837**	7,4245	4,7817	5,5667	0,3406
28	TR	6,8	17	**2,500**	7,8144	3,9217	3,6645	0,3586
32	TR	7,4	16	**2,162**	7,8302	4,3521	3,5641	0,4507

Tabelle 3. (Teil II) zeigt die Ergebnisse der Berechnungen für die Diversitätsindizes „alpha“, „beta“ und „gamma“. Ebenfalls aufgeführt sind die Mittelwerte der Wuchshöhen und Zeigerwerte. Die Abkürzungen in der Spalte Stratum sind wiefolgt: „TR“ = Trockenrasen; RB“ = Rosenbusch; „W“ = Wald.

Plot	Stratum	alpha - Diversität	gamma - Diversität	**beta - Diversität**	Mittelwert Licht	Mittelwert Feuchtigkeit	Mittelwert Stickstoff	Mittelwert Wuchshöhe in [m]
3	RB	6,4	21	**3,281**	7,2877	5,1179	5,6574	0,7664
5	RB	15,5	35	**2,258**	7,2630	4,9445	4,9532	0,5862
8	RB	8,6	19	**2,209**	7,1754	4,9610	5,7280	0,5989
13	RB	9,3	24	**2,581**	7,3254	5,4577	5,5929	0,7829
14	RB	11,3	22	**1,947**	6,9982	5,7229	6,1023	0,9761
15	RB	8,5	20	**2,353**	7,1677	4,9878	5,4333	1,0213
16	RB	9,7	25	**2,577**	7,1097	4,9268	6,0331	0,7576
17	RB	12,3	27	**2,195**	7,4553	4,4860	4,9991	0,7636
21	RB	9	25	**2,778**	7,3630	5,3659	5,5197	0,8395
22	RB	7,9	20	**2,532**	7,4828	4,8321	4,6790	0,6814
2	W	8,6	18	**2,093**	5,4050	5,3132	6,3423	1,0324
18	W	5,3	16	**3,019**	6,5410	4,0250	3,4550	0,8294
19	W	4,5	15	**3,333**	4,8417	5,3667	6,4917	1,4367
20	W	6,3	16	**2,540**	5,5911	5,2167	5,2917	1,2377
23	W	5,3	15	**2,830**	5,1131	5,6867	6,3067	0,9040
24	W	6,1	16	**2,623**	4,7092	5,6881	6,3162	0,8223
25	W	4,7	12	**2,553**	4,5400	5,4333	6,0967	0,5256
29	W	7,7	19	**2,468**	5,5342	5,4633	6,3017	0,9672
30	W	5,2	16	**3,077**	4,3390	5,4000	6,4205	0,5304
31	W	9,2	18	**1,957**	4,3373	5,5433	6,4232	0,7501

Die Tabelle 3. gilt als erster Teil der notwendigen Daten, um eine computerbasierte Analyse der Faktoren zu beginnen. Erkennbar sind die Ergebnisse für die Berechnungen der Diversitätsindizes „alpha“, „beta“ und „gamma“. Auffällig ist hierbei, dass insbesondere die Werte der „alpha-“ und „gamma“ - Diversität im Stratum „Rosenbuschvegetation“ höher sind als in den anderen beiden Straten. Das bedeutet, dass sowohl die durchschnittliche, als auch die gesamte Artenzahl im Stratum „Rosenbuschvegetation“ höher im Vergleich zu den Straten „Trockenrasen“ und „Wald“ ist. Die anderen Faktoren, beginnend bei der „beta“ - Diversität bis hin zum Mittelwert der Wuchshöhe zeigen auf den ersten Blick keine besonderen Auffälligkeiten. Der Übersicht wegen sollen in Tabelle 4. die Mittelwerte der erhaltenen Daten pro Stratum präsentiert werden. Dadurch bestätigt sich die Vermutung in Bezug auf die Diversitätsindizes.

Tabelle 4. zeigt die Mittelwerte der in Tabelle 3. enthaltenen Daten im jeweiligen Stratum.

Stratum	alpha - Diversität	gamma - Diversität	beta - Diversität	Mittelwert Licht	Mittelwert Feuchtigkeit	Mittelwert Stickstoff	Mittelwert Wuchshöhe in [m]
Trockenrasen	7,15	15,9	2,1912	7,59	4,32	3,95	0,40
Rosenbusch	9,85	23,8	2,4711	7,26	5,08	5,47	0,78
Wald	6,29	16,1	2,6493	5,09	5,31	5,94	0,90

Die Tabelle 4. zeigt, dass es Unterschiede in Bezug auf die Diversitätsindizes und den anderen Faktoren innerhalb der Straten gibt. Die Daten der „alpha-“ und „gamma“ - Diversität sind im Stratum „Rosenbuschvegetation“ am höchsten. Dieses Stratum weist somit die höchste durchschnittliche, als auch Gesamtartenzahl auf. Die größte Heterogenität zwischen den Teilflächen (B) besteht im Stratum „Wald“, erkennbar am Wert der „beta“ - Diversität. Es kann somit festgestellt werden, dass das Stratum „Wald“ in Bezug auf räumliche Struktur und Beschaffenheit, gemessen am Wert von „beta“, am verschiedensten und unähnlichsten innerhalb der Plots ist.
Der Mittelwert des Zeigerwertes Licht ist im Stratum „Trockenrasen“ am höchsten, möglicherweise aufgrund der geringen Wuchshöhe und der relativen Offenheit des Stratums. Die Mittelwerte für die Zeigerwerte Feuchtigkeit und Stickstoff, wie auch der Wert der „Wuchshöhe“ sind im Stratum „Wald“ im Vergleich zu den anderen beiden am höchsten. Somit können mithilfe der Diversitätsindizes erste Erkenntnisse in Bezug auf Artenvielfalt und mögliche Einflussfaktoren getroffen werden. Dabei soll im weiteren Verlauf dieser Abschlussarbeit geklärt werden, ob die Wuchshöhe oder die Zeigerwerte einen signifikanten Einfluss auf die Artenvielfalt haben. Zusätzlich zu diesen Werten wurden, wie bereits erwähnt, weitere Faktoren untersucht und quantifiziert. Diese könnten sich innerhalb der Computeranalysen als „erklärungsstärker“ für die Vielfalt der Arten erweisen.

Ergebnisse der Vegetationsanalyse – spezifische Daten

Es sollen nun spezifischere Daten präsentiert werden, die im Nachhinein die Computeranalyse ermöglichen und so als grundlegende Faktoren bei der Beantwortung der Hypothesen gelten. Diese Daten sind in Tabelle 5. dargestellt.

Tabelle 5. (Teil I) zeigt die Ergebnisse der Datenerfassung für die Faktoren „Trittbelastung“, „Abstand zum Wasser“, „Deckung *Calamagrostis epigejos“* (im folgenden nur *„Calamagrostis“*), „ Varianz von sich vegetativ vermehrenden Arten (im Folgenden nur „Varianz vegetative Arten“), „Grundfläche der Bäume“ sowie die Ergebnisse der Auswertung der hemisphärischen Fotografien (die Faktoren „Offenheit“ und „Gesamtbeleuchtungsmenge“).

Plot	Stratum	Trittbelastung in [%]	Abstand zum Wasser in [m]	*Calamagrostis*	Varianz vegetative Arten	Grundfläche der Bäume in [m²]	Offenheit in [%]	Gesamtbeleuchtungsmenge
1	TR	50	26,3	-	0,0203	0,0000	97,89	0,9999
4	TR	10	27,3	-	0,0141	0,0460	85,76	0,9593
9	TR	90	7,7	-	0,0162	0,1010	58,87	0,3177
10	TR	35	16,5	-	0,0029	0,0154	73,19	0,8132
11	TR	15	13	-	0,0017	0,0000	80,31	0,9721
12	TR	90	10,9	-	0,0253	0,0000	59,29	0,3304
26	TR	95	8,7	-	0,0053	0,0000	97,60	0,9995
27	TR	90	13,1	-	0,0107	0,0000	97,79	0,9996
28	TR	100	7,8	-	0,0112	0,0000	86,97	0,9805
32	TR	65	10,6	-	0,0087	0,0133	84,25	0,9723
3	RB	-	-	40	0,0148	0,0000	77,07	0,9180
5	RB	-	-	15	0,0078	0,0000	83,35	0,9813
8	RB	-	-	5	0,0065	0,0113	96,22	0,9987
13	RB	-	-	60	0,0192	0,0694	86,97	0,9805
14	RB	-	-	10	0,0201	0,0133	83,35	0,9813
15	RB	-	-	25	0,0245	0,0000	59,49	0,9242
16	RB	-	-	20	0,0129	0,0000	94,68	0,9989
17	RB	-	-	0	0,0093	0,0113	91,08	0,9957
21	RB	-	-	50	0,0183	0,0000	63,55	0,8429
22	RB	-	-	15	0,0103	0,0000	73,49	0,7599
2	W	-	-	-	0,0017	0,5106	4,83	0,0421
18	W	-	-	-	0,0000	0,2190	7,20	0,0893
19	W	-	-	-	0,0288	0,3874	5,30	0,0415
20	W	-	-	-	0,0063	0,3153	10,98	0,1663
23	W	-	-	-	0,0509	0,3820	6,48	0,1141
24	W	-	-	-	0,0792	0,2608	7,98	0,0768
25	W	-	-	-	0,0108	0,3928	9,65	0,1115
29	W	-	-	-	0,0199	0,1958	6,69	0,0834
30	W	-	-	-	0,0669	0,3695	5,96	0,0972
31	W	-	-	-	0,0080	0,1267	5,02	0,0619

Die Werte aus Tabelle 5. ermöglichen weitere Aussagen über die Faktoren, welche die Artenvielfalt beeinflussen. Dabei kann festgestellt werden, dass die Werte der „Varianz vegetativer Arten“ über die Straten verteilt keine besonderen Auffälligkeiten zeigen. Dem gegenüber stehen unter anderem die Werte der „Grundfläche der Bäume“. Diese ist im Stratum „Wald“ im Vergleich zu den anderen Straten deutlich höher, die Ursache dafür liegt in der höheren Anzahl an Bäumen. Auch bezüglich des Faktors „Offenheit“ bestehen Unterschiede zwischen den Straten. Aufgrund der hohen Baumanzahl im Stratum „Wald“ ist der Wert der „Offenheit“ deutlich geringer als in den anderen Straten. Parallel dazu verhält sich der Wert der „Gesamtbeleuchtungsmenge“. Dieser ist ebenfalls deutlich niedriger. Auch hier spielt sicherlich die Anzahl an Bäumen eine entscheidende Rolle.

Diversitätsunterschiede und Stratumsvergleich

Mithilfe der Werte aus den Tabellen 3. und 4. können nun statistische Untersuchungen erfolgen, um mögliche Korrelationen der Daten, Unterschiede zwischen den Plots und gegebenenfalls erste Ergebnisse bezüglich der Ähnlichkeit und Unähnlichkeit der Diversitätsindizes. Zu Beginn wurde der Frage nachgegangen, ob es Diversitätsunterschiede zwischen den Straten in Bezug auf die Diversitätsindizes „alpha“ und „beta“ gibt. Dazu wurden zwei Boxplots erstellt, die mögliche Unterschiede grafisch darstellen. Diese Boxplots sind in Abbildung 3. erstellt.

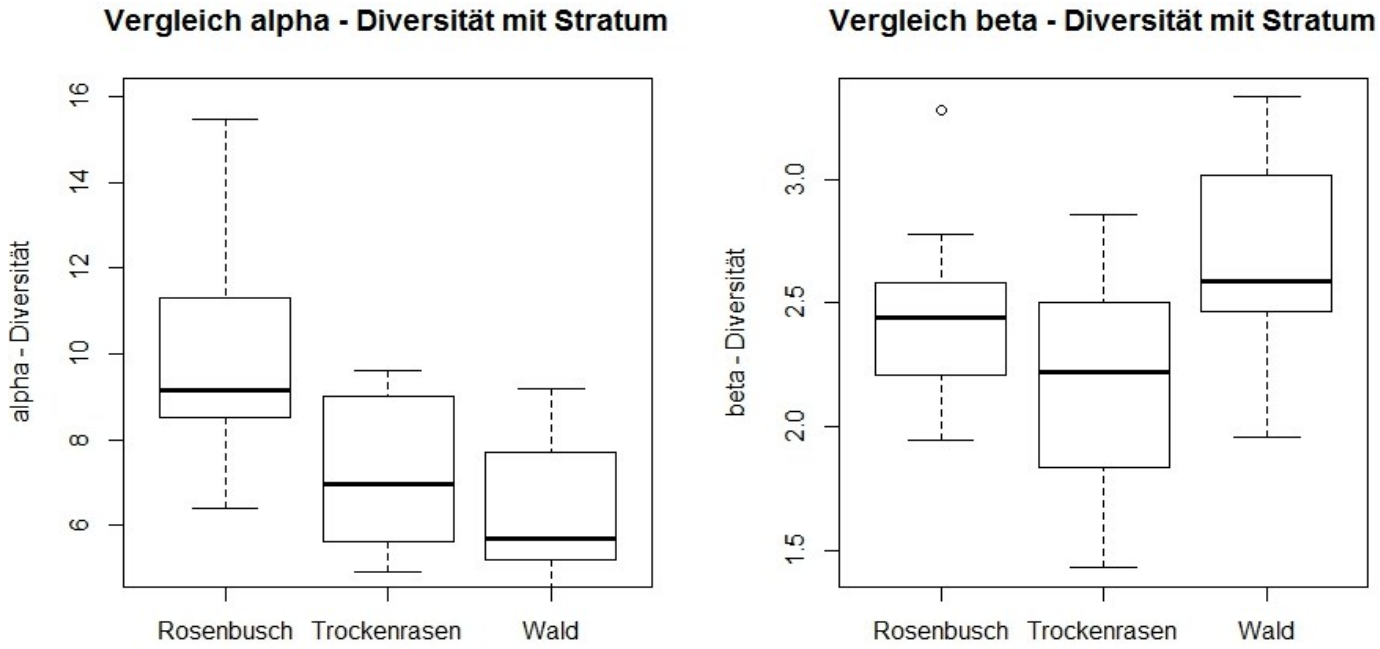

Abbildung 3. zeigt die Vergleiche zwischen „alpha-“ und „beta – Diversität“ anhand von Boxplots.

Die Boxplots in Abbildung 3. zeigen, dass es Unterschiede zwischen den Plots in Bezug auf die jeweiligen Diversitätsindizes gibt. Im Vergleich der alpha – Diversität mit dem Stratum sind Unterschiede zu erkennen. Hierbei kann festgestellt werden, dass die „alpha“ - Diversität, also die durchschnittliche Arttenzahl pro Plot, im Stratum „Rosenbuschvegetation“ am höchsten und im Stratum „Wald“ am niedrigsten ist. Auch im Vergleich der beta – Diversität mit dem Stratum ist erkennbar, dass es Unterschiede zwischen den Straten gibt. Dabei ist wiederum erkennbar, dass die Werte der „beta“ - Diversität im Stratum „Wald“ höher als in den anderen Straten ist, was eine größere Heterogenität der Plots zeigt.
Eine genaue Auswertung erfolgte anschließend per Statistiksoftware. Dabei wurden unterschiedliche Signifikanzlevel zwischen den Straten als auch zwischen den Diversitätsindizes ermittelt. Der Vollständigkeit wegen wurde auch der p – Wert des Vergleiches der „gamma“ - Diversität mit dem Stratum hinzugefügt. Dieser Vergleich soll an späterer Stelle näher beschrieben werden.
Die Signifikanzlevel sind in Tabelle 6. dargestellt.

Tabelle 6. zeigt die Signifikanzwerte der jeweiligen Stratenkombinationen. Dabei stehen die Abkürzungen für: „TR“ = Trockenrasen; RB“ = Rosenbusch; „W“ = Wald. Die p – Werte sind auf die 3. Stelle gerundet. Das Zeichen „~“ steht dabei für „in Abhängigkeit von ...“. Die Signifanzwerte sind (***) = höchst signifikant; (**) = hoch signifikant; (*) = signifikant; () = nicht signifikant.

	„p – Wert“ von alpha – Diversität ~ Stratum	„p – Wert“ von beta – Diversität ~ Stratum	„p – Wert“ von gamma – Diversität ~ Stratum
TR - RB	0,016 (*)	0,304 ()	0,001 (***)
W - RB	0,001 (**)	0,608 ()	0,001 (***)
W- TR	0,614 ()	0,051 ()	0,986 ()

Anhand der Werte aus Tabelle 6. ist erkennbar, dass es keine signifikanten Unterschiede bezüglich der „beta“ - Diversität zwischen den Straten gibt. Dagegen gibt es signifikante bis höchst signifikante Unterschiede zwischen den Kombinationen „Trockenrasen – Rosenbusch“ und „Wald – Rosenbusch“. Es ist auffällig, dass es in der Kombination „Wald – Trockenrasen“ keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf alle drei Diversitätsindizes gibt. Dass könnte bedeuten, dass sich diese beiden Straten anhand der vorliegenden Daten relativ ähnlich sind.

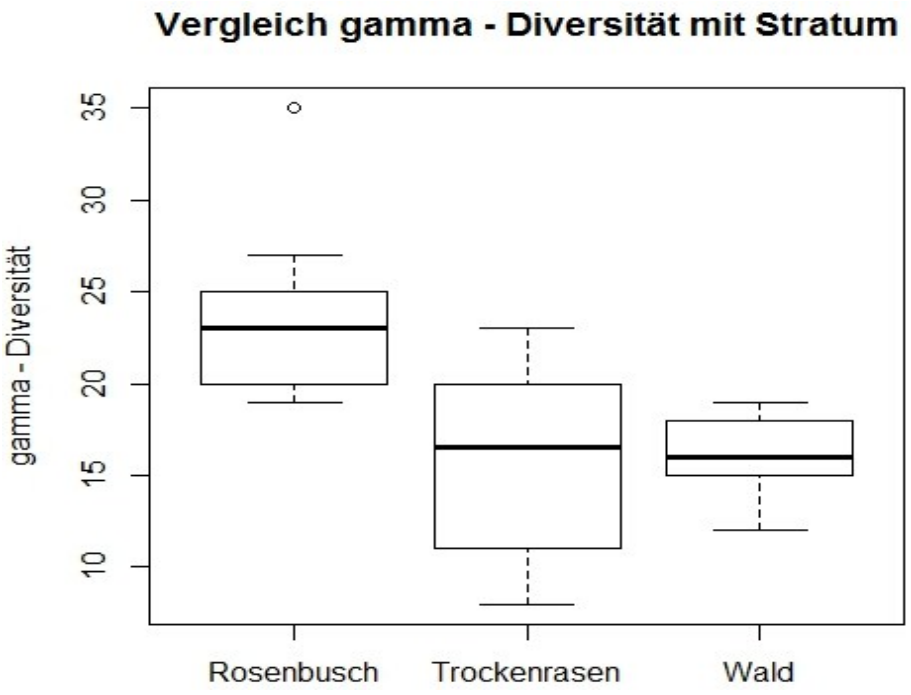

Abbildung 4. zeigt den Vergleich zwischen gamma – Diversität und dem Stratum.

Auch anhand der Abbildung 4. ist erkenntlich, dass die Straten untereinander verschieden sind. Besonders auffällig ist in dieser Grafik, dass die „gamma“ - Diversität zwischen den Straten „Wald“ und „Rosenbusch“ sehr verschieden, aber zwischen den Straten „Wald“ und „Trockenrasen“ sehr ähnlich ist.

Statistische Auswertung der Daten und Modellbestimmung

Mithilfe der Boxplots und von Tabelle 6. konnte gezeigt werden, dass es zwischen den Straten Unterschiede in Bezug auf alle Diversitätsindizes gibt. Um die zentralen Hypothesen beantworten oder bewerten zu können, müssen jedoch weitere Untersuchungen angestrebt werden. Dabei wird ebenfalls auf „R“ zurückgegriffen. Dabei wurde festgelegt, dass es Ziel sein muss, ein passendes Modell der Faktoren zu finden, welches am besten die jeweilige Diversität in den Straten erklärt. Innerhalb dieser Analyse ist es wichtig, ein möglichst ausgeglichenes Verhältnis zwischen „Erklärungskraft“ und Faktorenanzahl anzustreben. Es ist deshalb als wichtig anzusehen, möglichst wenig Faktoren in ein Modell einzufügen, dabei aber einen hohen Wert in Bezug auf die Erklärungsstärke zu erhalten. Dieser Überlegung wurde nachgegangen und die Analyse der Daten erfolgte anhand dieses Gesichtspunktes.

Die Modelle sollen als Hilfsmittel dienen, die erklärenden Faktoren zu beschreiben. Dabei soll für jeden Diversitätsindex ein eigenständiges Modell erarbeitet werden, dass die für diesen Index spezifischen Faktoren darstellt. Somit kann herausgefunden werden, welchen Einfluss die Faktoren in jedem Stratum auf die Diversitätsindizes haben. Die Analyse erfolgt somit in Abhängigkeit von der „alpha-“, „beta-“ und „gamma“ - Diversität. Als Faktoren werden die bereits vorgestellten Einflüsse wie zum Beispiel „Trittbelastung“ oder „Deckung von *Calamagrostis epigejos*“ verwendet. Dabei wurde für jedes Stratum das jeweils bestmöglichste Modell erstellt. Die Ergebnisse dazu sind in Tabelle 7. dargestellt.

Tabelle 7. (Teil I) zeigt die Ergebnisse der ANOVA – Modellanalysen für die „alpha-“ und „beta“ - Diversität, sowie die Abfolge der erklärungskräftigsten Faktoren mit den zugehörigen R^2- und p - Werten. Die Faktoren sind chronologisch nach ihrer Wichtigkeit sortiert (in Klammern stehen die jeweiligen p – Werte des Faktors). Zusätzlich sind die Werte des AIC – Tests dargestellt. Die Ergebnisse sind dabei in die jeweiligen Straten getrennt worden. Die Signifikanz des Intercepts ist dabei nicht aufgeführt.

Ergebnis für alpha - Diversität	Trockenrasen	Rosenbusch	Wald
erklärungskräftige Faktoren des Modells	1. Abstand zum Wasser (0,010) 2. Lücken im Kronendach (0,094)	1. Deckung von *Calamagrostis epigejos* (0,423) 2. Varianz der Wuchshöhe (0,399)	-
R^2	0,5463	0,03557	-
p - Wert	0,02611	0,3655	-
AIC	35,35	51,45	-
Ergebnis für beta - Diversität	Trockenrasen	Rosenbusch	Wald
erklärungskräftige Faktoren des Modells	1. Varianz vegetative Arten (0,023) 2. Grundfläche der Bäume (0,0636) 3. Trittbelastung (0,1471) 4. Offenheit (0,3396)	1. Deckung von *Calamagrostis epigejos* (0,005) 2. Varianz der Wuchshöhe (0,01) 3. Varianz vegetative Arten (0,018)	1. Varianz vegetative Arten (0,165) 2. Varianz der Wuchshöhe (0,204)
R^2	0,7107	0,789	0,1515
p - Wert	0,0321	0,005757	0,2334
AIC	4,599994	-1,98	14,28316

Tabelle 7. (Teil II) zeigt die Ergebnisse der ANOVA – Modellanalysen für die „gamma“ - Diversität und die Abfolge der erklärungskräftigsten Faktoren sowie die zugehörigen R^2- und p – Werte. Die Faktoren sind chronologisch nach ihrer Wichtigkeit sortiert (in Klammern stehen die jeweiligen p – Werte des Faktors). Zusätzlich sind die Werte des AIC – Tests dargestellt. Die Ergebnisse sind dabei in die jeweiligen Straten getrennt worden. Die Signifikanz des Intercepts ist dabei nicht aufgeführt.

Ergebnis für gamma- Diversität	Trockenrasen	Rosenbusch	Wald
erklärungskräftige Faktoren des Modells	1. Varianz vegetative Arten (0,085) 2. Abstand zum Wasser (0,1462) 3. Grundfläche der Bäume (0,1633)	-	1. Lücken im Kronendach (0,126) 2. Grundfläche der Bäume (0,234)
R^2	0,5205	-	0,2381
p - Wert	0,06224	-	0,1602
AIC	58,31	-	43,65

Mithilfe der Computeranalysen konnten die erklärungsstärksten Faktoren für die jeweiligen Diversitätsindizes ermittelt werden. Dabei konnten leider keine Ergebnisse für die „alpha“ – Diversität im Stratum „Wald“ und für die „gamma“ - Diversität im Stratum „Rosenbusch“ ermittelt werden, da die korrigierten Bestimmtheitsmaße negativ waren und damit nicht interpretierbar.

Erkennbar sind sowohl die Unterschiede zwischen den Straten in Bezug auf den Diversitätsindex als auch zwischen den Indizes selbst. Dabei schwanken insbesondere die Werte der Bestimmtheitsmaße als auch der AIC – Werte teilweise drastisch.

Ebenfalls auffällig sind die Ergebnisse in Bezug auf die Faktoren selbst. Die Identifizierung der erklärungsstärksten Faktoren weicht dabei von den formulierten Hypothesen ab. Bereits an diesem Punkt kann also versucht werden, die Hypothesen zu beantworten. Es kann festgestellt werden, dass im Stratum „Trockenrasen“ die Trittbelastung nicht als erklärungsstärkster Faktor für die Diversität der Arten, als auch für die Heterogenität des Standortes gilt. Im Stratum „Rosenbusch“ konnte die Hypothese bestätigt werden, dass die Flächendeckung von *Calamagrostis epigejos* als erklärungsstärkster Faktor für die Diversitätsindizes „alpha“ und „beta“ gilt. Eine Aussage über den Index „gamma“ kann leider nicht getroffen werden. Zuletzt kann im Stratum „Wald“ die Hypothese nur teilweise bestätigt werden. Für die „beta“ - Diversität muss die Hypothese verworfen werden, für die „gamma“ - Diversität kann sie jedoch bestätigt werden, da der Faktor „Lücken im

Kronendach“ als Ergebnis der Auswertung der hemisphärischen Fotografien anzusehen ist. In diesem Stratum kann leider keine Aussage über den Index „alpha“ getroffen werden, da leider keine interpretierbaren Daten ermittelt werden konnten.

Abschließend soll noch die Verbreitung von *Centaurium erythraea* erarbeitet werden. Dazu soll Abbildung 5. als erste grafische Darstellung dienen.

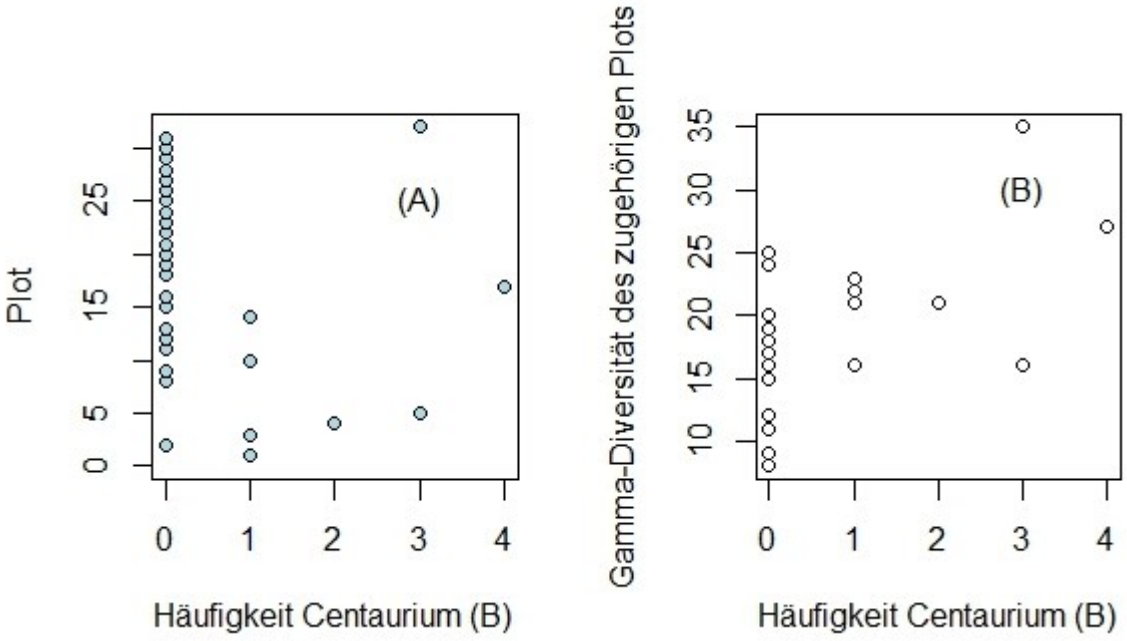

Abbildung 5. zeigt die Häufigkeit von *Centaurium erythraea* (gemessen in Plots, welche *Centaurium* enthalten) in den jeweiligen Plots (A) und in Abhängigkeit von der Gamma – Diversität (B).

Erkennbar in der Abbildung 5. ist, dass die höchste Anzahl an Plots, in welchen Centaurium vorkommt, in Plot 17 ist und ebenfalls die höchste Anzahl an Plots dort besteht, wo die Gamma- Diversität in etwa 27 beträgt.
Die im Kapitel „Ergebnisse“ vorgestellten Daten und Erkenntnisse sollen nun im anschließenden Diskussionsteil noch näher erläutert werden. Ebenfalls soll eine Methodenkritik erfolgen und abschließend sollen alle zu Beginn formulierten Hypothesen und Zielsetzungen beantwortet und erklärt werden.

Diskussion

Standortfaktoren und Plotdesign

Die Anzahl der Arten beläuft sich in allen 30 Versuchsflächen mit einer Gesamtfläche von 3000 m² auf 144 Arten. Diese Anzahl ist auf den ersten Blick relativ hoch, stellt aber nicht den gesamten „Artenschatz“ des Versuchsgebietes am Westufer des Cospudener Sees dar. Aufgrund der Methode der Vegetationsaufnahmen und der relativ eingeschränkten Zeit konnten „nur“ 30 Versuchsflächen erzeugt werden. Sicherlich würde die Artenzahl mit steigender Plotanzahl ebenfalls steigen, es würde aber dennoch zu einer Sättigung in der Artenzahl führen. Ebenfalls kann davon ausgegangen werden, dass zwar ein Großteil aller am Standort vorhandenen Pflanzenarten erfasst worden sind, aber schlussendlich viele Arten aufgrund der Sammelmethode nicht katalogisiert worden oder werden konnten. Denn aufgrund der anfangs beschriebenen Heterogenität und oftmals auch Kleinflächigkeit des Standortes, wird es mit steigender Plotanzahl zunehmend schwerer, geeignete Versuchsflächen zu finden, die zwei Voraussetzungen erfüllen, erstens die Nichtüberschreitung der Stratumsgrenze und zweitens das Nichtenthalten von Wege oder Straßen. Im Zuge dieser zwei wichtigen Faktoren, die die Etablierung von weiteren Versuchsflächen bestimmen, ist es oftmals nicht möglich, bestimmte, lokal sehr begrenzt vorkommende Pflanzenarten zu erfassen. Dabei wäre unter anderem die Ufervegetation oder die direkte Wegvegetation zu erwähnen. Innerhalb dieser, für die Erklärungen beispielhaft ausgewählten Flächen, könnten neue, bisher nicht erfasste Arten, entdeckt werden. Diese Arten würden additiv zur bisherigen Artenzahl wirken und damit sowohl die Gesamtartenanzahl als auch die Diversitätsindizes und möglicherweise auch andere Faktoren beeinflussen. Deshalb ist in diesem sehr vielgestaltigen Lebensraum (Durka, Schmidt, 2005) davon auszugehen, dass weit mehr Pflanzenarten vorhanden sind, als mit dieser Methode erfasst werden konnten. Die genaue Artanzahl ist dabei jedoch nur mit einem hohen Zeit- und Arbeitsaufwand zu erfassen.

Erklärungen zur Artzusammensetzung

Die Artzusammensetzung ist relativ typisch für den Standort einer Bergbaufolgelandschaft. Besonders konkurrenzstarke und häufig vorkommende Arten wie zum Beispiel *Taraxacum officinale, Artemisia vulgaris, Picris hieracioides* und *Daucus carota,* welche

häufig in den Vegetationsaufnahmen erfasst wurden, zählen zu typischen Pionieren in vom Bergbau geprägten Flächen (Durka, Schmidt, 2005). Aufgrund der Bodenverhältnisse, welche hauptsächlich von Sanden, Kiesen und geringen Humusanteilen bestimmt werden, steigt die Zahl von Stickstoff fixierenden Pflanzenarten (Durka, Schmidt, 2005). Dazu zählen insbesondere die Leguminosen mit der besonders häufig vorkommenden Gattung *Trifolium*. Auch die typische Pionierbaumart *Betula pendula* ist gut an die vorherrschenden Umweltbedingungen angepasst und kommt deshalb, im Vergleich zu anderen Baumarten, recht häufig vor.
Innerhalb der Pflanzenliste befinden sich nur Arten, deren Bestand nicht bedroht ist, abgesehen von zwei Ausnahmen. Laut der „Roten Liste 2013“ befinden sich *Ornithopus perpusillus* und *Centaurium erythraea* auf der Vorwarnliste. Dass heißt, der Bestand ist merklich zurückgegangen, aber die Häufigkeit der Art gilt als noch nicht gefährdet (Rote Liste, 2013). Die Verbreitung von *Centaurium erythraea* und die dazu näheren Erläuterungen sollen im späteren Verlauf dargestellt werden.

Erläuterungen zu den allgemeinen Daten der Vegetationsanalyse

Die „alpha“ - Diversität beschreibt die durchschnittliche Artenzahl in den Teilflächen (B) eines Plots. Dabei ist auffällig, dass der Durchschnittswert aller Plots eines Stratums im Stratum „Rosenbusch“ am höchsten ist. Dieser beträgt 9,85. Im Gegensatz dazu beträgt die „alpha“ - Diversität sich im Stratum „Trockenrasen“ nur 7,15 und im „Wald“ nur 6,29 (siehe Tabelle 4.) Damit kann festgestellt werden, dass die durchschnittliche Artenzahl im Stratum „Rosenbusch“ höher ist, als in den anderen beiden Straten. Ebenfalls die Gesamtanzahl der pflanzlichen Arten ist im Stratum „Rosenbusch“ mit einem Wert von 23,8 deutlich höher als in den anderen Straten. Somit kann davon ausgegangen werden, dass im Stratum „Rosenbusch“ die pflanzliche Biodiversität, gemessen an der ermittelten Artenzahl, am höchsten ist. Die Werte der „alpha-“ und „gamma“ - Diversität zeigen, dass das die Artanzahl in den Teilflächen (B) im Stratum „Rosenbusch“ um ca. 2 Arten höher ist und die Gesamtanzahl der Arten um circa 7. Arten höher ist.
Diese Feststellung kann nun als Ausgangspunkt dienen, weitere Schritte in Bezug auf den Erhalt dieses scheinbar artenreichsten Stratums einzuleiten.
Der durchschnittliche Wert der „beta – Diversität“ ist im Stratum „Wald“ mit 2,6493 am höchsten. Sie stellt, wie bereits erwähnt, ein Maß für die Heterogenität des Stratums dar. Dass bedeutet, je höher die „beta – Diversität“, desto höher ist die Unähnlichkeit zwischen

den einzelnen Teilflächen eines Plots. Wichtig hierbei ist noch die Bemerkung, dass es sich um einen gemittelten Wert handelt. Dieser ist auf der einen Seite leichter zu interpretieren, verzerrt möglicherweise aber andererseits auch die von Plot zu Plot unterschiedliche „beta – Diversität“. Dass heißt, dass bei einer genauen Bewertung der Heterogenität die exakte Betrachtung der jeweiligen Werte des entsprechenden Plots notwendig sind. Diese sind in Tabelle 3. zu finden.
Die Mittelwerte der Zeigerwerte sollen hier nur eine kurze Erwähnung finden, denn ihre Bedeutung für die Beschreibung der pflanzlichen Biodiversität ist mit einem Problem verbunden. Einerseits dienen sie zur Bewertung des Standortes und geben schnell Auskunft über die groben Verhältnisse in Bezug auf Lichtverfügbarkeit, Feuchtigkeit und Stickstoffgehalt. In Tabelle 4. sind dazu die Mittelwerte pro Stratum aufgezeigt.
Auf der anderen Seite resultieren die Zeigerwerte aus dem Vorhandensein von bestimmten Arten am Untersuchungsort. Wollen wir nun die Diversität der Pflanzengemeinschaft mithilfe der Zeigerwerte erklären, käme es zu einem Zirkelschluss. Dieser Fehler soll nicht begangen werden und deshalb wird auf eine weitere Beschreibung der Zeigerwerte verzichtet.
Der Mittelwert der Wuchshöhe (ebenfalls ablesbar in Tabelle 4.) zeigt einen weiteren Faktor der Vegetation. Er ist mit einem Wert von 0,40 m im „Trockenrasen“ am niedrigsten im Vergleich zum „Rosenbusch“ mit 0,78 m und „Wald“ mit 0,90 m. Die Ursachen dafür liegen einerseits in der unterschiedlichen Artzusammensetzung als auch in der unterschiedlichen Störungsintensität. Die Arten der „Trockenrasenplots“ (Tabelle 5.) unterliegen einer höheren Trittbelastung und somit ist deren Wuchshöhe stark von diesem äußerlichen Druck beeinflusst, was sich in der Wachstumshöhe widerspiegelt.
Erläuterungen zu den spezifischen Daten der Vegetationsanalyse

1. Trittbelastung und deren Auswirkung auf das Stratum „Trockenrasen“

Im Stratum „Trockenrasen“ wurde die Hypothese formuliert, dass die Intensität der Trittbelastung Artvielfalt am stärksten beeinflusst. Diese Hypothese kann mithilfe der Daten dieser Bachelorarbeit nicht bestätigt werden. Die computerbasierten Analysen zeigen, dass die Diversität der pflanzlichen Gesellschaft nicht signifikant durch die Trittbelastung bestimmt wird. Innerhalb des ANOVA – Modells erschien die Trittbelastung erst an Platz drei der erklärungsstärksten Faktoren (siehe Tabelle 7.)
Treiber (2003) versuchte den Einfluss von Trittbelastung auf die pflanzliche Vegetation zu

erklären und stellte fest, dass möglicherweise die Art der Trittbelastung einen höheren Einfluss hat, als die Belastung selbst. Es wurde vermutet, dass eine häufiges, relativ schwaches Betreten der Vegetation andere Auswirkungen auf die Vegetation hat, als ein kurzes, sehr intensives Betreten. Dabei sind unter anderem die artspezifischen Eigenschaften in Bezug auf mechanische Belastungen und die Lage der Erneuerungsknospen zu beachten. Dadurch können bestimmte Pflanzenarten gefördert oder eingeschränkt werden, je nachdem wie und wie oft es zu einer Trittbelastung kommt. Diese Feststellung wird zusätzlich durch die von Connell entwickelte und von Huston (Schulze et al., 2002) modifizierte „intermediate disturbance hypothesis“ untermauert. Dabei wirkt eine mittlere Störungsintensität nicht negativ auf die Artenvielfalt, sondern steigert diese zu ihrer maximalen Größe. Diese Behauptung beruht darauf, dass eine mittlere Intensität der Trittbelastung, welche die größte Kraft in Bezug auf mögliche Störungen im gewählten Untersuchungsgebiet darstellt, zu einer Steigerung der Anzahl an möglichen Lebensräumen führt. Durch die Trittbelastung wird einerseits neuer Rohboden geschaffen und andererseits werden konkurrenzstarke Arten eingeschränkt, sodass es viele „sichere“ Orte gibt, an denen sich bisher unterdrückte oder nicht vorkommende Arten etablieren können. Die Aussagen der Hypothese unterstützen die Ergebnisse dieser Bachelorarbeit, können aber nicht als einziger Faktor für die pflanzliche Vielfalt bewertet werden.

Festgestellt wurde, dass im „Trockenrasen“ neben der Trittbelastung noch die Faktoren „Anzahl vegetativer Arten“ und „Grundfläche der Bäume“ entscheidende Einflüsse auf die Diversität der Pflanzengemeinschaft haben. Die „Grundfläche der Bäume“ hat dahingehend einen übergeordneten Einfluss, da durch deren Kronenraum die Lichtverhältnisse im Plot beeinflusst werden. Dadurch können kleinflächige Vegetationsräume erzeugt werden, die verschiedenen Arten passende Überlebensbedingungen bieten.

Die „Anzahl vegetativer Arten“ hat ebenfalls einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Pflanzenvielfalt. Viele Untersuchungen haben sich mit dem Thema von klonal wachsenden Arten beschäftigt. Dabei lag das Hauptinteresse auf invasive Arten, deren Einfluss von besonderem ökologischen Interesse ist. Mit der Anzahl an Untersuchungen entstanden folglich viele Meinungen bezüglich deren Einfluss. Powell et al. (2011) erläutern die Tatsache, dass der Einfluss einer konkurrenzstarken Art nicht die Artenanzahl senkt und zum lokalen Aussterben von Arten führt. Dieser Faktor scheint im Stratum „Trockenrasen“ nicht von primärer Bedeutung zu sein, da die Abundanz an besonders

konkurrenzstarken Arten wie zum Beispiel *Calamagrostis epigejos* und *Solidago canadensis* eher gering ist. Der Einfluss von vegetativen Arten soll im nachfolgenden Abschnitt näher erläutert werden.
Abschließend kann festgehalten werden, dass die Trittbelastung einen Einfluss auf die pflanzliche Artenvielfalt hat, aber nicht der hauptsächliche Faktor ist, der die Diversität bestimmt.

2. Deckung von Calamagrostis epigejos und Einfluss vegetativer Arten auf das Stratum „Rosenbusch“

Im Stratum „Rosenbusch“ konnte festgestellt werden, dass der Anteil von *Calamagrostis epigejos* die Pflanzenvielfalt am stärksten erklärt und beeinflusst. Es kann also vermutet werden, dass je höher die Deckung an *Calamagrostis* ist, desto niedriger die Artenvielfalt ist. Unsere Werte zeigen jedoch, dass sich die im Plot vorkommende Artenanzahl nicht an der Deckung von *Calamagrostis* orientiert (Tabelle 3. und Tabelle 4.) Es besteht aber ein großer Einfluss von der eingenommenen Fläche des Land – Reitgrases auf die „beta – Diversität“ der Plots (Tabelle 7.). Somit beeinflusst das Land – Reitgras nicht direkt die Artanzahl in den Plots, sondern ist mit einer bestimmten Heterogenität der Plots korreliert. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Einfluss in dem Maße erfolgt, dass neue Lebensräume durch eine steigende Bedeckung mit *Calamagrostis* geschaffen werden und das Überleben von mehr Arten ermöglicht. Diese Überlegung wird durch die Untersuchungen von Powell et al. (2011) unterstützt. Das Team konnte feststellen, dass der Einfluss einer sehr konkurrenzstarken Art das lokale Aussterben von Arten nicht fördert, sondern nur die Abundanz der weniger konkurrenzstarken Arten beeinflusst. Dadurch sinkt zwar die Häufigkeit der Individuen einer Art, die Diversität einer Versuchsfläche wird davon aber nicht beeinflusst, da die vor der Etablierung der konkurrenzstarken Art vorhandene Artenanzahl gleich bleibt. Die Vermutung, dass eine konkurrenzstarke Art die Artzusammensetzung nicht negativ verändert, konnten auch Jäger et al. (2009) feststellen. Abweichend von den bisherigen Aussagen konnten Hejda et al. (2009) festellen, dass ebenfalls unterschiedliche Einflüsse auf die Diversität erfolgen, je nachdem welche Art in eine neue Pflanzengemeinschaft einwandert. Zudem konnte nachgewiesen werden, dass je größer eine sich neu etablierende Art ist und je mehr Fläche sie einnimmt, desto niedriger die Diversität in einer Untersuchungsfläche ist. Dies würde im Gegensatz zu den Untersuchungen dieser Abschlussarbeit stehen, die

festgestellt hat, dass die „gamma“ - Diversität nicht abhängig von der Deckung an *Calamagrostis epigejos* ist. Aber der Einfluss auf die „beta“ - Diversität ist unbestritten, da die drei erklärungsstärksten Faktoren die Deckung an *Calamagrostis*, die Varianz der Wuchshöhe und die Varianz der vegetativen Arten ist (Tabelle 7.).

3. Der Faktor Licht und der Einfluss der Grundfläche der Bäume im Stratum „Wald“

Die Daten des Stratums „Wald“ zeigen, dass die größte Erklärungskraft für die Vielfalt der Arten nicht am stärksten mit der Menge an Licht in Verbindung steht. Es konnte mithilfe der Computeranalyse gezeigt werden, dass die Beschaffenheit des Kronendaches und die einfallenden Lichtmenge die Artanzahl nicht am stärksten beeinflussen, sondern die „Offenheit“ des Kronendaches als zweitstärkster Faktor einzuordnen ist. Einen höheren Einfluss hatten dagegen der Faktor „Varianz der Wuchshöhe“. Als drittstärkster Faktor gilt der Faktor „Grundfläche der Bäume“. In Bezug auf die „alpha“ - Diversität kann leider aufgrund der nicht interpretierbaren Daten keine Aussage getroffen werden. Bei der Beschreibung der „gamma“ - Diversität kann auf Tabelle 7. verwiesen werden. Hier zeigt sich, dass die „Lücken im Kronendach“ den stärksten Einfluss auf die „gamma“ - Diversität darstellen, dieser jedoch nicht signifikant ausgeprägt ist. Somit hat der Faktor „Licht“ einen wenn auch nicht signifikanten Einfluss auf die Artanzahl und die Hypothese kann bestätigt werden.
Reusser et al. (2010) konnten zeigen, dass die Artzusammensetzung nicht vom Faktor Licht abhängt. Es stellte sich heraus, dass in den Untersuchungen von Reusser et al. die Eigenschaften des Oberbodens die Pflanzenvielfalt in der Krautschicht am stärksten beeinflussen. Innerhalb dieser Bachelorarbeit wurden aber keine Bodenparameter erfasst, wodurch nur die These übernommen werden kann, dass Licht die Artvielfalt nicht am stärksten reguliert.
Die Faktoren „Varianz der Wuchshöhe“ und „Grundfläche der Bäume“ haben scheinbar deshalb einen großen Einfluss auf die Heterogenität des Standortes, da die mögliche Fläche, die von krautiger Vegetation in Anspruch genommen werden kann, durch eine steigende Baumgrundfläche sinkt und durch relativ hohe Pflanzen negativ beeinflusst wird. Denn ist bereits ein Raum mit pflanzlicher Vegetation ausgefüllt, kann dieser nicht von einer anderen Art in Anspruch genommen werden. Diese Aussage kann leider nicht für die „alpha-“ und „gamma“ - Diversität übernommen werden, da die selben Faktoren in Bezug auf diese Diversitätsindizes nicht identifiziert werden konnten.

Zusammenfassung und Beantwortung der Hypothesen

Die Analysen zeigen, dass die zu Beginn dieser Abschlussarbeit formulierten Hypothesen nicht alle bestätigt werden können.
Im Stratum „Trockenrasen“ konnte die „Trittbelastung“ nicht als wichtigster Faktor für die Artvielfalt identifiziert werden und im Stratum „Wald“ konnte der Faktor „Licht“ nur in Bezug auf die „gamma“ - Diversität als erklärungsstärkster Einfluss bestätigt werden. Im Stratum „Rosenbusch“ konnte der Faktor „Deckung von *Calamagrostis*“ als bedeutendster Faktor für die Heterogenität der Versuchsflächen und für die „alpha“ - Diversität bestimmt werden.

Methodenkritik und Fehlerbetrachtung

In diesem Abschnitt soll auf möglicher Fehlerquellen während Vegetationsaufnahmen und Computeranalysen eingegangen werden.
Als womöglich größte Fehlerquelle innerhalb dieser Bachelorarbeit gilt die Fehl- oder Nichtidentifikation von bestimmten Pflanzenarten innerhalb der Vegetationsaufnahmen. Obwohl die Untersuchung der Versuchsflächen mit größtmöglicher Sorgfalt vorgenommen wurden, kann es dennoch geschehen, dass eine Pflanzenart innerhalb eines Plots übersehen, nicht erkannt oder als nicht unterschiedlich zu bereits gefundene Arten angesehen wurde. Besonders problematisch ist dabei das Alter bestimmter Arten zu sehen. Denn insbesondere im Jugendstadium bestimmter Arten ist eine genaue Erkennung vieler Arten nur schwer möglich. Ebenfalls das Fehlen von Blütenmerkmalen oder anderen morphologischen Merkmalen wie zum Beispiel „Haare“ oder „charakteristische Färbungen“ können eine genaue Bestimmung erschweren. An dieser Stelle soll ebenfalls die Schwierigkeit der Bestimmung bestimmter Vertreter der Gattungen „*Poa*“ und „*Carex*“ erwähnt werden. Diese ergibt sich aus der häufig sehr großen Individuenanzahl pro Plot, deren exakte Untersuchung einen sehr hohen Zeit- und Arbeitsaufwand erfordert hätte. Deshalb sind in diesen Gattungen mögliche Fehlbestimmungen und auch die eventuelle Nichtidentifikation wahrscheinlicher. Alle erwähnten Fehler können die anschließenden Analysen verzerren, die Artenzahl negativ beeinflussen und in unterschiedlichen Diversitätsindizes resultieren.
Ebenfalls soll als mögliche Fehlerquelle das Erstellen der hemisphärischen Fotografien erwähnt werden. Idealerweise werden hemisphärische Fotos an bedeckten Tagen ohne direkte Sonne erstellt. Leider war es aufgrund zeitlicher und organisatorischer Probleme

nicht möglich, auf diese passenden Umweltgegebenheit zu warten. Deshalb wurde sich entschlossen, die hemisphärischen Fotografien in den späten Abend- und früher Morgenstunden zu erstellen. Dadurch kam es bei einigen wenigen Plots zu Auswertungsproblemen, da keine exakte Identifikation von Vegetation und Hemisphäre erfolgen konnte. Diese Probleme wurden durch das Ändern von Einstellungen jedoch erfolgreich behoben. Leider stellte sich jedoch heraus, dass die Fotografien aus Plot 5 und Plot 28 aufgrund der Bildqualität nicht auswertbar waren. Es wurde sich entschlossen, den Grad der Bedeckung mit Vegetation mit vorhandenen Aufnahmen zu vergleichen und zu ersetzen. Es wurde sich geeinigt, die Daten für Plot 5 und Plot 28 durch die Daten von Plot 14 und Plot 13 zu ersetzen.

Bewertung der Häufigkeit von Centaurium erythraea und Zukunftsprognose

Wie in der Einleitung bereits erläutert, soll diese Bachelorarbeit auch als Hilfsmittel für weitere Untersuchungen dienen. Insbesondere die Verbreitung vom Echten Tausendgüldenkraut (*Centaurium erythraea*) konnte innerhalb der Vegetationsaufnahmen erarbeitet werden. Diese ist von besonderem Interesse für den Naturschutz, da sie 2013 auf der Vorwarnstufe der Roten Liste stand und die Verbreitung als wichtige Faktor für die Entwicklung dieses Kulturraums angesehen werden kann.
Die Entwicklung des Westufers des Cospudener Sees ist ungewiss. Die Renaturierung des ehemaligen Braunkohletagebaus war einerseits ein Segen für die Natur, andererseits stellt es eine enorme Herausforderung, diesen dynamischen Lebensraum zu erhalten. Die Nutzung durch den Menschen als Badeort ist naheliegend und erfreut sich großer Beliebtheit. Andererseits beeinflusst die Anwesenheit der Menschen die Pflanzenvielfalt und hat möglicherweise zur Entstehung des Stratums „Trockenrasen“ geführt. Zudem gelten Faktoren wie Umweltverschmutzung und Beeinträchtigung der Wasserqualität (in dieser Arbeit nicht untersucht) als Probleme in Bezug auf die „Gesundheit“ dieses wichtigen Lebensraumes.
Ebenfalls die Entwicklung des Stratums „Wald“ verursacht einige Probleme. Hierbei liegen besonders Interessen von forstwirtschaftlichen Betrieben und vom Naturschutz auf unterschiedlichen Seiten der Medaille. Einerseits soll möglicherweise ein naturnaher Wald mit hohen Totholzmengen entstehen, anderseits könnte aber auch die Nutzung als Forstwald in Aussicht stehen.
Besonders interessant ist die Zukunft des Stratums „Rosenbusch“. Dabei gilt besonders

der Faktor Sukzession als entscheidendes Element im Fortbestand dieser Vegetationsraumes. Dabei treten wieder gegensätzliche Interesse auf. Möglicherweise möchte man die fortschreitende Verbuschung begrenzen und eine Entwicklung in Richtung Rasenfläche fördern. Ebenfalls die Möglichkeit nach einer Beweidung durch Schafe und Ziegen steht im Raum. Andererseits könnte, wie in dieser Bachelorarbeit gezeigt, ein artenreichen und heterogener Lebensraum für Pflanzen, aber auch für Insekten und Tiere wegfallen. Diese Überlegung besteht auch im Text „Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften“ von Dr. Uwe Steinhuber (Hrsg., 2009). Dabei bieten Hochgrasbestände, wie sie in dieser Arbeit im Stratum „Rosenbusch“ nachgewiesen werden konnten, Refugien für viele Käfer- , Heuschrecken- , Spinnen- und andere Tierarten.

Hierbei könnte die weitere Verbreitung von konkurrenzstarken Arten langfristig eine Problemquelle darstellen. In dieser Arbeit konnte zwar gezeigt werden, dass konkurrenzstarke Arten die Heterogenität fördern und die Artenanzahl nicht verringern, aber möglicherweise aufgrund der Kleinflächigkeit die Rückzugsgebiete immer seltener werden.

Eine Empfehlung für die Zukunft dieses vielgestaltigen Lebensraumes anhand dieser Bachelorarbeit würde dementsprechend lauten, das Stratum „Rosenbusch“ zu fördern, da dieses die höchste Abundanz an Pflanzenarten bietet und einen hohen Wert der „beta – Diversität“ aufweist. Somit könnte dieser heterogene Lebensraum für weitere Forschungen bestehen bleiben und ein Stück Natur bewahren.

Quellenverzeichnis

Jäger, Eckehart J. (Hrsg); Rothmaler : *Exkursionsflora von Deutschland : Gefäßpflanzen: Grundband]*. 20. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, 2011

Gutte, Peter; Hardtke, Hans- Jürgen; Schmidt, Peter A. *Die Flora Sachsens und angrenzender Gebiete : Ein pflanzenkundlicher* Exkursionsführer, 1. Auflage, Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim, 2013

Eggenberg, Stefan; Möhl, Adrian: *Flora Vegetativa*. 2. vollständig überarbeitete Auflage, Haupt, Bern, 2009

Bodenkundliche Kartieranleitung, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Herausgeber), fachliche Leitung: H. Sponagel; 5. verbesserte und erweiterte Auflage, Hannover, 2005, Seite 53 ff.

Bresinsky, Andreas; Körner, Christian; Kadereit, Joachim W.; Neuhaus, Gunther; Sonnewald, Uwe; *Strasburger Lehrbuch der Botanik*, 36. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2008; Kapitel IV, Seite 947 ff.

Ellenberg, Heinz; *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*, 5. Auflage, Ulmer (UTB), Stuttgart, 1996; Seite 243 ff.; Seite 771 ff.; Seite 840 ff.

Ellenberg, Heinz; Leuschner, Christoph; *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*, 6. Auflage, Ulmer (UTB), Zusatzmaterial zum UTB – Band (Liste aller Zeigerwerte), 2010, bereitgestellt über „www.utb-shop.de/9783825281045“

Townsend, Colin R.; Harper John L.; Begon Michael E.; *Ökologie*, 1. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2003; Seite 141 ff.; Seite 233 ff.; Seite 407 ff.

Schulze, Ernst – Detlef; Beck, Erwin; Müller – Hohenstein, Klaus; *Pflanzenökologie*, Spektrum Akademischer Verlag, Berlin Heidelberg, 2002, Kapitel 4, Seite 553 ff.

Hatzinger, Reinhold; Hornik, Kurt; Nagel, Herbert; *R- Einführung durch angewandte Statistik*, Pearson Deutschland GmbH, Hallbergmoos, 2011

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Bereich Boden und Geologie (Herausgeber); K. Goth (Leitung), *Geotopkarte Sachsen*, 1. Auflage, Landesvermessungsamt Sachsen (Druck und Vertrieb) Dresden, 2001, GeotopUK 400

Dr. Durka, Walter; Schmidt, Torsten, *Biotope aus zweiter Hand – Leben in der Bergbaufolgelandschaft*, Helmholtz – Zentrum für Umweltforschung Halle – Leipzig, 2005

Treiber, Reinhold; *Auswirkungen von Besuchertritt auf wertvolle Lebensräume in Baden – Württemberg*, Naturzentrum Kaiserstuhl, Ihringen, 2003

Hejda, Martin; Pysek, Petr; Jarosik, Vojtech; *Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities*; Journal of Ecology 2009, 97, 393 – 403, British Ecological Society

Jäger, Heinke; Kowarik, Ingo; Tye, Alan; *Destruction without extinction: long term impacts of an invasive tree species on Galapagos higland vegetation*; Journal of Ecology 2009, 97, 1252 – 1263, British Ecological Society

NABU Hamburg (Herausgeber); Schumacher, Oliver; Dr. Dengler, Jürgen; *Das Land – Reitgras als Problemart auf Trockenrasen*; NABU Hamburg, Februar 2013, (allgemeine Information über das vorliegende Thema)

Reusser, Judith; Heiri, Caroline; Weber, Pascale; Bugmann, Harald; *Beziehungen zwischen Baum- und Krautschicht in Buchenmischwäldern*, Waldökologie ETH Zürich und Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH), 2010

Dr. Uwe Steinhuber (Herausgeber), Schlenstedt, J.; Stärke, M.; Brinckmann, A.; Häfker, U.; Mehlow, D.; *Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften*, Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau – Verwaltungsgesellschaft mbH (kurz: LMBV), 2009

Abadie, Jean-Claude; Machon, Nathalie; Muratet, Audrey; Porcher, Emmanuelle; *Landscape disturbance causes small-scale funtional homogenization, but limited taxonomic homogenization, in plant comminities*, Journal of Ecology 2011, 99, 1134- 1142, Britsh Ecological Society (allgemeine Information über vorliegendes Thema)

Powell, Kristin; Chase, Jonathan M.; Knight, Tiffany M.; *Invasive Plants Have Scale-Dependent*

Effects on Diversity by Altering Species-Area Relationships; Science 339, 316 (2013); DOI: 10.1126/science.1226817

Tilman, David; Lehman, Clarence; *Human-caused environmental change: Impacts on plant diversity and evolution*, Proceedings of the National Academy of Sciences, 8. May 2011, vol. 98, no. 10, 5433-5440 (allgemeine Information über vorliegendes Thema)

Hobbs, Richard J.; Huenneke, Laura F.; *Disturbance, Diversity, and Invasion: Implications for Conservation*, Conservation Biology, Volume 6, No. 3, September 1992, Review paper

Ludwig, Gerhard; May, Rudolf; Otto, Christelle: *Verantwortlichkeit Deutschlands für die weltweite Erhaltung der Farn- und Blütenpflanzen.* In: *BfN-Skripten.* 220, 2007

Völkl, Wolfgang; Blick, Theo; *Die quantitative Erfassung der rezenten Fauna von Deutschland – Eine Dokumentation auf der Basis der Auswertung von publizierten Artenlisten und Faunen im Jahr 2004. Gutachten im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz 2004*

DPA, *Forscher berechnen Artenvielfalt der Erde neu*; www.zeit.de/wissen/2011-08/arten-existenz-lebewesen, 24.August 2011, besucht am 22.09.2014 (15:46 Uhr)

Conrad, Christian; *Zur Entstegung des Cospudener* Sees; www.leipzigseen.de/die-seen/cospudener-see/die-entstehung-des-cospudener-sees.html; LeipzigSeen GmbH, zuletzt besucht am 22.09.2014 (15:50 Uhr)

Stadt Leipzig; Cospudener See; www.leipzig.de/freizeit-kultur-und-tourismus; Suchbegriff „Cospudener See“, zuletzt besucht am 26.09.2014 (13.58 Uhr)

www.geoportal.sachsen.de; Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen; Version GeoBAK 2.0 V7.0.0; zuletzt besucht am 26.09.2014 (15.37 Uhr)

www.google.maps.de; Google Inc.; zuletzt besucht am 26.09.2014 (15.42 Uhr); genutzt zur Abfrage von Kartenmaterial mithilfe der GPS – Daten

BIOLFLOR – Datenbank; Umweltforschungszentrum Leipzig – Halle GmbH; Depeartment Biozönoseforschung, BiolFlor Version 1.1; http://www2.ufz.de/biolflor/index.jsp; zuletzt besucht am 27.09.2014 (10.59 Uhr)

Shmida, Avi; *Whittaker's Plant Diversity Sampling Method*; Israel Journal of Botany, 1984; Volume 33, pp. 41 - 46