Universität Leipzig
Fakultät für Physik und Geowissenschaften
Institut für Geographie

Bachelorarbeit

Analyse der Auswirkungen von forstlichen Rückegassen
auf die Krautschicht der Burgaue in Leipzig

vorgelegt von

Gaby Meißner

August 2011

Matrikelnr.: 1594131
E-mail: g.meissner@directbox.com

Erstbetreuer: Prof. Dr. Jürgen Heinrich
Zweitbetreuer: Dr. Dietmar Sattler

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

1. Einleitung **1**

2. Untersuchungsgebiet **2**
2.1 Lage 2
2.2 Klima 3
2.3 Geologie und Boden 3
2.4 Historische Entwicklung 4
2.5 Vegetation 5

3. Forstwirtschaftliche Maßnahmen **7**

4. Methodik **10**
4.1 Vegetationsaufnahme 10
4.2 Bodenkundliche Untersuchungen 13
4.2.1 Trockenrohdichte 13
4.2.2 Bodenwiderstand 14
4.3 Auswertungsmethoden 15
4.3.1 Pflanzensoziologische Auswertung 15
4.3.2 Diversitäts- und Strukturindize 15
4.3.3 Boxplots 17
4.3.4 Zeigerwerte 18
4.4 Methodendiskussion 19

5. Ergebnisse **21**
5.1 Vegetationskundliche Ergebnisse 21
5.1.1 Vegetationsaufnahme 1 21
5.1.2 Vegetationsaufnahme 2 25
5.1.3 Vergleich der Vegetationsaufnahmen 1 und 2 30
5.2 Bodenkundliche Ergebnisse 31

5.2.1 Auswertung der Stechzylinderbeprobung 31
5.2.2 Auswertung der penetrographischen Messungen 34
5.3 Zeigerwerte 38
5.4 Auswertung 40

6. Weiterführende Untersuchungen 41

7. Zusammenfassung 42

Literaturverzeichnis

Anhang

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1:	Lage des Untersuchungsgebietes im Naturschutzgebiet Burgaue	2
Abb. 2-2:	Typischer Auenboden bei Lützschena	4
Abb. 2-3:	Baumartenzusammensetzung des Leipziger Auwaldes im Bereich der Burgaue und in Connewitz (südliche Aue) 1870	6
Abb. 2-4:	Baumartenzusammensetzung des Leipziger Auwaldes 1993	6
Abb. 3-1:	Idealer Zielbestand der Leipziger Hartholzaue	8
Abb. 3-2:	Rückegasse (Fläche 1)	8
Abb. 3-3:	Beispiel für einen Harvester	9
Abb. 3-4:	Beispiel für einen Rückezug	9
Abb. 4-1:	Im Januar 2011 überflutete Flächen in der Burgaue	11
Abb. 4-2:	Stechzylinder	13
Abb. 4-3:	Entnahme eines Stechzylinders	13
Abb. 4-4:	Penetrograph der Firma Ejkelkamp mit Sondierstange	14
Abb. 4-5:	Boxplot	18
Abb. 5-1:	Erscheinungsbild der Burgaue im Frühjahr	21
Abb. 5-2:	*Leucojum vernum* in der Burgaue	23
Abb. 5-3:	*Gagea lutea* in der Burgaue	23
Abb. 5-4:	Erscheinungsbild der Rückegasse 1 im Sommer	25
Abb. 5-5:	*Carduus crispus* in der Burgaue	29
Abb. 5-6:	Verteilung der Arten der ersten Kartierung nach ihrer Stetigkeit	30
Abb. 5-7:	Verteilung der Arten der zweiten Kartierung nach ihrer Stetigkeit	30
Abb. 5-8:	Darstellung des durchschnittlichen Bodenwiderstands in Mpa pro Zentimeter für die Randstreifen, die Fahrspuren, den Mittelstreifens und die Referenzfläche	35
Ab. 5-9:	Werte des Bodenwiderstandes in einer Tiefe von 15cm bis 20cm für die Bereiche linker Randstreifen, linke Fahrspur, Mittelstreifen, rechte Fahrspur, rechter Randstreifen und Referenzfläche	37

Tabellenverzeichnis

Tab. 4-1:	Schätzung der Artmächtigkeit (nach Dierschke 1994 und Wilmanns 1998, in Anlehnung an Braun-Blanquet 1964) und Zuordnung der mittleren Deckungsprozente	12
Tab. 4-2:	Stetigkeitsklassen mit den entsprechenden Stetigkeiten in Prozent	15
Tab. 5-1:	Ergebnisse der ersten Vegetationsaufnahme im Frühjahr 2011 sortiert nach ihrer Stetigkeit (S) und zusammengefasst in Stetigkeitsklassen (SK)	22
Tab. 5-2:	Ergebnisse der Diversitäts- und Strukturindize für die erste Vegetationsaufnahme	24
Tab. 5-3:	Ergebnisse des Sørensen-Index für die Rückegassen und die dazugehörigen Referenzflächen der ersten Aufnahme in Prozent	24
Tab. 5-4:	Ergebnisse des Sørensen-Index für die Rückegassen (Geländenr. 1, 3, 5, 7 und 9) der ersten Aufnahme in Prozent	25
Tab. 5-5:	Ergebnisse des Sørensen-Index für die Referenzflächen (Geländenr. 2, 4, 6, 8 und 10) der ersten Aufnahme in Prozent	25
Tab. 5-6:	Ergebnisse der zweiten Vegetationsaufnahme im Juli 2011 sortiert nach ihrer Stetigkeit (S) und zusammengefasst in Stetigkeitsklassen (SK)	26
Tab. 5-7:	Ergebnisse der Diversitäts- und Strukturindize für die zweite Vegetationsaufnahme	27
Tab. 5-8:	Artenanzahl des Mittelstreifens (M), des linken (F1) und des rechten Fahrstreifens (F2) für die Rückegassen	28
Tab. 5-9:	Ergebnisse des Sørensen-Index für die Rückegassen und die dazugehörigen Referenzflächen der zweiten Aufnahme in Prozent	29
Tab. 5-10:	Ergebnisse des Sørensen-Index für die Rückegassen (Geländenr. 1, 3, 5, 7 und 9) der zweiten Aufnahme in Prozent	30
Tab. 5-11:	Ergebnisse des Sørensen-Index für die Referenzflächen (Geländenr. 2, 4, 6, 8 und 10) der zweiten Aufnahme in Prozent	30
Tab. 5-12:	Messergebnisse der Stechzylinderbeprobung für die beiden Seitenstreifen (S), die beiden Fahrrinnen (F), den Mittelstreifen (M) und der Bestandsfläche (B)	31
Tab. 5-13:	Einstufung der Trockenrohdichte	32
Tab. 5-14:	Durchschnittlicher Bodenwassergehalt in Volumen-% für die Seitenstreifen (S), die Fahrspuren (F), die Mittelstreifen (M) und die Referenzstandorte (B)	32
Tab. 5-15:	Einstufung bodenphysikalischer Kennwerte der Wasserbindung in Volumen-%	33
Tab. 5-16:	Durchschnittswerte der Pflanzen der ersten und zweiten Vegetationsaufnahme für die Zeigerwerte Licht (L), Temperatur (T), Kontinentalität (K), Feuchtigkeit (F), Reaktion (R) , Stickstoff (N) und Salz (S)	38
Tab. 5-17:	Zeigerwerte ausgewählter Pflanzenarten	39

1. Einleitung

Der Leipziger Auwald ist ein bedeutendes Ökosystem und Lebensraum für eine Vielzahl von Arten. Mit der Begradigung der Flüsse und der Absenkung des Grundwassers ging jedoch eine Veränderung der hydrologischen Bedingungen einher. Das Resultat ist die Ansiedlung von weniger überflutungsresistenten und demnach auenuntypischen Arten. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, ist es einerseits wichtig, die weitere Austrocknung, z.B. durch künstliche Überflutungen, zu verhindern und andererseits, die Artenzusammensetzung des Auwaldes durch Holzeinschlag u.ä. zu kontrollieren. Im Rahmen solcher forstlicher Eingriffe ist es notwendig, dass Forstmaschinen entlang von so genannten Rückegassen den Auwald befahren. Trotz der Notwendigkeit dieser Maßnahmen wird vermutet, dass die Befahrung auch gleichzeitig eine Belastung für die Vegetation ist. Es besteht die Annahme, dass es im Zuge der Befahrung zu einer Verdichtung im Bereich der Fahrspuren und somit zu einer Veränderung der Standortbedingungen und folglich zu einer veränderten Artenzusammensetzung kommt. Standortcharakteriserende Eigenschaften könnten die Bildung von Staunässe, eine schlechte Durchwurzelbarkeit des Bodens und ein geringer Sauerstoffgehalt im Boden sein.

Die vorliegende Arbeit geht dieser Annahme, im Speziellen der Untersuchung der Bodendichte und der Vegetationstruktur auf Rückegassen und Referenzstandorten, nach. Die Ergebnisse können jedoch nicht als repräsentatv gewertet werden, da im Rahmen der Bachelorarbeit lediglich zur Orientierung dienende Untersuchungen möglich waren.

Beginnend mit der Charakterisierung des Untersuchungsraumes werden Grundkenntnisse über die klimatischen, bodenkundlichen, geschichtlichen und vegetationskundlichen Gegebenheiten vermittelt. Die bereits bei der Beschreibung der Vegetation anklingende forstwirtschaftliche Nutzung des Auwaldes, wird in dem folgenden Kapitel mit dem Blickpunkt auf die Rückegassen noch weiter vertieft. Der theoretische Teil der Arbeit schließt mit der Vorstellung der verwendeten Methoden und einer Diskussion über die Auswahl dieser ab.

In dem praktischen Teil werden die Ergebnisse der Stechzylinderbeprobung, der penetrographischen Messungen, der Vegetationsaufnahmen und die entsprechenden Zeigerwerte analysiert und in einer Gesamtauswertung in Beziehung zueinander gesetzt.

2. Untersuchungsgebiet

2.1 Lage

Die Untersuchungsflächen befinden sich im Bereich der Burgaue im Nordwesten des Leipziger Stadtbezirkes (siehe Abb. 2-1). Das Naturschutzgebiet umfasst 43,24 ha und ist Teil des Ökosystems und Landschaftsschutzgebietes Leipziger Auwald, welcher von den Flüssen Luppe, Pleiße, Parthe und Weiße Elster durchzogen wird (ZÄUMER 1996: 68).

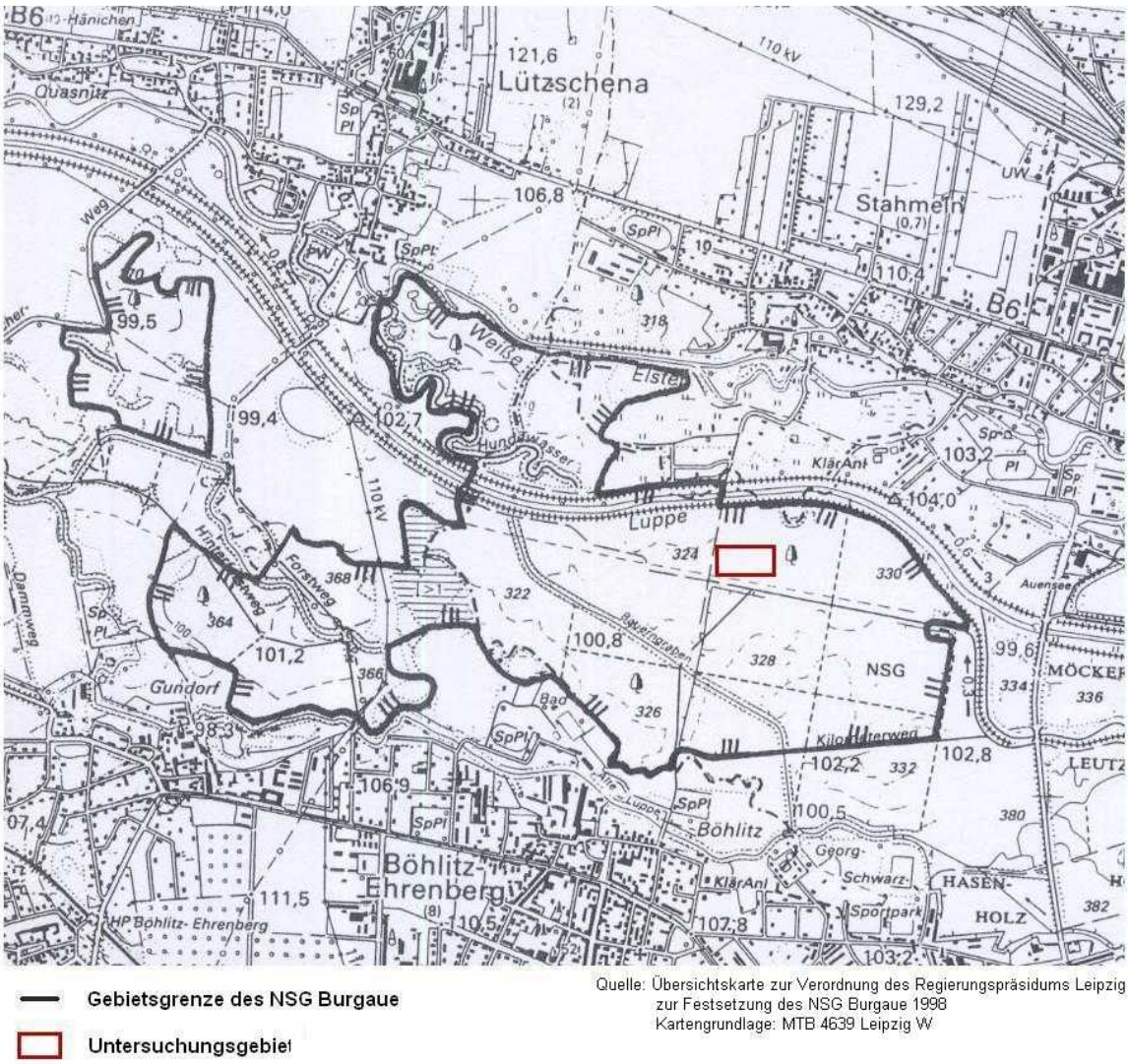


Abb. 2-1: Lage des Untersuchungsgebietes im Naturschutzgebiet Burgaue

Die Koordinaten der 10 Untersuchungsflächen befinden sich im Anhang. Es wurden jeweils der Rechts- und Hochwert für den oberen linken Begrenzungs- bzw. Eckpunkt angegeben. Die Abweichung betrug bei der Aufnahme der Werte 4-5m.

2.2 Klima

Klimatisch ist das Gebiet dem Mitteldeutschen Trockengebiet zuzuordnen (ZÄUMER 1996: 69). Nach der forstlichen Klimagebietsgliederung gehört der Leipziger Raum zu den Tieflandsräumen, die schwach kontinental beeinflusst sind und im Sommer durch warme Temperaturen geprägt werden (SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT).

Die Jahresniederschläge betragen im Mittel (1951-1980) 529mm und die Jahresmitteltemperatur liegt etwa bei 9°C (KOWALKE 2000: 76). Im Durschnitt liegt die Zahl der jährlichen Frosttage vor Beginn der Hauptvegetationsperiode bei 79,3 (GLÄSER 2005: 9).

2.3 Geologie und Boden

Im Zuge der Elster- und Saalekaltzeit lagerten Inlandgletscher Grund- und Endmoränen in der Leipziger Tieflandsbucht ab. In der folgenden Weichselkaltzeit reichten die südlichsten Gletscherausläufer nicht bis Leipzig, weshalb dieses Gebiet durch periglaziale Prozesse geprägt wurden ist und es zur Ablagerung einer 6-8m mächtigen feinkörnigen Flussschotterschicht kam (BERKEMEIER, LOOSE 1997:4).

Innerhalb der anschließenden und bis heute andauernden Warmzeit lagerten sich in Folge von regelmäßigen Überschwemmungen sandig-tonige Sedimente (Auenlehm) auf den Schottern ab. Eine Verstärkung des Ablagerungsprozesses erfolgte während der Bronzezeit und vorallem im hohen Mittelalter. Großflächige Rodungen für Ackerflächen förderten die Bodenerosion und erhöhten somit die Sedimentfracht der Flüsse (BERKEMEIER, LOOSE 1997: 6).

Die holozänen Auenlehmsedimente erreichen in der Burgaue eine Mächtigkeit von 3-4m. Das Naturschutzgebiet wird von Altwasserrinnen durchzogen und befindet sich etwa 102m üNN. In diesem Gebiet sind nährstoffreiche Auenlehmböden (Vegaböden) vorherrschend (ZÄUMER 1996: 69).

Abb. 2-2: Typischer Auenboden bei Lützschena (Quelle: Tinapp, C.: <http://www.leipziger-auwald.de/cms/cache/afb0206b91add6926aa383bcdc316f13.jpg> (letzter Zugriff: 14.08.2011)

2.4 Historische Entwicklung

Die Veränderung der Auenlandschaft, wenn auch in einem sehr geringen Maße, begann bereits im 7. Jahrhundert mit dem Bau von Schutzdämmen gegen die jährlichen Überschwemmungen (BERKEMEIER, LOOSE 1997: 7f). Zu Beginn des 11. Jahrhunderts entstanden dann mit dem Vortschritt der Technik die ersten Wassermühlen an den Flussarmen von Luppe, Weißer Elster und Pleiße (ZÄUMER 1996: 86).

Die Eingriffe des Menschen in das Auensystem nahmen mit den Jahrhunderten immer weiter zu. Während sich die Bautätigkeiten im 11. Jahrhundert über längere Zeitabschnitte verteilten, hatte die Natur mit dem Beginn der Industrialisierung und dem Bevölkerungswachstum am Anfang des 19. Jahrhunderts nicht mehr die Möglichkeit die Veränderungen auszugleichen (BERKEMEIER, LOOSE 1997: 8).

Zu wesentlichen Veränderungen führte im besonderen die Durchführung von Hochwasserregulierungsmaßnahmen von 1852 bis 1968 (ZÄUMER 1996: 86) im Zuge derer es unter anderem zur Begradigung der Flüsse und dem Bau des Luppe-Hochflutbettes kam (FRÖHLICH ET AL. 1995: 53). Das Fließnetz wurde dadurch stark minimiert und infolge der Einleitung von Abwässern zusätzlich belastet.

Anfang des 20. Jahrhunderts bewirkte der beginnende Braunkohletagebau im Süden Leipzigs die Absenkung des Grundwasserspiegels und begünstigte somit das weitere Trockenfallen der

Flussauen (SÄCHSICHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND VERKEHR).
Mittlerweile stehen Großteile des Auwaldes unter Naturschutz und die Wasserqualität hat sich zumindest teilweise verbessert, wenn auch die Sedimente der Pleiße und Weißen Elster Belastungen von Zink und Arsen aufweisen (JULKE 2011). Doch an der Vegetation lässt sich erkennen, dass sich die Aue aufgrund der ausbleibenden jährlichen Überschwemmungen und den somit ebenfalls wegfallenden Lehmablagerungsprozessen weiterhin von einer Hartholzaue entfernt. Um diesem Prozess entegenzuwirken, gibt es bereits seit einigen Jahren Pläne, alte Wasserläufe zu vernetzen und „durch kontrollierte Wasserführung als naturnahe Fließgewässer wiederherzustellen" (BERKEMEIER, LOOSE 1997: 13).

2.5 Vegetation

Nach der letzten Eiszeit bildete sich auf den Alluviolen von Elster, Luppe und Pleiße eine Weichholzaue mit typischen Vertretern wie Schwarzpappel (*Populus nigra*), Erlen (*Alnus spec.*) und verschiedenen Weidenarten (*Salix spec.*) aus (BERKEMEIER, LOOSE 1997: 14). Mit der kontinuierlichen Ablagerung von Sedimenten stieg das Höhenniveau der Flussauen. Die nun trockeren Standorte wurden mit der Zeit allmählich von hartholzauentypischen Arten geprägt (SICKERT 2001: 11).
Seit der Besiedlung des Leipziger Raumes beeinflusst der Mensch direkt oder indirekt die Artenzusammensetzung, Struktur und Ausbreitung des Auwaldes. Ein schwerwiegender Eingriff in das Ökosystem ging mit den Hochwasserregulierungsmaßnahmen einher. Die Flussauen wurden zunehmend trockener und Stoffkreisläufe wurden durch die ausbleibenden Überschwemmungen unterbrochen. Ein erhöhter Stickstoffeintrag in den Boden nach dem 2. Weltkrieg, sowie die Absenkung des Grundwasserspiegels infolge des Abbaus von Braunkohle, schafften ein Ökosystem, das zunehmend von nitrophilen und weniger überflutungsresistenten Arten, wie dem Schwarzen Holunder (*Sambucus nigra*) und dem Spitzahorn (*Acer platanoides*) besiedelt wurde bzw. wird (SICKERT 2001: 13f). Neben diesen mehr oder weniger indirekten Eingriffen spielen natürlich die direkten Eingriffe, sprich die forstlwirtschaftliche Nutzung des Auwaldes eine primäre Rolle hinsichtlich der Artenvielfalt und Struktur des Waldes.
Bis 1870 fand in den Flussauen hauptsächlich die Mittelwaldbewirtschaftung Anwendung (siehe Anhang 2). Das heißt, es wurde ein Bestand an Großbäumen, vorwiegend Eichen (*Quercus spec.*), belassen, während das Unterholz aller 15-20 Jahre geschlagen wurde und als Brennholz seine Verwendung fand (ENGELMANN 2010: Mittelwaldwirtschaft). Mit der ersten Forsteinrichtung im Jahre 1870 kam es gleichzeitig zu einer Umstellung auf den Hochwaldbetrieb (siehe Anhang 3).

Große Flächen des Waldes wurden im Folgenden sich selbst überlassen und insgesamt kam es nur zu kleinen Kahlschlägen (SICKERT 2001: 12). Durch diese Art der Bewirtschaftung änderte sich die Baumartenzusammensetzung erheblich. Arten, wie Esche und Bergahorn, wurden nun nicht mehr unterdrückt, sondern in Erwartung auf höhere Erträge sogar gefördert (SICKERT 2001: 13).

Nach 1990 änderte sich die Form der Bewirtschaftung erneut. Bis heute findet im Leipziger Auwald mit Ausnahme von einigen Testfeldern eine femelartige Bewirtschaftung statt (siehe Anhang 4). Das heißt, es erfolgt ein gezielter Holzeinschlag, der unter anderem auf den Erhalt und die Förderung hartholzauentypischer Arten (siehe 3.) und einer ausgeglichenen Altersklassenverteilung abzielt (SICKERT 2001: 26). Dazu werden Freiflächen (Femellöcher) für heranwachsende Jungbäume geschaffen und Alt-Eichen freigeschnitten, um im Bereich der Krone die Konkurrenz zu mindern (ENGELMANN 2010: Bewirtschaftung heute).

Die Abbildungen 2-3 und 2-4 zeigen deutlich die oben erwähnte Veränderung der Baumartenzusammensetzung im Leipziger Auwald.

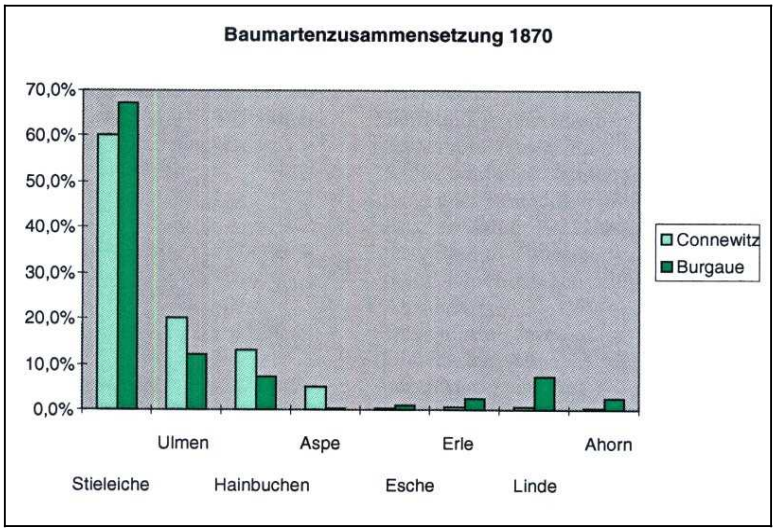


Abb. 2-3: Baumartenzusammensetzung des Leipziger Auwaldes im Bereich der Burgaue und in Conewitz (südliche Aue) 1870 (Quelle: SICKERT 2001: 12)

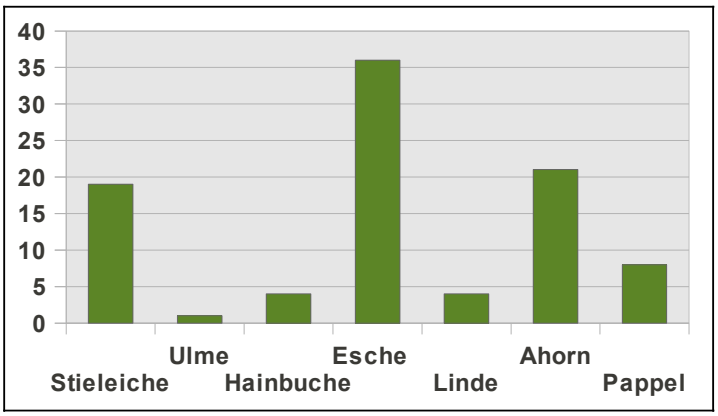


Abb. 2-4: Baumartenzusammensetzung des Leipziger Auwaldes 1993 (Datenquelle: SICKERT 2001: 12, eigene Darstellung)

Heute wird das Landschaftsschutzgebiet „Leipziger Auwald“ primär von einem Eichen-Eschen-Ulmen-Auwald (*Querco-Ulmetum minoris*) geprägt (SICKERT 2001: 16). Allerdings ist der Altbaumbestand der Ulmen seit den 60er Jahren im Zuge des Ulmensterbens seit 1921 (im Leipziger Raum) von 13% auf fast 0% gesunken ist (SICKERT 2001: 13).

Die Strauchschicht der Hartholzaue wird bestimmt von „ Pfaffenhütchen, Hasel, Schlehe, Weißdorn [und] Roter Hartriegel“ (BERKEMEIER, LOOSE 1997: 15). Für das Naturschutzgebiet Burgaue ist weiterhin die planar-subatlantische Alium-ursinum-Rasse typisch. Das heißt, dass eher subkontinental geprägte Elemente wie die Winterlinde (*Tilia cordata*) und der Feldahorn (*Acer campestre*) zurückteten und Geophyten, die der Bärlauchgruppe angehören großflächig vertreten sind (ZÄUMER 1996: 70). Die verbreiteste Standortformengruppe ist ÜR2 (frische Auen), teilweise ist auch ÜR1 (feuchte Auen) vorzufinden (SICKERT 2001: 16).

Ohne die forstwirtschaftlichen Eingriffe ginge die Entwicklungstendez in Richtung eines Eschen-Ahorn-Waldes und einer Verringerung der Baumartenvielfalt (SICKERT 2001: 15).

3. Forstwirtschaftliche Maßnahmen

Im Folgenden werden die Ziele der Forstwirtschaft und die dazu erforderlichen Maßnahmen näher betrachtet, um im Weiteren näher auf die Thematik Rückegassen einzugehen.

Das Hauptziel der Forstwirtschaft der Leipziger Forsteinrichtung ist die nachhaltige Sicherung der Erholungs- und Schutzfunktion des Waldes. Diese kann nur dann gewährleistet sein, wenn eine ökologische Stabilität gegeben ist. Ein stabiles und leistungsfähiges Waldökosystem setzt jedoch einen naturnahen Artenbestand sowie naturnahe Strukturen voraus, die in Folge der veränderten Standortbedingungen (siehe 2.4 und 2.5) ohne forstwirtschaftliche Eingriffe nicht gewährleistet wären. Es käme unter anderem zunehmend zur Ausbreitung von Ahornarten und zur Verdrängung

von Eschen und Stieleichen. Aus dem Vorsatz, die Hartholzaue, als standorttypische Waldgesellschaft, zu erhalten, ergibt sich der in der Abbildung 3-1 dargestellte Zielbestand. Der Bestandszieltyp ist ein Stieleichen-Edellaubholztyp (SOMMER 1997: 28).

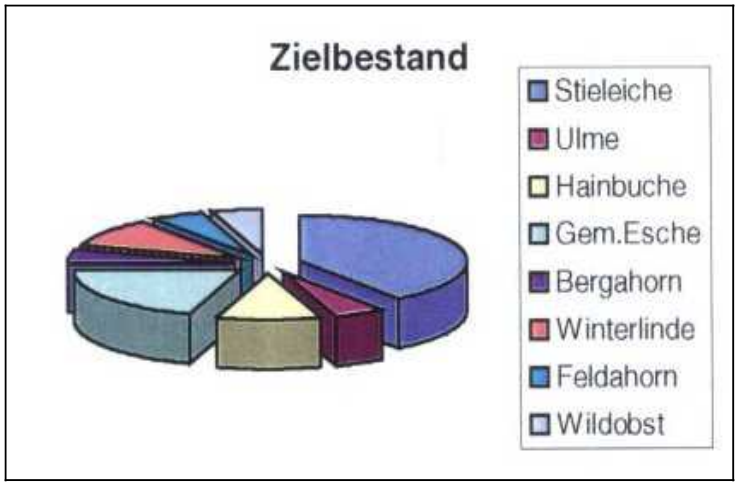


Abb. 3-1: Idealer Zielbestand der Leipziger Hartholzaue (Quelle: SICKERT 2001: 25)

Neben der Artenzusammensetzung spielt die Struktur des Waldes eine entscheidende Rolle als Grundlage für ein artenreiches Ökosystem. Eine ausgeglichene Altersklassenverteilung der Baumarten, d.h. das Auftreten einer Baumart vom Sämling bis hin zum Totholz, bietet eine große Vielfalt an Lebensräumen und begünstigt demnach auch eine große Artenvielfalt. Ebenfalls zu einer Vervielfältigung der Lebensräume führt die Strukturierung der Bestände, so dass unterschiedliche Lichtverhältnisse herrschen (SICKERT 2001: 23).

Die Realisierung dieser Zielzustände verlangt nach der Durchführung diverser forstwirtschaftlicher Maßnahmen. Dazu zählen die Jungwuchspflege, die Jungbestandspflege, die Jungdurchforstung, die Altdurchforstung und die Wertästung (BOECKHOFF ET AL. 2002: 3-11), die in ihrer Durchführung von Alter und Wuchshöhe abhängig sind.

Erfolgt ein Holzeinschlag, um zum Beispiel Freiflächen für die Anpflanzung von Stieleichen zu schaffen (siehe 2.5), müssen zuvor Rückegassen angelegt werden.

Abb. 3-2: Rückegasse (Fläche 1) (eigenes Foto 2011)

In der Leipziger Burgaue geschieht dies in einem Abstand von etwa 40m. Für die forstwirtschaftlichen Eingriffe kommen primär drei Großmaschinen zum Einsatz. Der Harvester oder Holzvollernter (siehe Abb. 3-3) fällt die entsprechenden Bäume und der Rückezug (siehe Abb. 3-4) transportiert die Baumstämme ab.

Abb. 3-3: Beispiel für einen Harvester (Quelle: http://www.aggeler.ch/cms/media/johndeere_harvester-front.jpg; letzter Zugriff: 13.08.2011)

Abb. 3-4: Beispiel für einen Rückezug (Quelle: http://www.forstunternehmen-reith.de/img/details/holzrueckung-2_gr.jpg; letzter Zugriff: 13.08.2011)

Aufgrund des relativ großen Abstandes zwischen den Rückegassen und dem zu geringen Wirkungsradius der Maschinen wird zusätzlich noch ein Seilschlepper gebraucht. Wie oft die Maschinen über die Rückegassen fahren, hängt von der Größe des zu fällenden Baumbestandes und des Sortimentes ab. In einem Bestand mit einer hohen Vielfalt an Baumarten müssen die Maschinen gegebenenfalls öfter Fahren, um bei der Abladung der Stämme nicht Gefahr zu laufen die Stämme

falsch abzulagern.
Die Stärke des Einsinkens der Maschinen hängt neben dem Substrat besonders von den Witterungsbedingungen ab. Ist der Boden gefroren kommt es zu einer wesentlich geringeren Belastung und Verformung durch die Maschinen, als bei dem Befahren eines ungefrorenen und gegebenenfalls durchweichten Bodens.

4. Methodik

Dieses Kapitel dient der Erläuterung der verwendeten Methoden für die Datenerhebung und die Auswertung dieser.
Einen Schwerpunkt bilden vegetationskundliche Untersuchungen. Mit Hilfe von Vegetationskartierungen konnten Daten erhoben werden, die unter anderem Aufschluss über die Artenzusammensetzung der Untersuchungsflächen gaben. Anhand von Struktur- und Diversitätsindizes erfolgte dann eine Untersuchung der Daten auf mögliche Unterschiede zwischen den Fahrspuren und den Referenzflächen.
Ein weiterer Schwerpunkt lag auf den bodenkundlichen Untersuchungen. Die angewandten Methoden hatten primär die Überprüfung der Annahme einer Verdichtung im Bereich der Fahrspuren zum Ziel. Gleichzeitig konnten verschiedene Bodenparameter erhoben werden, die für die Herausstellung von Unterschieden zwischen den Einheiten (Fahhrspur, Seitenstreifen etc.) von Nutzen waren.

4.1 Vegetationsaufnahme

Die Auswahl der Untersuchungsflächen beruhte auf mehreren Kriterien, die auf eine maximale Vergleichbarkeit abzielen.
Die Flächen sind 10m lang und 3m breit, was der durchschnittlichen Breite einer Rückegasse entspricht. Es fanden Vegetationsaufnahmen auf 5 Rückegassen und auf ebenso vielen Referenzstandorten statt, wobei sich die Referenzflächen mindestens 1m und höchstens 5m von der Untersuchungsfläche entfernt befanden. Mit der Nähe zueinander soll eine höchstmögliche Vergleichbarkeit durch annähernd gleiche Standortfaktoren gegeben sein. Ein weiteres

Auswahlkriterium war, dass sich innerhalb der Flächen keine Bäume befanden, da der Schwerpunkt der Untersuchungen auf der Krautschicht liegt und diese das Ergebnis verfälscht hätten. Dies begründet auch, weshalb die Vegetation der Randbereiche der Rückegassen nicht kartiert wurden sind.

Des Weiteren sollte der Einfluss durch Nutzer des Auenwaldes, d.h. Spaziergänger, Fahrradfahrer, Reiter und Hundebesitzer, ausgeschlossen werden. Daher sind die Flächen mindestens 5m zumeist jedoch über 50m von Wegen entfernt.

Jede der gewählten Rückegassen wurde zuletzt 2010 für forstliche Arbeiten genutzt. Dadurch wird das Maß an bioturbatischen Vorgängen und anderen Einflüssen, die zu einer Minimierung der Bodendichte führen, gering gehalten. Theoretisch bestand ebenso die Möglichkeit Rückegassen verschiedener Jahre miteinander zu vergleichen, doch hätte sich dann die Anzahl der zu untersuchenden Flächen erhöhen müssen. Der erforderliche Arbeitsaufwand wäre über das Pensum einer Bachelorarbeit hinaus gegangen.

Innerhalb des 2010 bewirtschafteten Gebietes kam es weiterhin zur Aussortierung von Flächen bzw. Rückegassen, die in Folge des Hochwassers und der Öffnung des nahe gelegenen Nahlewehrs im Januar 2011 überflutet worden waren. Charakteristisch für diese Flächen waren zum Zeitpunkt der Begehung ein mehr oder weniger dicker Überzug mit Feinpartikeln und vegetationsfreie Fahrspuren (siehe Abb. 4-1). Rückegassen, die eine Nutzung als Trampelpfad vermuten liesen, wurden ebenfalls außen vor gelassen.

Abb. 4-1: Im Januar 2011 überflutete Flächen in der Burgaue (eigenes Foto, 2011)

Die Kartierung der 10 Flächen wurde einmal Ende März und das andere Mal im Juli durchgeführt,

um die jahreszeitlich bedingten Unterschiede in der Artenzusammensetzung zu erfassen.
Die Vegetation der gewählten Flächen wurde im Zuge der Vegetationsaufnahmen nach Braun-Blanquet kartiert, d.h. einer Art wurde ein Wert in Abhängigkeit ihrer Artmächtigkeit zugeteilt (siehe Tab. 4-1) (FREY, LÖSCH 2010: 69).

Schätzung der Artmächtigkeit, jeweils bezogen auf die Aufnahmefläche		Mittlere Deckungsprozente (in %) (Mittelwert)
r	1 Individuum (auch außerhalb sehr selten), kleine Wuchsformen	-
+	2-5 Individuen, Deckung ≤ 5%, kleine Wuchsformen	0,5
1	6-50 Individuen, Deckung ≤ 5%, einschl. 1-5 Individuen bei großen Wuchsformen	2,5
1m	> 50 Individuen, Deckung ≤ 5%	2,5
2a	Individuenzahl beliebig, Deckung > 5-15%	10
2b	Individuenzahl beliebig, Deckung > 15-25%	20
3	Individuenzahl beliebig, Deckung > 25-50%	37,5
4	Individuenzahl beliebig, Deckung > 50-75%	62,5
5	Individuenzahl beliebig, Deckung > 75-100%	87,5

Tab. 4-1: Schätzung der Artmächtigkeit (nach Dierschke 1994 und Wilmanns 1998, in Anlehnung an Braun-Blanquet 1964) und Zuordnung der mittleren Deckungsprozente (Quelle: FREY, LÖSCH 2010)

Die Aufnahme der Vegetation beschränkte sich auf die Sporophyen in der Kraut- und Strauchschicht. Kryptogamen gingen demnach nicht in die Datenaufnahme ein.
Im Vergleich zu der ersten Vegetationsaufnahme wurden die Flächen bei der zweiten nicht nur im gesamten aufgenommen, sondern zusätzlich nach der Unterteilung in Fahrspuren und Mitte. Die Streifen waren jeweils 60cm breit und 3m lang. Um eine Vergleichbarkeit zu erlangen, wurde eine ebenso große Fläche in der Mitte der Referenzfläche kartiert. Diese gesonderte Kartierung dient der Erkennung von Mustern bzw. Abhängigkeiten in dem Auftreten von Arten. Eine Fragestellung dabei war zum Beispiel, ob Pflanzen, die nur auf den Rückegassen vorkamen, dann auch vorrangig in den Fahrspuren und nicht auf dem, der Referenzfläche noch am ähnlichsten, Mittelstreifen.
In der weiteren Arbeit können folgende Abkürzungen und Bezeichnungen auftauchen

R – Randstreifen; linker (R1) und rechter (R2) Rand zusammengefasst

F – Fahrspuren; linke (F1) und rechte (F2) Fahrspuren zusammengefasst

M – Mittelstreifen zwischen den beiden Fahrspuren

B – Bestandsfläche oder Referenzfläche

Ref – Referenzfläche

Rü – Rückegasse

4.2 Bodenkundliche Untersuchungen

4.2.1 Trockenrohdichte

Die Trockenrohdichte beschreibt das Verhältnis zwischen dem Trockengewicht der Bodenprobe zum Volumen des Entnahmebehälters und konnte mittels der Entnahme von 36 Stechzylindern (siehe Abb. 4-2 und Abb. 4-3) im Bereich der ersten Rückegasse ermittelt werden.

Abb. 4-2: Stechzylinder (eigenes Foto, 2011)

Abb. 4-3: Entnahme eines Stechzylinders (eigenes Foto, 2011)

Es wurden je 6 Stechzylinder (Höhe 5cm, Durchmesser 5cm) horizontal in einer Tiefe von 5-10cm für die Bereiche Seitenstreifen (links und rechts), Fahrspur (links und rechts), Mittelstreifen und Bestand entnommen. Da sich eine Veränderung der Vegetationsstruktur im Zuge der Probenentnahme nicht hätte vermieden werden können, fanden die Arbeiten wenige Meter südlich der Untersuchungsflächen statt. Nach dem Wiegen der Proben kamen diese für 24 Stunden bei 105°C in einen Trockenschrank, um sie danach erneut zu wiegen und das Trockengewicht zu bestimmen.

Mittels der bodenkundlichen Kartieranleitung konnten aus dem Trockengewicht und der Bodenart

des Weiteren die Luftkapazität, die Feldkapazität, d.h. der Wasseranteil am Gesamtporenvolumen, bestehend aus nutzbarer Feldkapazität und Totwasser ermittelt werden.

4.2.2 Bodenwiderstand

Der Bodenwiderstand konnte unter Verwendung eines Pentrographen (siehe Abb. 4-4) ermittelt werden.

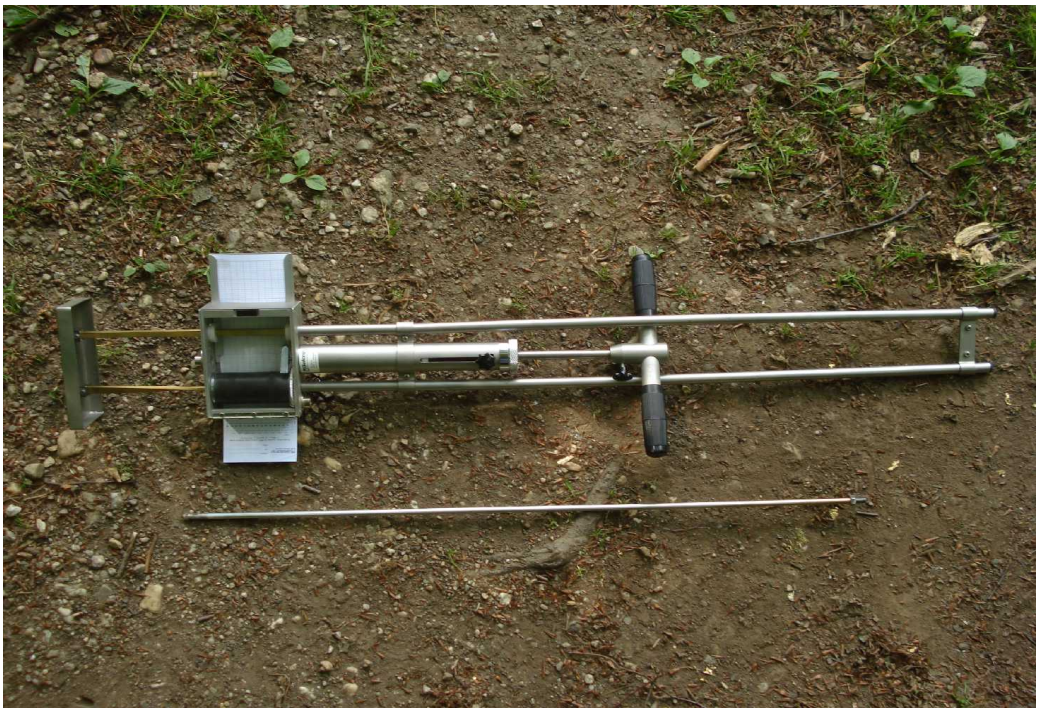


Abb. 4-4: Penetrograph der Firma Ejkelkamp mit Sondierstange (eigenes Foto, 2011)

Das Messprinzip „basiert auf der Komprimierung einer kalibrierten Feder“ (EJKELKAMP). Nach der Auswahl einer geeigneten Eindringungskone (je dünner, desto tiefer gelangt man in den Boden) wird das Gerät auf dem Boden angesetzt und die Spitze hinein gedrückt bis eine maximale Messtiefe von 80cm erreicht wird oder man auf einen Widerstand (Steine, Wurzeln o.ä.) trifft.

Während die Eindringungskone in den Boden gedrückt wird, zeichnet der Messkasten mit einer Kulinadel die Werte parallel auf das eingelegte Messblatt. Ein Beispiel dafür befindet sich im Anhang 5.

Dem Hersteller zufolge muss darauf geachtet werden, dass die Sondierstange vertikal eindringt, um Druck und Reibung gering zu halten. Dazu befindet sich am Messkasten eine Wasserwaage

(EJKELKAMP). Allerdings ist es in der Praxis nahezu unmöglich beim Eindrücken der Spitze auf die relativ kleine Wasserwaage zu achten, d.h. es können daraus gegebenenfalls Messfehler entstehen.
Mit einem Penetrographen können Werte bis in eine Tiefe von 80cm und einer Größe von 5 Mpa (=5000kN/m²) aufgezeichnet werden.
Die Messungen mit dem Penetrographen der Firma Ejkelkamp fanden am 25. und 26.05.2011 statt. Bei der Auswahl der Messtage wurde darauf geachtet, dass es 2 Tage vor und während der Messungen keine Niederschläge gab, da diese die Messergebnisse hätten verfälschen können. Weiterhin wurde der Penetrograph stets von der selben Person betätigt, um auch hier eine maximale Vergleichbarkeit der Messwerte zu erreichen.
Bemessen wurden die Einheiten Bestand, Fahrspur (linke und rechte), Mittel- und Seitenstreifen (links und rechts) in der unmittelbaren Nähe der Rückegasse 1 mit je 7 Messungen.

4.3 Auswertungsmethoden

4.3.1 Pflanzensoziologische Auswertung

Die aufgenommenen Daten wurden in Tabellen zusammengefasst und zur besseren Übersicht nach ihrer Stetigkeit geordnet, d.h. nach der Anzahl der Flächen auf der eine Art im Verhältnis zur Gesamtanzahl der Flächen auftritt. *Gagea lutea* (Wald-Goldstern) zum Beispiel tritt auf 6 von 10 Flächen auf und besitzt somit eine Stetigkeit von 60%.
Die Stetigkeitsklassen sind wie folgt definiert:

V	> 80 – 100%
IV	> 60 – 80%
III	> 40 – 60%
II	> 20 – 40%
I	> 0 – 20%

Tab. 4-2: Stetigkeitsklassen mit den entsprechenden Stetigkeiten in Prozent

4.3.2 Diversitäts- und Strukturindizes

Der Begriff Biodiversität prägt seit 20 Jahren öffentliche Diskussionen und Bemühungen zur Bewahrung der ökologischen Komplexität. Mit der intensiven wissenschaftlichen Auseinandersetzung kamen immer weitere Definitionen hinzu.

Im Folgenden werden die vier für die Auswertung der Vegetationskartierungen genutzten Indizes näher erläutert.

Der einfachste Index ist die **α-Diversität**. Sie ist ein quantitatives Maß für die Artenanzahl pro Flächeneinheit (FREY, LÖSCH 2010: 60).

$$R = \frac{n}{F}$$

n = Artenzahl
F = Flächengröße

Die **β-Diversität** beschreibt die Veränderung der Artenzusammensetzung zwischen Gesellschaften in Abhängigkeit von den Standortparametern. Bestimmt wird diese durch verschiedene Ähnlichkeitsmaße (DIERSCHKE 1994: 144), darunter der Sørensen-Index, der Shannon-Index und die Eveness, die im Folgenden näher erläutert werden.

Der **Sørensen-Index (S)** berechnet sich aus den präsenten und den nicht kongruenten Arten zweier Aufnahmeflächen und bietet sich für einen direkten Vergleich an (FREY, LÖSCH 2010: 61).

$$S = \frac{2\mathrm{G}}{A + B} \cdot 100$$

G = Anzahl der Arten, die in beiden Gebieten vorkommen
A = Anzahl der Arten, die nur im Gebiet A vorkommen
B = Anzahl der Arten, die nur im Gebiet B vorkommen

Die Werte liegen zwischen 0 und 100%. Der Sørensen-Index erreicht umso höhere Werte, je größer die Ähnlichkeit ist. Da lediglich die Dedundanz, nicht aber die Abundanz in die Berechnung mit eingehen, besitzen Einzelfunde die gleiche Wertigkeit wie Massenvorkommen und werden somit übergewichtet (WIEGLEB, ZERBE 2009: 101).

Der **Shannon-Index (H')** ist ein weiteres Maß für die Diversität, wobei er im Vergleich zu den

vorangegangenen Indize sowohl Dedundanz als auch Abundanz integriert (FREY, LÖSCH 2010: 61).

$$H' = -\sum_{i=1}^{n} p_i \cdot \ln p_i$$

$$\text{mit} \quad p_i = \frac{n_i}{N}$$

n_i = Deckungsgrad der Art i

N = Summe der Deckungsgrade aller Arten einer Aufnahme

Der Diversitätsindex H' erreicht den Wert 0, wenn alle Individuen einer Art zugehörig sind (TREMP 2005: 74). Ist p_i für alle Arten gleich, entspricht dies dem maximalen Wert für H' (H_{max}) (DIERSCHKE 1994: 145).

$$H_{max} = \log n$$

n = Artenzahl

Wird H' in Beziehung zu H_{max} gesetzt, erhält man den Grad der Gleichverteilung der Arten, die **Eveness (E)** (TREMP 2005: 74).

$$E = \frac{H'}{H_{max}} = \frac{H'}{\log n}$$

4.3.3 Boxplots

Für die Auswertung der penetrographischen Daten war es von Vorteil diese grafisch darzustellen und statistische Kennwerte zu berechnen. Die Messblätter wurden mit dem Programm „GetData Graph Digitizer version 2.24" von FEDEROV (http://getdata-graph-digitizer.com/) digitalisiert, um im nächsten Schritt die Mittelwerte zu berechnen und so genannte Boxplots für die Verlaufskurven zu erstellen. Boxplots oder auch Box-Whiskers-Plots bieten die Möglichkeit, Beschreibungsmerkmale einer Verteilung grafisch darzustellen (siehe Abb. 4-5). Der dicke

horizontale Strich in der Box repräsentiert den Median, demnach befinden sich oberhalb und unterhalb dieses Balkens je 50% der Daten. Die untere und obere Begrenzung der Box steht für das erste und dritte Quartil, d.h. der Bereich zwischen dem Median und der jeweiligen äußeren Grenze der Box umfasst je 25% der Daten. Die Whiskers sind höchstens 1,5 mal so lang wie die Box. Liegt das Minimum oder das Maximum unterhalb dieser Grenze, so reichen die Whiskers genau bis zu diesem Wert. Werte, die oberhalb der genannten Grenze liegen, werden durch Kreise als Aureißer gekennzeichnet.

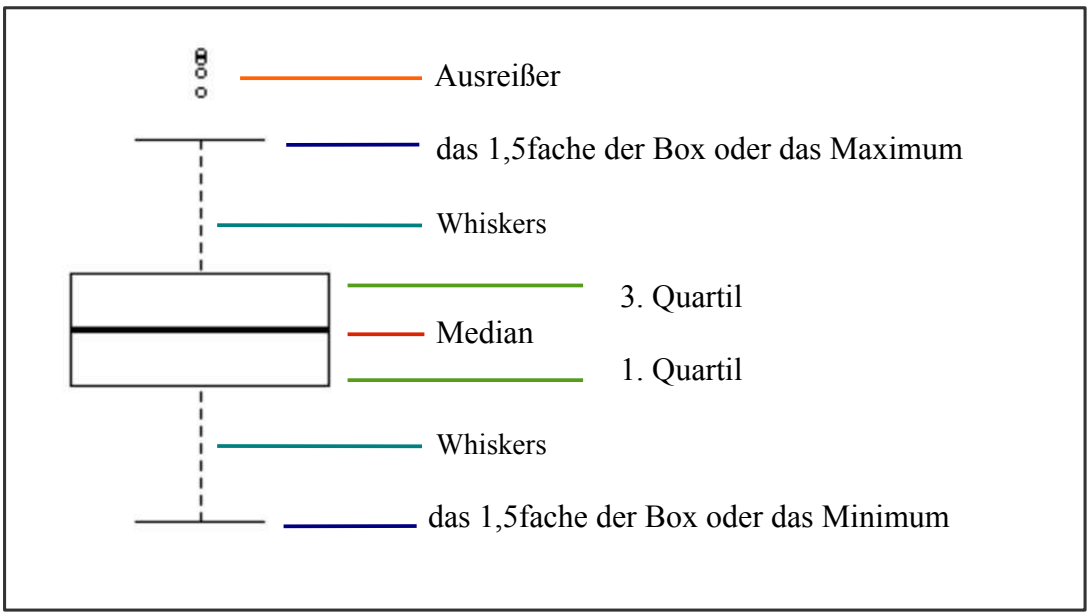


Abb. 4-5: Boxplot

4.3.4 Zeigerwerte

Die Zeigerwerte geben Aufschluss über das ökologische Verhalten von Pflanzen gegenüber sieben Standortfaktoren in einer Skala von 1 bis 9 (eine Ausnahme bildet die Feuchtezahl, diese reicht bis 12) und können somit der Charakterisierung von Pflanzenbeständen dienlich sein. Dabei ist zu beachten, dass die Werte nicht die Ansprüche der Arten an ihre Umwelt wiedergeben, sondern lediglich den Schwerpunkt des Vorkommens repräsentieren (ELLENBERG ET AL. 2001: 11). Das physiologische Optimum, d.h. die für die Art optimalsten Umweltbedingungen, wird meist nicht durch die Zeigerwerte wiedergegeben, da viele Arten auf den für sie günstigsten Standorten nicht konkurrenzfähig sind und gezwungen sind sich auf Standorten mit suboptimalen Bedingungen zu verbreiten (ELLENBERG ET AL. 2001: 11f).

Die Zeigerwerte besitzen Gültigkeit für das westliche Mitteleuropa und geben Aufschluss über die

folgenden sieben Standortfaktoren.

Lichtzahl L:

Reihung nach der relativen Beleuchtungsstärke; die wichtigsten Einteilungen sind 1: Tiefschattenpflanzen, 5: Halbschattenpflanzen und 9: Lichtpflanzen

Temperaturzahl T:

Reihung nach Arealtypen; die wichtigsten Einteilungen sind 1: alpin-subnivale Pflanzen, die als Kältezeiger dienen, 5: submontan-temperate Pflanzen, gelten als Wärmezeiger und 9: mediterrane Pflanzen, stehen für extreme Wärmezeiger

Kontinentalitätszahl K:

Reihung nach Verbreitung in ozeanischen bis kontinentalen Gebieten; die wichtigsten Einteilungen sind 1: ozeanisch, 5: intermediär und 9: eukontinental

Feuchtezahl F:

Reihung nach der Bodenfeuchtigkeit; die wichtigsten Einteilungen sind 1: starke Trockenheitszeiger, 5: Frischezeiger, 9: Nässezeiger und für die Wasserpflanzen 10: Wechselwasserzeiger, 11: Wasserpflanzen und 12: Unterwasserpflanzen

Reaktionszahl R:

Reihung nach dem Kalkgehalt und der Bodenreaktion; die wichtigsten Einteilungen sind 1: Starksäurezeiger, 5: Mäßigsäurezeiger und 9: Basen- und Kalkzeiger

Stickstoffzahl N:

Reihung nach der Stickstoffversorgung; die wichtigsten Einteilungen sind 1: stickstoffärmste Standorte anzeigend, 5: mäßig stickstoffreiche Standorte anzeigend und 9: an übermäßig stickstoffreichen Standorten vorkommend

Salzzahl S:

Reihung nach der Salzverträglichkeit; die wichtigsten Einteilungen sind 0: nicht salzertragend, 1: schwach salzertragend, 5: mäßig salzertragend und 9: extreme Salzzeiger
(DIERSCHKE 1994: 226f).

4.4 Methodendiskussion

Für eine statistisch abgesicherte Aussage, wäre es nötig gewesen, eine insgesamt größere Fläche zu kartieren. Genauso verhält es sich mit den bodenkundlichen Messungen. Um eine fundierte Aussage zu den bodenphysikalischen Werten treffen zu können, wäre es wünschenswert gewesen, die penetrographischen Messungen und die Beprobung mit Stechzylindern auf alle Flächen auszuweiten. In Bezug auf die Stechzylindermessungen kommt hinzu, dass eine Beprobung unterschiedlicher Bodentiefen mehr Aufschluss über die Dichte- und Wasserverhältnisse im Boden gegeben hätten. Eine solche Ausweitung der Untersuchungen war jedoch zeitlich nicht zu realisieren.

Die Kartierung der Vegetation nach Braun-Blanquet ist eine gängige und unkomplizierte Methode. Jedoch hat sie den Nachteil, dass das Einschätzen der Deckungsgrade subjektiv ist und es besonders bei Personen mit wenig Erfahrung zu Fehleinschätzungen kommen kann. So kann es zum Beispiel sein, dass das Auftreten von Arten trotz gewissenhaften Kartierens bei der ersten Aufnahme anders eingeschätzt wurde, als bei der zweiten.

Die Parameter für die Auswertung vegetationskundlicher Aufnahmen sind zahlreich. Als Orientierung diente bei der Auswahl dieser neben der Fachliteratur die Dissertation von EBRECHT über die „Vegetation, Standortverhältnisse und Ausbreitungsbiologie von Pflanzen auf Rückegassen und Waldwegen im Göttinger Wald und im Solling“ von 2005.

Um die Richtigkeit der Annahme, dass es zu veränderten Standortbedingungen im Bereich der Fahrspuren in Folge der Befahrung durch Forstmaschinen kam, näher zu untersuchen, war die Feststellung, ob eine Verdichtung vorliegt und ob es Unterschiede in der Ausprägung der Bodeneigenschaften gab, unverzichtbar. Mittels der Stechzylinderbeprobung konnte die Trockenrohdichte und ein Einblick in den Porenraum gewonnen werden. Die penetrographischen Messungen gaben Aufschluss über den Bodenwiderstand mit zunehmender Tiefe. Diese Messungen waren zwar sehr aufwendig, hätten aber in dieser Weise durch kein anderes Messinstrument ersetzt werden können. Ein weiterer Nachteil ist der Mangel an Literatur zum Thema. Nach eingehender Recherche konnten keinerlei Referenzwerte, die für die Auswertung der penetrographischen Messungen von großer Bedeutung sind, gefunden werden.

Die Auswertung anhand der Zeigerwerte kann als ein weiteres Mittel zur ökologischen Deskription der Daten und als Verbindungselement zwischen vegetations- und bodenkundlichen Ergebnissen gesehen werden. Wobei die Zeigerwerte nicht als absolute Werte gesehen werden dürfen, sondern lediglich als Orientierung dienen.

Eine weitere mögliche Methode zur Analyse der Vegetationsaufnahmen wäre die Anwendung eines

multivariaten Verfahrens, wie zum Beispiel die kanonische Korrespondenzanalyse. Diese ermöglichen es zum einen, die Untersuchungsflächen miteinander zu vergleichen und zum anderen, die Abhängigkeit der Artenzusammensetzung von Umweltparametern zu überprüfen und grafisch darzustellen. Der Verzicht auf diese Methode begründet sich zum einen in dem Umsatnd, dass zu wenige Daten bezüglich der Umweltparameter zur Verfügung standen und die die vorhanden waren, keinen signifikanten Unterschied aufwiesen. Zum anderen kann die Ähnlichkeit zwischen den Untersuchungsflächen ebenfalls durch den Sörensen-Index berechnet werden.

5. Ergebnisse

5.1 Vegetationskundliche Auswertung

5.1.1 Vegetationsaufnahme 1

Die erste Vegetationsaufnahme fand vom 26.03.2011 bis 01.04.2011 statt und spiegelt das Vegetationsbild im Frühjahr wieder.

Abb. 5-1: Erscheinungsbild der Burgaue im Frühjahr (eigenes Foto, 2011)

In der Tabelle 5-1 sind die kartierten Arten und deren Artmächtigkeit nach Braun-Blanquet (siehe Tab. 4-1) aufgelistet.

Geländenummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Art der Fläche	Rü	Ref	Rü	Ref	Rü	Ref	Rü	Ref	Rü	Ref	SK
Allium ursinum (Bärlauch)	4	4	2a	2a	5	5	4	5	5	5	V
Pulmonaria officinalis (Echtes Lungenkraut)	+	1	1m	1m	+	+	+	r	+	r	V
Galium aparine (Labkraut)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	V
Lamium galeobdolon (Goldnessel)	1	1m	1	1m	+	1	1	1m	1	1	V
Stellaria holostea (Echte Sternmiere)	1	1	1m	2a	1	1	1	1	.	1	V
Lamium maculatum (Gefleckte Taubnessel)	1	1	1	1	+	.	1m	1	1m	1	V
Geum urbanum (Echte Nelkenwurz)	1	+	1	+	1	+	1	.	1	r	V
Dactylis polygama (Wald-Knäuelgras)	2a	.	1	1	1	+	1	+	1	+	V
Milium effusum (Wald-Flattergras)	2a	.	1	1	1	+	2a	1	1	1	V
Stachys sylvatica (Wald-Ziest)	+	.	1	+	+	+	1	+	1m	1	V
Aegopodium podagraria (Giersch)	1	2a	.	.	2a	2a	1	1	1	+	IV
Alliaria petiolata (Knoblauchsrauke)	1	.	1	.	+	.	+	+	2a	1	IV
Stellaria nemorum (Wald-Sternmiere)	1	.	1	r	1	.	1	.	2a	1	IV
Ranunculus ficaria (Scharbockskraut)	1	1	2a	1m	1	1	1	.	.	.	IV
Viola reichenbachiana (Wald-Veilchen)	1	.	1	1	1	1	.	.	+	+	IV
Anemone nemorosa (Busch-Windröschen)	1	1	1	1	.	1	+	+	.	.	IV
Arum maculatum (Gefleckter Aronstab)	1	.	.	.	r	+	+	1	+	1	IV
Gagea lutea (Wald-Goldstern)	.	+	1	1	+	1	r	.	.	.	III
Rumex crispus (Krauser Ampfer)	+	.	+	.	1	.	1	.	+	.	III
Urtica dioica (Große Brennnessel)	1	.	1	.	.	.	1	.	1	.	III
Anthriscus sylvestris (Wiesen-Kerbel)	+	.	+	.	+	.	+	.	+	.	III
Anemone ranuncoloides (Gelbes-Windröschen)	1	.	1m	1	.	1	.	.	+	.	III
Hypericum perforatum (Johanniskraut)	.	.	r	.	+	.	1	.	1	r	III
Carduus crispus (Krause Distel)	.	.	+	.	r	.	r	.	1	.	II
Cirsium vulgare (Lanzett-Kratzdistel)	.	.	+	.	r	.	+	.	+	.	II
Glechoma hederacea (Gundermann)	.	.	1	1	.	.	1	2a	.	.	II
Silene dioica (Rote Lichtnelke)	.	.	.	.	+	.	+	.	1	1	II
Leucojum vernum (Märzbecher)	1	2a	.	.	.	.	1	.	.	.	II
Lapsana communis (Rainkohl)	+	.	r	.	.	.	.	.	.	.	I
Cardamine pratensis (Wiesen-Schaumkraut)	+	.	1	.	.	.	.	.	.	.	I
Taraxacum officinale (Gemeiner Löwenzahn)	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	I
Sambucus nigra (Schwarzer Holunder)	.	.	r	.	.	.	.	.	+	.	I
Chaerophyllum sp. (Kälberkropf)	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	I

Tab. 5-1: Ergebnisse der ersten Vegetationsaufnahme im Frühjahr 2011 sortiert nach ihrer Stetigkeit (S) und zusammengefasst in Stetigkeitsklassen (SK)

Die Aufnahme zeigt, dass die Hartholzaue in diesem Bereich der Burgaue durch die Bärlauch-Variante geprägt wird. Diese Ausprägung kommt auf den nährstoffreichsten Standorten innerhalb der Hartholzaue vor. Kennzeichnende Differentialarten sind *Alium ursinum* (Bärlauch), *Leucojum vernum* (Märzbecher), *Anemone ranunculoides* (Gelbes-Windröschen) und *Corydalis cava* (Hohler Lerchensporn), die alle bis auf letztere auf den Flächen auftreten (MÜLLER 1995: 35).

Abb. 5-2: *Leucojum vernum* in der Burgaue (eigenes Foto, 2011)

Aus den aufgenommenen Daten lässt sich erkennen, dass *Alium ursinum* (Bärlauch) die Flächen durch ein stetiges Auftreten und einen überwiegend sehr hohen Deckungsgrad primär prägt. Ausgenommen der Flächen 3 und 4, auf denen *Alium ursinum* mit einer Deckung von nur 5 – 15% vorkommt. Aufgrund der Jahreszeit sind etwa ein Viertel der Arten Geophyten darunter *Alium ursinum*, *Gagea lutea* (Wald-Goldstern), *Anemone nemorosa* (Busch-Windröschen) und *Ranunculus ficaria* (Scharbockskraut).

Abb. 5-3: Gagea lutea in der Burgaue (eigenes Foto, 2011)

Für den Vergleich der Untersuchungsflächen auf Rückegassen und auf den Referenzstandorten spielen besonders die Pflanzen in den Stetigkeitsklassen III und II eine Rolle. Die Arten *Rumex crispus* (Krauser Ampfer), *Anthriscus sylvestris* (Wiesen-Kerbel), *Hypericum perforatum* (Johanniskraut), *Carduus crispus* (Krause Distel), *Cirsium vulgare* (Lanzett-Kratzdistel) und *Urtica dioica* (Große Brennnessel) kommen fast ausschließlich auf Rückegassen vor. Des Weiteren ist

auffallend, dass *Geum urbanum* (Echte Nelkenwurz) und *Dactylis polygama* (Wald-Knäuelgras) zwar auf beiden Arten von Flächen auftritt, jedoch auf den Rückegassen stets mit einem höheren Deckungsgrad bzw. Artenzahl. Andererseits gibt es lediglich eine Art, nämlich *Lamium galeobdolon* (Goldnessel), welche die Tendenz aufweist, auf den Referenzflächen höhere Deckungsgrade aufzuweisen.

Daneben zeigen die Ergebnisse der unter 4.3.2 beschriebenen Diversitäts- und Strukturindize in Tabelle 5-2 ebenfalls, dass sich Flächen auf Rückegassen von denen auf Referenzflächen in einem gewissen Maß unterscheiden.

Geländenr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Rü	Ref	Rü	Ref	Rü	Ref	Rü	Ref	Rü	Ref
Artenzahl (n)	24	12	27	17	24	17	27	14	23	17
αDiversität	0,8	0,4	0,9	0,57	0,8	0,57	0,9	0,47	0,77	0,57
H'	2,09	1,45	2,92	2,6	1,43	1,24	2,03	1,18	1,69	1,11
H_{max}	3,18	2,49	3,3	2,83	3,18	2,83	3,29	2,64	3,14	2,83
E	0,66	0,58	0,89	0,92	0,45	0,44	0,62	0,45	0,54	0,39

5-2: Ergebnisse der Diversitäts- und Strukturindize für die erste Vegetationsaufnahme

Die Anzahl der Arten und somit auch die α-Diversität liegt bei den Rückegassen um ein Viertel bis um die Hälfte höher, als bei den Referenzflächen.

In den H'- und E-Werte spiegelt sich die Dominanz von *Alium ursinu*m (Bärlauch) wieder. Liegen alle E - Werte der Flächen mit einem hohen Deckungsgrad für *Alium ursinum* etwa zwischen 0,4 und 0,66, so liegen die E - Werte bei den Flächen 3 und 4 mit einer Deckung von nur 5 – 15% (2a) nahe an der 1,0. Das heißt, dass die Arten auf den Flächen 3 und 4 eine höherer Gleichverteilung aufweisen, als auf den anderen Flächen. Die sehr niedrige Eveness der Fläche 10 liegt darin begründet, dass neben *Alium ursinum* keine weitere Art mit einer Deckung von über 5% auftritt.

Trotz der genannten Unterschiede, lässt sich anhand des Sørensen-Index eine mittlere bis hohe Ähnlichkeit zwischen den Aufnahmeflächen der Rückegassen und den dazugehörigen Referenzflächen, feststellen (siehe Tab. 5-3).

Geländenummer	**1+2**	**3+4**	**5+6**	**7+8**	**9+10**
Sørensen-Index	61,11	77,27	68,29	68,29	80,00

Tab. 5-3: Ergebnisse des Sørensen-Index für die Rückegassen und die dazugehörigen Referenzflächen der ersten Aufnahme in Prozent

Die Tabelle 5-4 beinhaltet die Ergebnisse des Sørensen-Index für die Rückegassen. Dabei wurde die Ähnlichkeit für jede mögliche Kombination der Flächen berechnet. Die Tabelle 5-5 beinhaltet die Ergebnisse für die Referenzflächen, bei denen auf gleiche Arte und Weise vorgegangen wurde.
Der Vergleich beider Tabellen zeigt, dass sich die Rückegassen unterinander ähnlicher sind, als es bei den Referenzflächen der Fall ist.

	1	**3**	**5**	**7**	**9**
1	-	82	75	78	77
3	82	-	78	81	80
5	75	78	-	90	85
7	78	81	90	-	80
9	77	80	85	80	-

Tab. 5-4: Ergebnisse des Sørensen-Index für die **Rückegassen** (Geländenr. 1, 3, 5, 7 und 9) der ersten Aufnahme in Prozent

	2	**4**	**6**	**8**	**10**
2	-	69	69	62	55
4	69	-	82	71	71
6	69	82	-	71	71
8	62	71	71	-	77
10	55	71	71	77	-

Tab. 5-5: Ergebnisse des Sørensen-Index für die **Referenzflächen** (Geländenr. 2, 4, 6, 8 und 10) der ersten Aufnahme in Prozent

5.1.2 Vegetationsaufnahme 2

Die zweite Vegetationsaufnahme fand in dem Zeitraum vom 29.06.2011bis 06.07.2011 statt und wird im Folgenden präsentiert (Tab. 5-6).

Abb. 5-4: Erscheinungsbild der Rückegasse 1 im Sommer (eigenes Foto, 2011)

Tab. 5-6: Ergebnisse der zweiten Vegetationsaufnahme im Juli 2011 sortiert nach ihrer Stetigkeit (S) und zusammengefasst in Stetigkeitsklassen (SK)

Geländenummer	1				2		3				4		5				6		7				8		9				10		
Art der Fläche	Rü	F1	M	F2	Ref		Rü	F1	M	F2	Ref		Rü	F1	M	F2	Ref		Rü	F1	M	F2	Ref		Rü	F1	M	F2	Ref		SK
Stachys sylvatica (Wald-Ziest)	1	2a	1	1	+	.	1	2b	1	2b	1	1	1	1	1	+	1	+	2a	2b	2a	2b	1	1	2a	2b	1	2a	1	1	V
Acer pseudoplatanus (Bergahorn)	1	1	1	1	1	+	1	1	1	1	2a	2b	1	1	1	1	1	1	1	+	1	1	+	+	1	1	1	1	1	1	V
Acer platanoides (Spitzahorn)	1	r	1	.	+	r	1	.	1	+	1	+	1	+	+	+	1	.	1	.	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	V
Milium effusum (Wald-Flattergras)	1	1	+	1	+	+	1	1	+	1	1	+	+	+	+	+	+	r	1	1	+	1	+	+	1	+	.	+	1	+	V
Pulmonaria officinalis (Echtes Lungenkraut)	1	r	+	1	1	1	1	1	1	+	1	+	+	+	.	+	+	+	1	.	+	1	+	.	+	.	+	.	+	.	V
Lamium galeobdolon (Goldnessel)	1	1m	1	1	2a	2a	+	+	+	+	1	1	.	.	.	.	1	+	1	1	1	+	1	1	+	.	+	.	1	+	V
Geum urbanum (Echte Nelkenwurz)	1	1	1	1	+	r	1	1	1	1	1	+	1	1	+	1	1	+	1	1	.	1	.	.	1	+	+	+	+	+	V
Sambucus nigra (Schwarzer Holunder)	+	+	+	r	+	.	+	.	+	+	+	.	+	+	.	.	+	.	+	+	r	.	+	.	+	+	.	r	.	.	V
Aegopodium podagraria (Giersch)	1	1	1	1	4	4	.	.	.	.	.	.	2a	2a	2a	2a	2a	2a	1	1	1	+	1	1	+	+	.	.	+	.	IV
Stellaria holostea (Echte Stemmiere)	1	.	1	+	1	1	2a	1	2b	1	3	4	1	.	1	1	1	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1	+	IV
Lamium maculatum (Gefleckte Taubnessel)	1	+	+	+	1	+	1	1	1	1	1	+	.	.	.	.	.	.	1m	1	1	1	1	1	1	1	+	1	1	+	IV
Impatiens parviflora (Kleinblütiges Springkraut)	1	1	1	1	1	+	.	.	.	.	+	.	1	1	+	1	+		1	1	1	1	.	.	1	1	1	1	1	1	IV
Dactylis polygama (Wald-Knäuelgras)	+	.	.	+	+	+	1	1	r	1	+	.	+	+	.	+	.	.	1	+	.	+	.	.	+	.	.	r	.	.	IV
Fraxinus excelsior (Esche)	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	+	+	.	.	.	.	+	r	1	+	+	+	1	+	+	.	+	+	r	.	IV
Viola reichenbachiana (Wald-Veilchen)	1m	1	1	1	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	1	+	1	+	.	.	III
Alliaria petiolata (Knoblauchsrauke)	2a	2a	.	1	.	.	1	+	+	1	.	.	r	.	.	r	.	.	+	r	.	+	.	.	1	1	1	+	1	+	III
Circaea lutetiana (Gewöhnliches Hexenkraut)	1	+	+	+	.	.	1	1	.	+	.	.	+	+	.	.	.	.	1	+	+	+	.	.	+	.	+	.	1	1	III
Urtica dioica (Große Brennnessel)	1	1	.	+	r	.	1	1	+	1	.	.	+	+	.	r	.	.	1	1	+	1	.	.	1	1	r	2a	.	.	III
Carpinus betulus (Hainbuche)	1	+	1	1	.	.	.	.	.	.	+	r	+	+	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	+	r	.	r	r	.	III
Glechoma hederacea (Gundermann)	.	.	.	.	.	.	2a	2b	2a	1	1	1	+	.	.	+	.	.	1m	1	+	1	4	4	.	.	.	.	.	.	III
Rumex crispus (Krauser Ampfer)	1	1	.	+	.	.	1	1	.	1	.	.	+	.	.	+	.	.	1	1	+	+	.	.	+	+	+	.	.	.	III
Rubus caesius (Kratzbeere)	.	.	.	.	.	.	1	1	1	+	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	+	r	+	r	III
Carduus crispus (Krause Distel)	.	.	.	.	.	.	+	r	.	+	r	.	r	.	.	r	.	.	r	r	.	.	.	.	1	r	+	+	.	.	III
Acer campestre (Feldahorn)	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	r	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	r	.	r	.	r	.	III
Hypericum perforatum (Johanniskraut)	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	1	1	.	+	.	.	1	+	.	+	.	.	1	+	r	+	.	.	II
Anthriscus sylvestris (Wiesen-Kerbel)	+	+	.	.	.	.	1	1	.	r	.	.	1	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	II
Brachypodium sylvaticum (Wald-Zwenke)	.	.	.	.	.	.	r	.	.	r	1	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	II
Taraxacum officinale (Gemeiner Löwenzahn)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	+	.	.	+	.	.	+	+	+	.	+	r	II
Stellaria nemorum (Wald-Stemmiere)	1	2a	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	+	.	.	1	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	II
Cirsium vulgare (Lanzett-Kratzdistel)	.	.	.	.	.	.	+	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	r	.	.	r	.	.	r	.	.	II
Lathyrus vernus (Frühlings-Platterbse)	+	.	.	.	r	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II
Euonymus europaea (Pfaffenhütchen)	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
Ulmus minor (Feldulme)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	I
Lapsana communis (Rainkohl)	+	+	.	r	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
Arum maculatum (Gefleckter Aronstab)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	I
Hedera helix (Efeu)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	r	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
Stellaria media (Vogelmiere)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	I
Silene dioica (Rote Lichtnelke)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
Quercus robur (Stieleiche)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
Cardamine pratensis (Wiesen-Schaumkraut)	.	.	.	.	.	.	+	+	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
Tilia cordata (Winter-Linde)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
Chaerophyllum sp. (Kälberkropf)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
Plantago major (Breitwegerich)	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I

Neben den Hemikryptophyten, zu denen der Großteil der Arten zählt, konnte das Auftreten von Jungpflanzen der umliegenden Bäume und Sträucher verzeichnet werden. Die für eine Hartholzaue untypischen Arten (siehe 2.5) *Acer platanoides* (Spitzahorn), *Acer pseudoplatanus* (Bergahorn) und *Sambucus nigra* (Schwarzer Holunder) wiesen dabei eine sehr hohe Stetigkeit auf.

Nach der Tabelle 5-7 ist die Artenanzahl auf den Rückegassen um 11% bis 44% höher als auf den dazugehörigen Referenzflächen.

Geländenr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Rü	Ref	Rü	Ref	Rü	Ref	Rü	Ref	Rü	Ref
Artenzahl (n)	24	16	27	24	27	16	25	14	25	19
αDiversität	0,8	0,53	0,9	0,8	0,9	0,53	0,83	0,47	0,83	0,63
H'	2,91	1,27	2,83	2,1	2,73	2,21	2,91	1,14	2,85	2,54
H_{max}	3,18	2,77	3,3	3,18	3,3	2,77	3,22	2,64	3,22	2,95
E	0,92	0,46	0,86	0,66	0,83	0,8	0,91	0,43	0,89	0,86

Tab. 5-7: Ergebnisse der Diversitäts- und Strukturindize für die zweite Vegetationsaufnahme

Die Werte des Shannon-Index und der Eveness zeigen, dass es auf den Flächen, mit Ausnahme der Referenzflächen 2, 4 und 8, keine einzelne Art gibt, die stark dominiert und eine relativ hohe Gleichverteilung der Arten vorliegt.

Die Fläche 2 wird primär von *Aegopodium podagraria* (Giersch) mit einem Deckungsgrad von 50% bis 75% und sekundär von *Lamium galeobdolon* (Goldnessel) mit einem Deckungsgrad von 5% bis 15% geprägt. Die Fläche 4 wird ebenfalls von *Aegopodium podagraria* dominiert, jedoch lediglich mit einem Deckung von 25% bis 50%. Des Weiteren bedeckte *Acer pseudoplatanus* (Bergahorn) 5% bis 15% der Fläche.

Fläche 8 hingegen wies ein starkes Vorkommen von *Glechoma hederacea* (Gundermann) auf, das 50% bis 75% der Fläche einnahm.

Anhand der Tabelle 5-8 lässt sich zwischen Fahrspuren und Mittelstreifen ebenfalls ein Unterschied in der Höhe der Artenanzahl feststellen.

Geländenr.	F1	M	F2
1	21	16	20
3	21	19	23
5	20	10	21
7	21	16	21
9	20	19	18

Tab. 5-8: Artenanzahl des Mittelstreifens (M), des linken (F1) und des rechten Fahrstreifens (F2) für die Rückegassen

Die Artenvielfalt der linken und rechten Fahrspur unterscheidet sich nur um ein bis zwei Arten. Im Vergleich zu dem Mittelstreifen besteht in zwei Fällen ein Unterschied von 4 – 5 Arten, in einem Fall von 10 – 11 Arten und in zwei Fällen ein nur sehr geringer Unterschied.

Um mit einer größeren Sicherheit sagen zu können, dass sich die Standortbedingungen auf den Fahrspuren von denen auf den Referenzflächen unterscheiden und der Mittelstreifen, als theoretisch unbefahrene Fläche, der Referenzfläche noch am ähnlichsten ist, ist es sinnvoll zu Vergleichen, ob Pflanzen, die vorrangig auf Rückegassen vorkommen, auch nicht oder nur selten auf dem Mittelstreifen auftreten.

Zu den Arten, die vorrangig auf Rückegassen vorkommen zählen bei der zweiten Kartierung *Alliaria petiolata* (Knoblauchsrauke), *Circaea lutetiana* (Gewöhnliches Hexenkraut), *Urtica dioica* (Große Brennnessel), *Rumex crispus* (Krauser Ampfer), *Carduus crispus (*Krause Distel), *Hypericum perforatum* (Johanniskraut) und *Anthriscus sylvestris* (Wiesen-Kerbel). Bis auf letztere breiteten sich die genannten Arten vorwiegend auf den Fahrspuren aus. Falls sie auch auf dem Mittelstreifen vertreten waren, so nur in geringer Anzahl (siehe Tab. 5-8). Eine weitere Art, die an dieser Stelle genannt werden sollte ist *Milium effusum* (Wald-Flattergras). Zwar ist an den kartierten Werten nicht erkennbar, ob sie eher Rückegassen präferiert, es lässt sich jedoch feststellen, dass das Gras die Fahrspuren bevorzugt besiedelt. Auch bei der Begehung der Flächen, konnten die Rückegassen zum Teil anhand des Vegetationswuchses erkannt werden. Entlang der Fahrspuren traten vornehmlich Arten mit einem hohen Höhenwachstum auf, darunter *Milium effusum* (Wald-Flattergras), *Alliaria petiolata* (Knoblauchsrauke), *Urtica dioica* (Große Brennnessel) und *Carduus crispus* (Krause Distel).

Abb. 5-5: *Carduus crispus* in der Burgaue (eigenes Foto, 2011)

Lamium galeobdolon (Goldnessel) ist die einzige erkennbare Art, die mit einer höheren Individuenzahl auf den Referenzstandorten auftritt, als auf den Rückegassen. Es kann jedoch nicht gesagt werden, dass diese im Umkehrsschluss vorrangig auf den Mittelstreifen vorzufinden ist.

Die Auswertung der Ergebnisse des Sørensen-Index ergibt eine relative Ähnlichkeit der Rückegassen zu ihren Referenzstandorten (siehe Tab. 5-9).

Geländenummer	**1+2**	**3+4**	**5+6**	**7+8**	**9+10**
Sørensen-Index	75,00	70,59	60,47	61,54	72,73

Tab. 5-9: Ergebnisse des Sørensen-Index für die Rückegassen und die dazugehörigen Referenzflächen der zweiten Aufnahme in Prozent

Des Weiteren sind sich die Flächen der Gassen untereinander ähnlicher als die der Referenzstandorte (siehe Tab. 5-10 und 5-11).

	1	3	5	7	9
1	-	71	75	69	78
3	71	-	70	77	88
5	75	70	-	73	81
7	69	77	73	-	88
9	78	88	81	88	-

Tab. 5-10: Ergebnisse des Sørensen-Index für die **Rückegassen** (Geländenr. 1, 3, 5, 7 und 9) der zweiten Aufnahme in Prozent

	2	4	6	8	10
2	-	70	69	67	63
4	70	-	65	63	70
6	69	65	-	67	69
8	67	63	67	-	67
10	63	70	69	67	-

Tab. 5-11: Ergebnisse des Sørensen-Index für die **Referenzflächen** (Geländenr. 2, 4, 6, 8 und 10) der zweiten Aufnahme in Prozent

5.1.3 Zusammenfassender Vergleich der Vegetationsaufnahmen 1 und 2

Im Rahmen der ersten Kartierung konnten 33 Arten und bei der zweiten Kartierung 43 Arten verzeichnet werden. Im Vergleich zu der Aufnahme im Frühjahr waren im Juli 7 der damals aufgenommenen Arten nicht mehr vertreten und es kamen 17 neue Arten hinzu von denen 9 nur auf ein bis zwei Flächen vorkamen. Die folgenden beiden Grafiken zeigen, dass sich die Verteilung der Arten auf die fünf Stetigkeitsklassen im Frühjahr und Sommer nicht gleich verhalten.

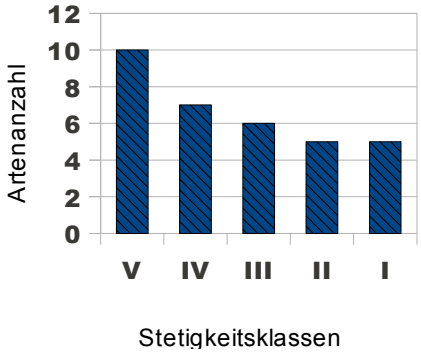


Abb. 5-6: Verteilung der Arten der ersten Kartierung nach ihrer Stetigkeit

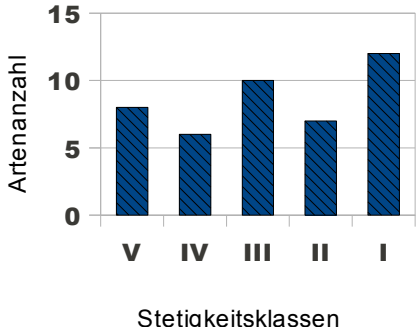


Abb. 5-7: Verteilung der Arten der zweiten Kartierung nach ihrer Stetigkeit

Während sich bei der ersten Vegetationsaufnahme die Hälfte der Arten in den Klassen V und IV befinden, sind es bei der zweiten Aufnahme lediglich ein knappes Drittel. Der Großteil der Arten der zweiten Kartierung tritt mit einer Stetigkeit von unter 20 % auf. Demnach weisen die Flächen im Sommer zwar eine größere Artenvielfalt auf, da es sich jedoch um Einzel- und/oder Zufallsfunde

handelt, kann nicht großräumig von einer höheren Biodiversität gesprochen werden.
Von großer Bedeutung ist die Tatsache, dass die Rückegassen präferierenden Arten der ersten Kartierung mit denen der zweiten Kartierung weitestgehend übereinstimmen. Arten wie *Rumex crispus* (Krauser Ampfer), *Urtica dioica* (Große Brennnessel) und *Anthriscus sylvestris* (Wiesen-Kerbel) vermehrten sich in den vier Monaten, breiteten sich jedoch nicht auf die Referenzstandorte aus. Daraus könnte der Schluss gezogen werden, dass auf den Rückegassen Standortbedingungen herrschen, die das Vorkommen dieser Arten begünstigen und das anderer, wie z.B. *Lamium galeobdolon* (Goldnessel), im Vergleich zu den Referenzflächen bedingt verschlechtern. Ob und inwieweit diese Annahme zutreffend ist, soll mit Hilfe der Auswertung der Stechzylinderbeprobung, den penetrographischen Messungen und anhand der Zeigerwerte im Folgenden untersucht werden.

5.2 Bodenkundliche Auswertung

5.2.1 Auswertung der Stechzylinderbeprobung

Aus den in Tabelle 5-12 dargestellten Durchschnittswerten lassen sich insgesamt nur geringe Unterschiede feststellen (die einzelnen Messwerte werden im Anhang 6 dargestellt).

	Ø Feuchtrohdichte in g/cm³	Ø Trockenrohdichte in g/cm³
S	1,18	0,9
F	1,47	1,1
M	1,2	0,9
B	1,35	1,02

Tab. 5-12: Messergebnisse der Stechzylinderbeprobung für die beiden Seitenstreifen (S), die beiden Fahrrinnen (F), den Mittelstreifen (M) und der Bestandsfläche (B)

Proben der Seiten- und Mittelstreifen weisen die gleiche Trockendichte auf während die Fahrstreifen um 0,2g/cm³ darüber liegen. Die Trockenrohdichte der Bestandsfläche liegt ungefähr mit gleichem Bestand zwischen Fahr- und Seiten- bzw. Mittelstreifen.
Ein Vergleich mit der Bodenkundlichen Kartieranleitung (siehe Tab. 5-13) zeigt, dass alle Werte im Bereich einer geringen Trockenrohdichte liegen (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005: 126).

	Rohdichte in g/cm³
sehr gering	**< 1,2**
gering	1,2 – 1,4
mittel	1,4 – 1,6
hoch	1,6 – 1,8
sehr hoch	≥ 1,8

Tab. 5-13: Einstufung der Trockenrohdichte (Quelle: AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 2005: 126)

Wie ist nun die Differenz von 0,2g/cm³ zwischen Fahrspur und Mittel- und Seitenstreifen zu bewerten? Anhand der Einstufung der Trockenrohdichte nach der bodenkundlichen Kartieranleitung kann, da eine Kategorie eine Spanne von 0,2 g/cm³ umfasst, angenommen werden, dass die Differenz durchaus von Bedeutung ist und aus einer Verdichtung hervorgegangen sein kann. Insgesamt kann jedoch, aufgrund der geringen Dichte nicht von einer signifikanten Verdichtung im Bereich der Fahrspuren gesprochen werden.
Diese Aussage trifft allerdings, da keine weiteren Mesungen vorliegen, nur für eine Bodentiefe von etwa 5cm zu. Es ist denkbar, dass es infolge von bioturbatischen Prozessen bereits wieder zu einer Auflockerung der oberen Zentimeter kam und somit keine Verdichtung messbar ist. Daher wurden des Weiteren Messungen mit einem Penetrographen (siehe 4.2.2) durchgeführt, die den Verlauf des Eindringwiderstandes bis in eine Tiefe von 80cm abzeichnen (siehe 5.2.2) und somit einen besseren Einblick geben.

Aus den Stechzylinderbeprobungen kann des Weiteren mit der Formel

Bodenwasser = Feuchtrohdichte – Trockenrohdichte

die Feldkapazität des Bodens, d.h. der Wasseranteil am Gesamtporenvolumen, berechnet werden. Eine grafische Darstellung der einzelnen Werte befindet sich im Anhang 7. Der Vergleich der Ergebnisse (siehe Tab. 5-14) mit der Tabelle 5-15 ermöglicht die Bewertung der erhobenen Daten.

	Ø Wassergehalt in Volumen - %
S	27,9
F	36,7
M	30,2
B	32,6

Tab. 5-14: Durchschnittlicher Bodenwassergehalt in Volumen-% für die Seitenstreifen (S), die Fahrspuren (F), die Mittelstreifen (M) und die Referenzstandorte (B)

Bezeich-nung	Stufe	Gesamt-poren-volumen	Luft-kapazität	Feld-kapazität	nutzbare Feld-kapazität	Totwasser
sehr gering	1	< 30	< 2	< 21	< 6	< 4
gering	2	30 bis < 38	2 bis < 5	21 bis < 30	6 bis < 14	4 bis < 10
mittel	3	38 bis < 46	5 bis < 13	30 bis < 39	14 bis < 22	10 bis < 22
hoch	4	46 bis < 54	13 bis < 26	39 bis < 48	22 bis < 30	22 bis < 34
sehr hoch	5	≥ 54	≥ 26	≥ 48	≥ 30	≥ 34

Tab. 5-15: Einstufung bodenphysikalischer Kennwerte der Wasserbindung in Volumen-% (Quelle: AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN DER STAATLICHEN GEOLOGISCHEN DIENSTE UND DER BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE 2005: 349)

Die Feldkapazität der Seitenstreifen ist als gering einzuschätzen. Der Mittelstreifen schwankt in seinen Werten zwischen einer geringen und mittleren Feldkapazität, besitzt aber im Durchschnitt eine mittlere Feldkapazität. Bestand und Fahrspuren befinden sich beide im Bereich einer mittleren Feldkapazität, wobei letztere zu der nächst höheren Stufe tendiert.

Mittels der bodenkundlichen Kartieranleitung können aus der Trockenrohdichte und der Bodenart weitere Werte zur Charakterisierung des Wasserhaushaltes im Boden bestimmt werden.
Das Gesamtporenvolumen ist die Summe der Luftkapazität und der Feldkapazität. Diese betragen bei einer Trockenrohdichte kleiner 1,4 und einem schwach tonigem Schluff (Ut2) 10 Volumen-% und 40 Volumen-%. Aus einer nutzbaren Feldkapazität, d.h. dem für Pflanzen weitestgehend nutzbaren Anteil an Bodenwasser, von 28 Volumen-% ergibt sich ein Anteil an Totwasser von 18 Volumen-% (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN DER STAATLICHEN GEOLOGISCHEN DIENSTE UND DER BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE 2005: 344).
Nach diesen Werten zu urteilen weist der beprobte Standort ein hohes Gesamtporenvolumen hervorgehend aus einer mittleren Luftkapazität und einer hohen Feldkapazität auf. Die nutzbare Feldkapazität ist als hoch und das Totwasser als mittel einzustufen.
Da die Feldkapazität nach den erhobenen Daten in der Realität um 3 bis 12 Volumen-% niedriger ist (siehe Tab. 5-12 und Tab. 5-14), sind auch die realen Werte für die nutzbare Feldkapazität und das Totwasser vermutlich niedriger.

Im Folgenden stellt sich die Frage, wovon die Höhe des Wassergehaltes abhängt. Eine Ursache könnte die Bodendichte sein. Vergleicht man die Rangabfolge der einzelnen Einheiten (Seitenstreifen, Fahrspuren etc.) bei der Trockenrohdichte mit der der Feldkapazität lässt sich

feststellen, dass jeweils die Fahrspuren die höchsten Werte aufweisen, dann kommt der Referenzstandort und zuletzt Mittel- und Seitenstreifen. Es ist demnach denkbar, dass die Fahrspuren mehr Wasser führen, weil der Boden im Untergrund noch dichter ist und sich eine stauende Schicht bildet. Diese Theorie kann jedoch nicht mit den vorhandenen Daten bewiesen werde.

Die Bodenart als einen weiteren Einflussfaktor zu benennen, begründet sich in der Verwendung für die Berechnung von Bodenparametern (Gesamtporenvolumen etc.) und somit in deren Bedeutsamkeit, scheitert jedoch an folgenden Tatsachen und Überlegungen.

Mittels eines Aufschlusses wurde ein Substratwechsel in einer Tiefe von 10 bis 20 cm festgestellt. In den oberen Zentimetern war ein schwach toniger Schluff (Ut2) anzutreffen, der von einem mittel tonigen Schluff (Ut3) abgelöst wurde. Zum einen liegen die aus der bodenkundlichen Kartieranleitung entnommenen Porenraumwerte für Ut3 im Vergleich zu Ut2 nur um ein bis zwei Volumen-% niedriger und zum anderen befindet sich der Substratwechsel unterhalb der Entnahmetiefe der Stechzylinder. Selbst wenn der obere Horizont an einigen Stellen gering mächtiger wäre, was durchaus denkbar ist, da der Aufschluss lediglich einer Stichprobe gleich kommt, so wäre dies am ehesten im Bereich der Fahrspuren denkbar. Denn hier kam es mit einer noch vergleichsweisen hohen Wahrscheinlichkeit zu einer Verringerung des oberen Horizonts in Folge der Verdichtung durch die Befahrung von Forstmaschinen. Bei einem hohen Ut3-Anteil wären eher niedrige Werte zu erwarten. Die Fahrspuren hingegen, weisen die höchsten Werte auf.

Neben der Bodendichte könnten noch viele weitere Faktoren eine Rolle spielen, wie zum Beispiel die Bedeckung durch das Kronendach, die in weiterführenden Untersuchungen mit einem größeren Datensatz analysiert werden sollten.

5.2.2 Auswertung der penetrographischen Messungen

Dieses Kapitel dient der Auswertung der penetrographischen Messungen anhand von verschiedenen Grafiken. Es soll überprüft werden, ob die Fahrspuren durch einen hohen Bodenwiderstand bzw. eine Verdichtung des Bodens gekennzeichnet sind. Vorab ist anzumerken, dass die Deutung der Verlaufskurven auf einem realtiv niedrigem Level stattfinden wird. Es können keine detailreichen Aussagen getroffen werden, da die Situation im Untergrund nur bedingt bekannt ist. Fest steht, dass der erste Horizont (schwach toniger Schluff) 10 bis 20 cm mächtig ist und der zweite Horizont (mitteltoniger Schluff) mindestens bis in eine Tiefe von 50cm reicht. Es kann jedoch nicht abgeschätzt werden inwieweit die Einflussgrößen Skelettanteil, Bioturbation, Wasser und Lagerungsverhältnisse (z.B. Einschluss von Sandlinsen) in den Verlauf der Kurven mit einegehen.

Die erste Grafik gibt einen Überblick zu den gemittelten Verlaufskurven der untersuchten Bereiche Rand (links und rechts), Fahrspur (links und rechts), Mittelstreifen und Referenzstandort. Die y-Achse gibt die Höhe des Bodenwiderstandes in MPa an und auf der x-Achse ist die Bodentiefe in Zentimetern ablesbar.

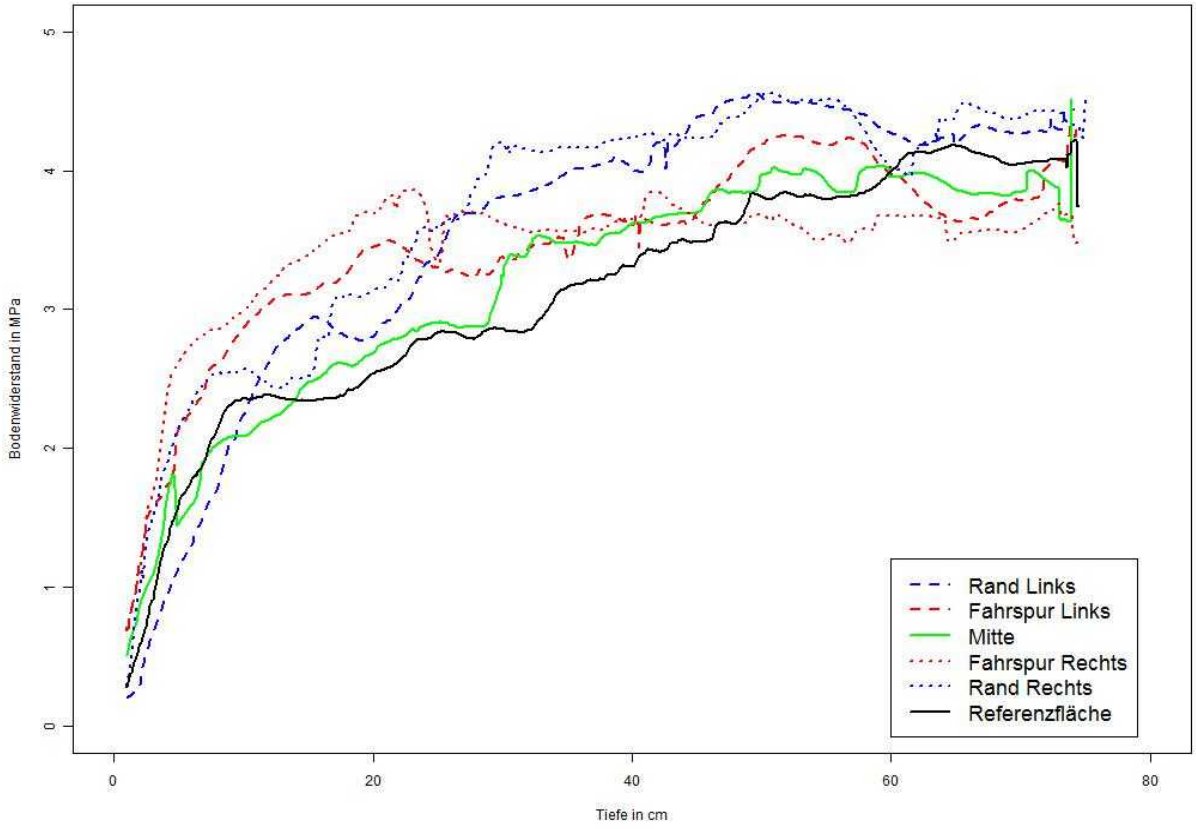


Abb. 5-8: Darstellung des durchschnittlichen Bodenwiderstands in MPa pro Zentimeter für die Randstreifen, die Fahrspuren, den Mittelstreifens und die Referenzfläche

Bei der Betrachtung der Kurven im Gesamten ist deutlich eine Zunahme des Bodenwiderstandes mit einer zunehmenden Bodentiefe zu erkennen. Bis in eine Tiefe von etwa 10cm ähneln sich die Kurven in ihrem Anstieg, wobei sie in unterschiedlichen Wertebereichen verlaufen. Die höchsten Werte erreichen die beiden Fahrspuren und der rechte Rand. Der andere Seitenstreifen hingegen weist in diesem Bereich den niedrigsten Bodenwiderstand auf. Ab 10 cm Tiefe flachen die Verlaufskurven unterschiedlich stark ab. Im Bereich der Fahrspuren ist der Bodenwiderstand bis in eine Tiefe von etwa 30cm am höchsten. Danach bewegen sich die Verlaufskurven in einem Wertebereich von 3 bis 4 MPa, ohne dass ein weiterer Anstieg der Kurven erkennbar ist.

Dahingegen steigt der Bodenwiderstand im Bereich der Seitenstreifen bis in eine Tiefe von ca. 50cm und erreicht somit ab 30cm Tiefe die höchsten Werte.

Die Kurven des Mittelstreifens und der Referenzfläche, die sich in ihrem Verlauf sehr ähneln, weisen bis in eine Tiefe von etwa 65cm einen vergleichbaren Anstieg wie die Seitenstreifen auf, wobei der Bodenwiderstand wesentlich geringer ist.

Nachdem nun ein Überblick zu dem gemittelten Verlauf der Kurven geschaffen wurde, gilt es die Daten näher zu betrachten und weitere statistische Werte für die Auswertung heranzuziehen. Im Folgenden sollen die ersten 30cm des Bodens, welche für die Ansiedlung von Arten der Krautschicht von primärer Bedeutung sind, mit Hilfe von Boxplots näher analysiert werden.

Es wurden Boxplots für jeden Bereich (linker Rand, linke Fahrspur etc.) erstellt (siehe Anhang 8). Ein Boxplot repräsentiert jeweils einen Datenbereich von fünf Zentimetern.

Die Werte der ersten 5cm für die linke Fahrspur (Fl), den Mittelstreifen (M), die rechte Fahrspur (Fr) und den rechten Rand (Rr) zeichnen sich durch eine relativ hohe Varianz aus. Die Werte des linken Randes (Rl) und des Referenzstandortes (R) hingegen weisen eine geringe Streuung auf und befinden sich in einem vergleichsweise niedrigen Wertebereich.

In dem folgenden Abschnitt (5-10cm) nimmt die Varianz aller Bereiche stark ab. Es fällt auf, dass die Fahrspuren und der rechte Rand höhere Bodenwiderstandswerte aufweisen als die anderen Bereiche. Die niedrigsten Werte liegen entlang des Mittelstreifens.

Dies gilt auch für einer Tiefe von 10cm bis 15cm. Allerdings liegen die Werte des linken Randes ebenso wie die des rechten Randstreifens nun relativ weit oben. Die Fahrspuren befinden sich ungefähr in dem selben Wertebreich, wobei die rechte Fahrspur den größten Bodenwiderstand aufweist.

In einer Tiefe von 15cm bis 20cm besitzen die Werte im Bereich der Seitenstreifen und des Mittelstreifens eine im Vergleich zu Fl, Fr und R auffallend hohe Varianz. Es ist denkbar, dass diese Strukturen aus der Befahrung dieser Flächen mit Forstmaschinen resultiert. Fährt eine Maschine über eine bestimmt Fläche, so ist die Belastung des Bodens unter den Rädern am größten. Allerdings wirkt der Druck nicht nur vertikal, sondern auch horizontal, so dass auch die angrenzenden Bereiche beeinflusst werden.

Die geringe Varianz und die Höhe der Werte unter den Fahrspuren könnte aus einer gleichmäßigen und hohen Belastung stammen. Die angrenzenden Bereiche (Rl, M und Rr) weisen dahingegen infolge der sekundären und unregelmäßigen Belastung eine hohe Streuung der Werte auf. Dies würde ebenfalls die geringe Varianz der Bestandswerte erklären. Da dieser Bereich keinen externen bzw. anthropogenen Einflüssen unterlag, liegen die Werte in einem vergleichsweise niedrigen Bereich und nah beieinander.

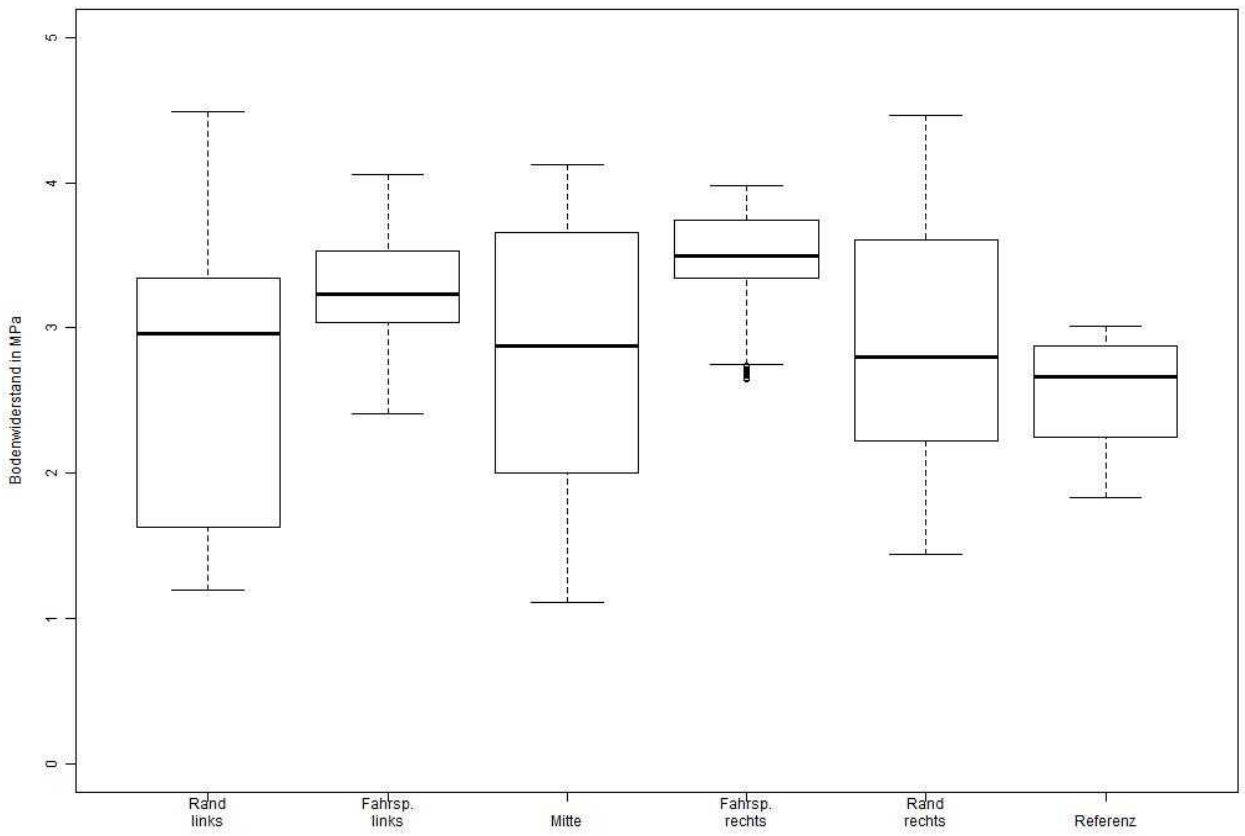


Abb. 5-9: Werte des Bodenwiderstandes in einer Tiefe von 15cm bis 20cm für die Bereiche linker Randstreifen, linke Fahrspur, Mittelstreifen, rechte Fahrspur, rechter Randstreifen und Referenzfläche

Die erläuterten Beobachtungen entsprechen in einer Tiefe von 15cm bis 20cm treffen auch für die folgenden 5cm (20cm bis 25cm) zu.

Mit einer Tiefe von 25cm nehmen die Unterschiede zwischen den Bereichen (Rl, Fl, M, Fr, RR und R) ab. Zwar liegen die Werte von M und R in einem vergleichsweise niedrigen Bereich, jedoch weisen die Fahrspuren nicht mehr, wie in einer Tiefe von 15cm bis 25cm, den höchsten Bodenwiderstand auf. Vermutlich war die Druckbelastung in dieser Tiefe nicht mehr ausreichend, um eine irreversible Veränderung der Bodendichte zu erreichen.

Die Zusammenfassung der Ergebnisse ergibt, dass die Fahrspuren ab einer Tiefe von etwa 5cm mit einem zum Teil nur geringen Abstand zu den Seitenstreifen den höchsten Bodenwiderstand aufwiesen. Erst ab einer Tiefe von 25cm konnten keine Unterschiede mehr festgestellt werden. Die Werte des Mittelstreifens und der Referenzfläche hingen lagen meist in etwa dem gleichen Wertebereich und stets unterhalb der Randstreifen.

5.3 Zeigerwerte

Aus den vorangegangenen Kapiteln geht hervor, dass im Bereich der Fahrspuren der Boden dichter und feuchter ist als in den anderen untersuchten Bereichen. Die Werte des Bestandes liegen zwischen denen der Fahrspuren und denen der Mittel- und Seitenstreifen.

Im Folgenden soll überprüft werden, ob sich die unterschiedlichen Ergebnisse für die Feldkapazität auch in den Zeigerwerten der Arten, im besonderen derer bei denen Verbreitungsmuster erkennbar sind, widerspiegeln.

Zuvor allerdings soll zur Orientierung der Untersuchungsraum im Gesamten mittels der in Tabelle 5-16 dargestellten durchschnittlichen Zeigerwerte charakterisiert werden. Die vollständigen Tabellen mit den Zeigerwerten aller Arten sind unter Anhang 9 und Anhang 10 zu finden. Anhang 11 beinhaltet Grafiken, welche die Häufigkeitsverteilung der Zeigerwerte für die erste und zwete Vegetationsaufnahme darstellen.

	L	T	K	F	R	N	S
V1	5,1	5,6	3,5	5,7	6,9	7,3	0
V2	5,2	5,6	3,7	5,5	6,9	6,2	0

Tab. 5-16: Durchschnittswerte der Pflanzen der ersten und zweiten Vegetationsaufnahme für die Zeigerwerte Licht (L), Temperatur (T), Kontinentalität (K), Feuchtigkeit (F), Reaktion (R) , Stickstoff (N) und Salz (S)

Die untersuchten Flächen bieten Raum für eine Vielzahl von Arten mit einer hohen Varianz hinsichtlich des Lichtbedarfs bzw. der Lichtverträglichkeit. Bei beiden Aufnahmen reicht die Bandbreite von Schatten- bis Halblichtpflanzen, wobei der Schwerpunkt in der zweiten Aufnahme eher bei den Schattenpflanzen auszumachen ist. Die auftretenden Arten können zu den Mäßigwärmezeigern gezählt werden und haben ihren Verbreitungsschwerpunkt in Mitteleuropa. Aus den Zeigerwerten lässt sich ablesen, dass viele der Arten Frischezeigern entsprechen und demnach der Boden eher mittelfeucht ist, was ebenfalls mit den unter 5.2.1 ermittelten Werten übereinstimmen würde. Des Weiteren kann angenommen werden, dass die Böden nicht stark sauer, reich an Stickstoff und salzfrei sind (siehe Tab. 5-16).

Im Folgenden soll untersucht werden, ob die Arten, die vorwiegend auf Rückegassen oder auf Referenzstandorten vorkommen, sich durch bestimmte Zeigerwerte unterscheiden und charakterisieren lassen.

Die Tabelle 5-17 führt noch einmal die thematisch wichtigsten Pflanzenarten und deren Zeigerwerte auf. Rot eingekreist sind die Arten, welche im Rahmen der ersten und zweiten

Vegetationskartierung vornehmlich auf den Rückewegen auftraten. Die nicht farblich markierten Arten stehen für solche, die nur bei einer der Aufnahmen primär auf den Rückegassen vorkamen. *Lamium galeobdolon* (Goldnessel), gelb markiert, ist die einzige erkennbare Art, die sich dazu konträr verhält.

	L	T	K	F	R	N	S
Rumex crispus (Krauser Ampfer)	7	5	3	7~	X	6	0
Urtica dioica (Große Brennnessel)	X	X	X	6	7	9	0
Anthriscus sylvestris (Wiesen-Kerbel)	7	X	5	5	X	8	0
Hypericum perforatum (Johanniskraut)	7	6	5	4	6	4	0
Carduus crispus (Krause Distel)	7	6	X	6	7	9	0
Alliaria petiolata (Knoblauchsrauke)	5	6	3	5	7	9	0
Cirsium vulgare (Lanzett-Kratzdistel)	8	5	3	5	7	8	0
Dactylis polygama (Wald-Knäuelgras)	5	6	4	5	6	5	0
Milium effusum (Wald-Flattergras)	4	X	3	5	5	5	0
Circaea lutetiana (Gewöhnliches Hexenkraut)	4	5	3	6	7	7	0
Lamium galeobdolon (Goldnessel)	3	5	4	5	7	5	0

Tab. 5-17: Zeigerwerte ausgewählter Pflanzenarten

Die rot eingekreisten Arten gehören zu den Halblichtpflanzen, sind Feuchte- bis Frischezeiger und weisen auf einen eher hohen Stickstoffanteil im Boden hin. Im Vergleich dazu tendieren die nicht markierten Arten eher zu den Halbschattenpflanzen. Sie sind fast ausnahmslos Frischezeiger und gehören zu den Mäßigstickstoff – bis Stickstoffreichtumzeigern.

Lamium galeobdolon hingegen ist eine Schattenpflanze und kommt vorwiegend auf mittelfeuchten Böden mit einem mäßigen Anteil an Stickstoff vor.

Daraus könnte eine erhöhte Lichtintensität und ein höheres Vorkommen an Stickstoff auf den Rückegassen gefolgert werden. Demnach würde die Feuchtigkeit keine wesentliche Rolle für die Artenzusammensetzung spielen.

Diese Schlussfolgerungen sind jedoch lediglich Vermutungen. Die analysierten Zeigerwerte können nicht als Beweis fungieren. Einerseits ist die Anzahl der Arten, besonders hinsichtlich derer, die bevorzugt auf den Referenzstandorten vorkommen, zu gering und andererseits sind Zeigerwerte eher Richtwerte, welche die Standortfaktoren der primären Verbreitungsgebiete einer Art charakterisieren. Besonders die Stickstoffzahlen sind nach ELLENBERG (2001) als Versuchswerte zu sehen. Beispielhaft dafür ist das gleichzeitige Auftreten von *Urtica dioica* (Große Brennnessel) und *Hypericum perforatum* (Johanniskraut). Erste ist ein Frische- bis Feuchtezeiger und im Besonderen ein Hinweis auf übermäßig stickstoffreiche Standorte. *Hypericum perforatum* ist im Vergleich dazu eher auf trockeneren und stickstoffarmen Standorten zu finden. Dennoch kommen beide

vornehmlich auf den gleichen Flächen vor.
Um Gewissheit zu erlangen, müssen demnach weitere Untersuchungen folgen, welche die Lichtverhältnisse und den Anteil an Stickstoff im Boden kartieren.

5.4 Auswertung

Nach der Auswertung der einzelnen Datensätze sollen im nächsten Schritt die Ergebnisse noch einmal zusammengefasst und in Beziehung gesetzt werden, um zu klären, welche Auswirkungen die Rückegassen auf die Krautschicht haben.
Die Analyse der Vegetationsaufnahmen ergab, dass zum einen die Artenvielfalt der Rückegassen sowohl im Frühjahr als auch im Sommer gegenüber den Referenzstandorten größer war und zum anderen die Fahrspuren (bei der zweiten Kartierung) ebenfalls eine höhere Artenanzahl als die Mittelstreifen aufwiesen. Arten, die vorwiegend auf den Rückegassen auftraten waren *Rumex crispus* (Krauser Ampfer), Urtica dioica (Große Brennnessel), *Anthriscus sylvestris* (Wiesen-Kerbel), *Hypericum perforatum* (Johanniskraut), *Carduus crispus* (Krause Distel), *Alliaria petiolata* (Knoblauchsrauke), *Cirsium vulgare* (Lanzett-Kratzdistel), *Dactylis polygama* (Wald-Knäuelgras), *Milium effusum* (Wald-Flattergras) und *Circaea lutetiana* (Gewöhnliches Hexenkraut). Trotz dieser Unterschiede konnte anhand des Sørensen-Index eine relative Ähnllichkeit zwischen der Flora der Rückegassen und der Referenzflächen festgestellt werden.

Die Ergebnisse der bodenkundlichen Untersuchungen konnten die Annahme einer signifikanten Verdichtung im Bereich der Fahrspuren nicht bestätigen. Die Trockenrohdichte sprach stets für eine niedrige Lagerungsdichte. Bei dem Vergleich der mittleren Trockenrohdichte der Fahrspuren, des Referenzstandortes, der Seiten- und des Mittelstreifens konnten zwar Unterschiede festgestellt werden, diese waren jedoch zu gering, um daraus auf verschiedene Standortbedingungen schließen zu können. Anhand der penetrographischen Messungen konnte ebenfalls keine signifikante Verdichtung nachgewiesen werden.
Die Ermittlung weiterer Bodenparameter mittels der bodenkundlichen Kartieranleitung ergab, dass der untersuchte Boden theoretisch ein hohes Gesamtporenvolumen mit einer mittleren Luftkapazität, einer hohen Feldkapazität und nutzbaren Feldkapazität und einem mitlleren Totwasseranteil aufweist. Die reale Feldkapazität, die sich aus der Differenz zwischen Feuchtrohdichte und Trockenrohdichte ergibt, ist im Bereich der Seitenstreifen als gering und für die übrigen Bereiche als mittel einzuschätzen, wobei die Fahrspuren eher zu einer hohen und die Mittelstreifen zu einer geringen Feldkapazität tendieren.

Nach der Analyse der vegetationskundlichen Aufnahmen und der Bodenparameter wurden die Arten, welche ein Standort präferierendes Vorkommen aufwiesen anhand ihrer Zeigerwerte näher untersucht. Die Ergebnisse lassen vermuten, dass die Rückegassen durch ein größeres Angebot an Licht und Stickstoff charakterisiert werden. Diese Annahmen sind jedoch reine Spekulationen, da die Datengrundlage für einen Beweis nicht ausreichend ist.
Demnach wären weiterführende Untersuchungen auf größeren Flächen und mit einer Erweiterung der Methoden notwendig (siehe 6.).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Untersuchungen keine signifikanten Unterschiede in den Standortbedingungen zwischen den Bereichen (Fahrspuren etc.) nachweisen konnten, es jedoch Unterschiede in der Artenzusammensetzung und der Artenvielfalt gibt.
Da der analysierte Datensatz einen für den Erhalt repräsentativer Ergebnisse zu geringen Umfang hat, kann an dieser Stelle nicht ausgeschlossen werden, dass die Bodendichte und die Feldkapazität doch einen Einfluss auf die Artenzusammensetzung hat.
Andere Einflussfaktoren könnten nach den Zeigerwerten zu urteilen das Licht- und Stickstoffangebot sein, wobei dies eher unwahrscheinlich ist. Für die Anlegeung von Rückegassen müssen nicht zwangsweise Bäume gefällt werden, d.h. die Lichtverhältnisse verändern sich nicht und es ist fraglich wie es zu einem höheren Stickstoffeintrag auf den Rückegassen kommen kann.
Statt dessen ist es nahe liegender, dass das Befahren der Rückegassen an sich einen Einfluss auf die Vegetationsstruktur hat. Die Reifen der Forstmaschinen schaffen offenerdige Flächen und verändern das Mikrorelief. Dies könnte dazu führen, dass durch den Wind verbreitete Samen eher in den Fahrspuren liegen bleiben und aufgrund der fehlenden Vegetation bessere Keimungschancen haben. Dies liese sich wahrscheinlich am besten mittels einer Bodensamenbank, d.h. der Untersuchung des Bodens nach keimungsfähigen Samen, untersuchen (siehe 6.). Bleibt noch die Frage zu klären, ob die Veränderungen der Vegetationsstruktur infolge des Befahrens von Dauer oder nach wenigen Jahren nicht mehr feststellbar sind. Nach EBRECHT (2005) ist die Vegetationsdynamik in den ersten beiden Jahren auf den Rückegassen am höchsten und mit zunehmenden Alter nimmt die Artenvielfalt immer weiter ab. Demnach sollten die Untersuchungen für die Beantwortung dieser Frage weitergeführt und möglichst auf eine größerer Gesamtfläche ausgeweitet werden.

6. Weiterführende Untersuchungen

Bereits zu Beginn der Untersuchungen stand fest, dass die Frage welche Einflüsse Rückegassen auf die Krautschicht haben nicht gänzlich würde beantwortet werden können. Einerseits sind die

Ergebnisse durch den geringen Datensatz nicht repräsentativ und andererseits ist davon auszugehen, dass sich die Artenzusammensetzung in den kommenden Jahren verändern wird.

Demnach ist es empfehlenswert die Kartierungen fortzuführen und auf weitere Flächen auszuweiten. Auch die bodenkundlichen Untersuchungsmethoden, die in dieser Arbeit zur Anwendung kamen, sollten auf mehren Flächen stattfinden, um ein repräsentatives Ergebnis zu erhalten.

Des Weiteren bietet sich eine Erweiterung des Methodenspektrums an.

Mit dem Einsatz von PAR (photosyntetic activ radiation) – Lichtsensoren könnte überprüft werden, ob zwischen Rückegassen und Referenzstandorten ein Unterschied im Strahlungsangebot und somit verschiedene Standortbedingungen bestehen (EBRECHT 2005: 25).

Ein weiterer für das Pflanzenwachstum entscheidender Parameter ist die Sauerstoffversorgung im Boden. Diese lässt sich über die Bestimmung der Luftpermeabilität (Durchlässigkeit) des Bodens mit Hilfe eines Luftpermeameters ermitteln. Die Permeabilität des Bodens steht im engen Zusammenhang mit der Porengröße, der Porenvernetzung und der Verteilung der Poren (EBRECHT 2005: 21).

Eine dritte mögliche Methode ist die Untersuchung der keimfähigen Samen im Boden, die neben der präsenten Vegetation im Prinzip ebenfalls zur Artenzusammensetzung gehören. Für die Bestimmung der Bodensamenbank gibt es zwei Methoden. Entweder die Samen werden aus den Bodenproben ausgewaschen oder sie werden unter günstigen Bedingungen im Substrat zum Keimen gebracht und im Folgenden bestimmt. Die erste Methode verlangt einen hohen Wissensstand über Samen ab und die zweite Methode hat den Nachteil, dass die Untersuchung der Proben mindestens 18 Monate andauern muss und somit ein großer Zeit- und Arbeitsaufwand entsteht (EBRECHT 2005: 26f).

Die Liste der möglichen Methoden lässt sich, abhängig von der genauen Fragestellung und den vorhandenen Mitteln, noch vortsetzen.

7. Zusammenfassung

Das Naturschutzgebiet Burgaue ist ein Teil des Leipziger Auwaldes und zeichnet sich durch eine Hartholzaue aus, deren Entwicklungstendenz mit der anthropogenen Veränderung der hydrologischen Standortbedingungen in Richtung eines Eschen-Ahorn-Waldes geht. Um diesem Trend entgegenzuwirken und die Artenvielfalt des Auwaldes zu erhalten, sind forstwirtschaftliche Eingriffe, wie z.B. das Fällen von auenuntypischen Bäumen, nötig. Für diesen Zweck werden im Untersuchungsgebiet Rückegassen in einem Abstand von 40m angelegt.

Im Rahmen dieser Arbeit galt es festzustellen, ob die Befahrung der Gassen durch Forstmaschinen (Harvester, Rückezug und Seilschlepper) zu einer Verdichtung des Bodens und einer langfristigen Beeinträchtigung der Vegetation führen. Dazu wurden Rückegassen, die zuletzt 2010 befahren wurden, boden- und vegetationskundlich untersucht und mit den entsprechenden Referenzstandorten verglichen.

Anhand der ermittelten Trockenrohdichte in einer Tiefe von 10cm und des Bodenwiderstandes bis in eine Tiefe von 70cm für die Bereiche Randstreifen, Fahrspur, Mittelstreifen und Bestand konnte keine signifikante Verdichtung entlang der Fahrspuren festgestellt werden. Die Feldkapazität wurde als ein weiterer Bodenparametern zum Vergleich herangezogen, um eventuelle Unterschiede in den Standortbedingungen herauszustellen. Die Ergebnisse der einzelnen Bereiche unterschieden sich jedoch nur um wenige Volumen-%.

Dahingegen zeigte die Auswertung der Vegetationsaufnahmen deutliche Unterschiede zwischen den Rückegassen und den Referenzflächen. Bei beiden Kartierungen (Frühjahr und Sommer) ließ sich auf den Flächen der Rückegassen eine wesentlich höhere Artenvielfalt als auf den Referenzflächen nachweisen. Die zweite Kartierung, bei der im Vergleich zur ersten die Fahrspuren und Mittelstreifen auch separat kartiert wurden waren, zeigte des Weiteren, dass die Fahrspuren stets eine höhere Diversität aufwiesen als die Mittelstreifen.

Neben der Artenvielfalt konnten ebenfalls Unterschiede in der Artenzusammensetzung ausgemacht werden. Es fiel auf, dass es Arten gab die vorrangig oder sogar ausschließlich auf Rückegassen auftraten. Dazu zählen unter anderem *Rumex crispus* (Krauser Ampfer), Urtica dioica (Große Brennnessel), *Anthriscus sylvestris* (Wiesen-Kerbel), *Hypericum perforatum* (Johanniskraut) und *Carduus crispus* (Krause Distel). Lediglich *Galium galeobdolon* (Goldnessel) tendierte dazu auf den Referenzflächen wenn auch nicht ausschließlich so zumindest mit einer höheren Individuenzahl aufzutreten.

Trotz dieser Unterschiede konnte anhand der Berechnung des Sørensen-Index eine relative Ähnlichkeit zwischen den Artenbeständen der Gassen und Referenzflächen nachgewiesen werden.

Die Analyse der oben genannten Arten anhand ihrer Zeigerwerte ergaben, dass die Rückegassen möglicher Weise ein größeres Angebot an Licht und Stickstoff bieten. Dies lässt sich jedoch weder durch entsprechende Daten beweisen noch logisch erklären.

Denkbar wäre jedoch eine Veränderung der Vegetationsstruktur durch das Befahren der Rückegassen an sich. Das veränderte Mikrorelief und die vegetationsfreien Flächen könnten ein Standortvorteil für Arten darstellen, die auf den anderen Flächen nicht mehr konkurrenzfähig sind.

Um endgültig klären zu können, ob Rückegassen eine langfristige Auswirkung auf die Vegetation

haben und welche Parameter dabei eine entscheidene Rolle spielen, müssen weitere Untersuchungen stattfinden. Es bietet sich an das Methodenspektrum zu erweitern, die Vegetationskartierungen jährlich zu wiederholen sowie die bodenkundlichen Untersuchungen auf eine größere Gesamtfläche auszuweiten, um repräsentative Ergebnisse zu erhalten.

Literaturverzeichnis

Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. Hannover.

Berkemeier, A.; Loose, H. (1997): In der Elster-Luppe-Aue. Beucha.

Boeckhoff; Butter; Eichhorst; Eisenhauer; Ende; Glowna; König; Schulze; Sächsische Landesanstalt für Forsten [Hrsg.] (2002): Bestandspflege. Richtlinien zur Bestandspflege und Wertästung im Staatswald des Freistaates Sachsen. <http://www.smul.sachsen.de/sbs/download/Bestandespflege.pdf> (letzter Zugriff: 13.08.2011)

Dierschke, H. (1994): Pflanzensoziologie. Methoden und Grundlagen. Stuttgart.

Ebrecht, L. (2005): Vegetation, Standortverhältnisse und Ausbreitungsbiologie von Pflanzen auf Rückegassen und Waldwegen im Göttinger Wald und im Solling. Göttingen.

Ejkelkamp: <http://www.eijkelkamp.com/de/produkte/boden/physikalische-bodenuntersuchung-im-field/penetrograph/penetrograph.htm> (letzter Zugriff: 05.06.2011)

Ellenberg, H.; Düll, R.; Weber, H.E.; Werner, W.; Wirth, V. (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Göttingen. 3. Ausgabe

Engelmann, R. (2010): Bewirtschaftung bis ca. 1870. Mittelwaldwirtschaft. <http://www.leipziger-auwald.de/cms/front_content.php?idcat=56&lang=1> (letzter Zugriff: 13.06.2011).

Engelmann, R. (2010): Bewirtschaftung heute. <http://www.leipziger-auwald.de/cms/front_content.php?idcat=58&lang=1> (letzter Zugriff: 13.06.2011).

Frey, W.; Lösch, R. (2010): Geobotanik. Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit. Heidelberg.

Fröhlich, G.; Hoyer, F.; Mäkert, R.; Weber, D.; Zitschke, R. (1995): Landesschwerpunktprojekt Leipziger Auensystem. Wiedervernässung von Flächen in der nordwestlichen Leipziger Aue.- In: Naturschutzarbeit in Sachsen.

Gläser, J. (2005): Untersuchungen zur historischen Entwicklung und Vegetation mitteldeutscher Auenwälder. Leipzig.

Julke, R. (2011): Katastrophale Noten für Leipziger Flüsse. Sachsen riskiert nach 2015 hohe EU-Strafen für schlechte Wassergüte. <http://www.l-iz.de/Politik/Region/2011/07/Katastrophale-Noten-fuer-Leipziger-Fluesse.html> (letzter Zugriff 08.03.2011)

Kowalke, H. [Hrsg.] (2000): Sachsen.-In: Perthes Länderprofile. Geographische Strukturen, Entwicklungen, Probleme. Gotha.

Müller, G. K.; Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung [Hrsg.] (1995): Die Leipziger Auen. Bestandsaufnahme und Vorschläge für die Gebietsentwicklung.- In: Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. 1/1995. Dresden.

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft: Forstliche Klimagliederung. <http://www.smul.sachsen.de/wald/205.htm> (letzter Zugriff: 08.05.2011).

Sächsiches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr: Geschichte. <http://www.bergbehoerde.sachsen.de/de/Wirtschaft/Bergbau/Geschichte/18270.html> (letzter Zugriff: 03.08.2011)

Sickert, A. (2001): Der Stadtwald Leipzigs – der Leipziger Auenwald. Begleit- und Informationsmaterial für Fachexkursionen der Abteilung Stadtforsten. Leipzig.

Sickert, A. (2010): Bilder

Sommer, F. (1997): Forstwirtschaft im nordwestlichen Auwald.- In: Berkemeier, A.; Loose, H. (1997): In der Elster-Luppe-Aue. Beucha.

Tremp, H. (2005): Aufnahme und Analyse vegetationsökologischer Daten. Stuttgart.

Wiegleb, G.; Zerbe, S. (2009): Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa. Heidelberg.

Zäumer, U. (1996): Das NSG „Burgaue“. Zur historischen Entwicklung des Gebietes – Lage, Geologie, Hydrologie, Klima und zur Vegetation des NSG „Burgaue“ - In: Natur und Naturschutz im Raum Leipzig, Teil II. S. 67-73.

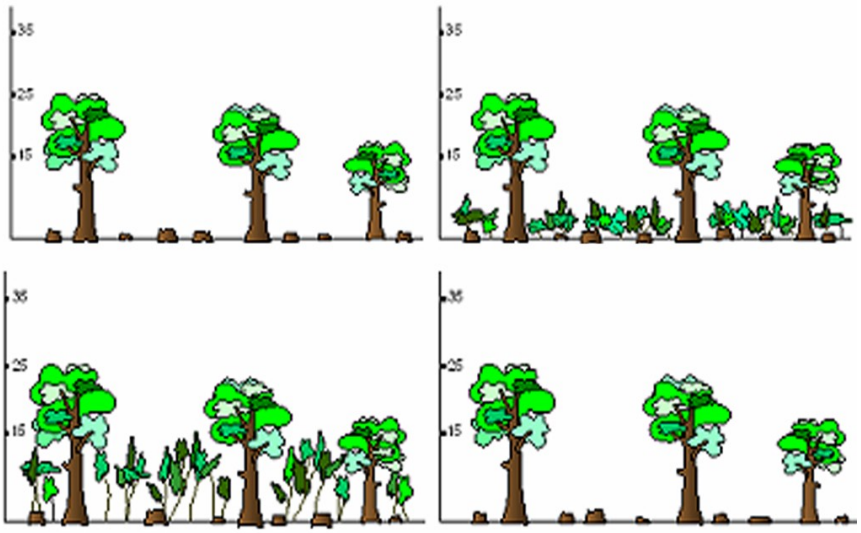
Anhang

Anhang 1:	Koordinaten für den oberen linken Begrenzungspunkt der Untersuchungsflächen
Anhang 2:	Bewirtschaftung des Leipziger Auwaldes bis 1870: Mittelwaldwirtschaft
Anhang 3:	Bewirtschaftung des Leipziger Auwaldes von 1870 bis 1990: Hochwaldwirtschaft
Anhang 4:	Bewirtschaftung des Leipziger Auwaldes seit 1990: Femelartige Bewirtschaftung
Anhang 5:	Messblatt für den Penetrographen
Anhang 6:	Verteilung der Werte der Trockenrohdichte
Anhang 7:	Verteilung der Werte der Feldkapazität
Anhang 8:	Boxplots für den Bodenwiderstand der Bereiche Seitenstreifen, Fahrspuren, Mittelstreifen und Referenzfläche in einer Tiefe von 0cm bis 30cm
Anhang 9:	Zeigerwerte für die Arten der ersten Vegetationsaufnahme
Anhang 10:	Zeigerwerte für die Arten der zweiten Vegetationsaufnahme
Anhang 11:	Häufigkeitsverteilung der Zweigerwerte L, T, K, F, R und N für die erste und zweite Vegetationskartierung

Anhang 1: Koordinaten für den oberen linken Begrenzungspunkt der Untersuchungsflächen

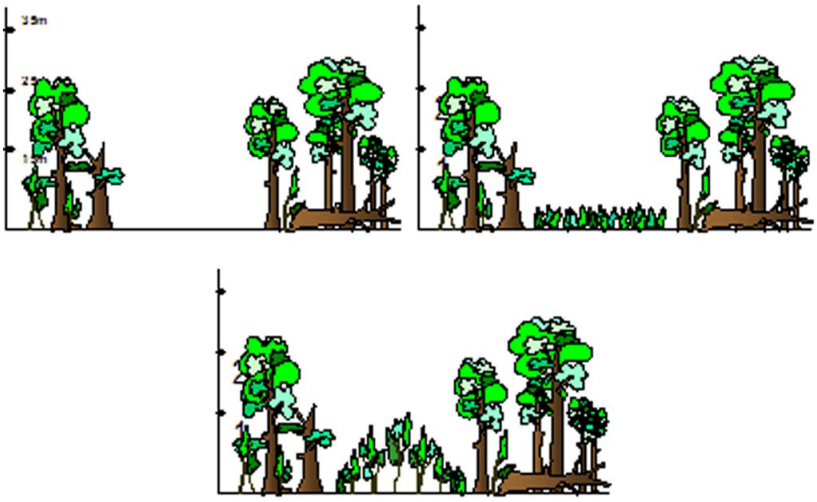
Fläche	Hochwert	Rechtswert
1	4521017	5692776
2	4521053	5692769
3	4520956	5692843
4	4520949	5692843
5	4520953	5692797
6	4520950	5692785
7	4520907	5692800
8	4520937	5692801
9	4520880	5692799
10	4520882	5692802

Anhang 2: Bewirtschaftung des Leipziger Auwaldes bis 1870: Mittelwaldwirtschaft



(Quelle: Sickert, A. (2001): Schematische Darstellung der Mittelwaldwirtschaft. <http://www.leipziger-auwald.de/cms/front_content.php?idcat=56&lang=1>; letzter Zugriff: 20.08.2011)

Anhang 3: Bewirtschaftung des Leipziger Auwaldes von 1870 bis 1990: Hochwaldwirtschaft

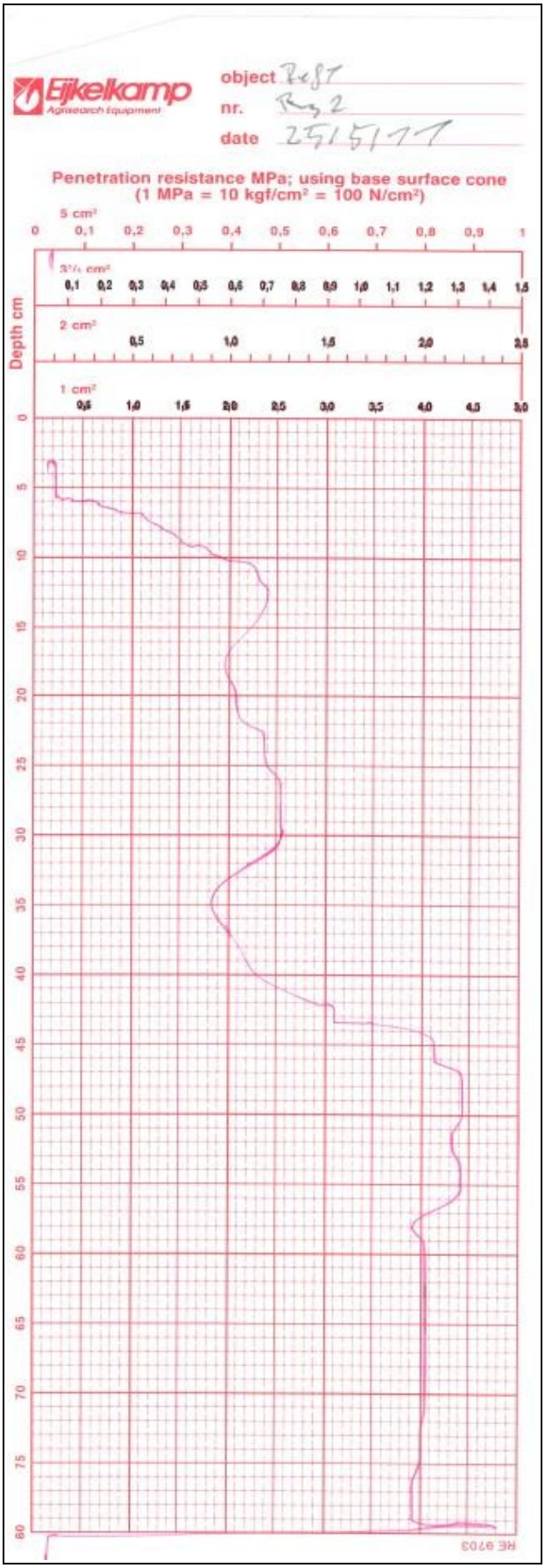


(Quelle: Sickert, A. (2001): Schematische Darstellung der Hochwaldwirtschaft. <http://www.leipziger-auwald.de/cms/front_content.php?idcat=57&lang=1>; letzter Zugriff: 20.08.2011)

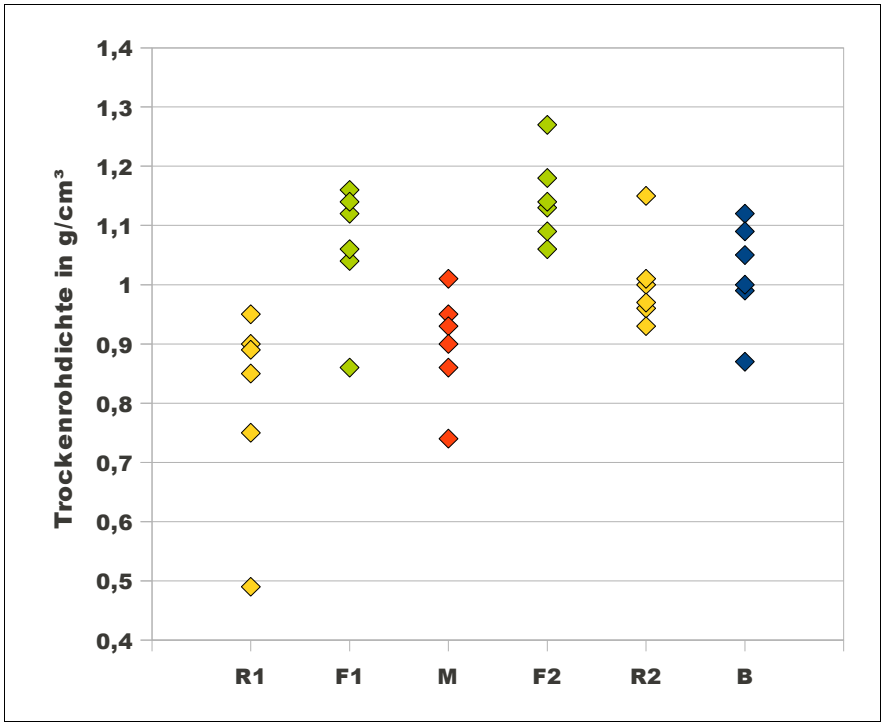
Anhang 4: Bewirtschaftung des Leipziger Auwaldes seit 1990: Femelartige Bewirtschaftung

(Quelle: Sickert, A. (2001): Femelartige Bewirtschaftung. <http://www.leipziger-auwald.de/cms/front_content.php?idcat=58&lang=1>; letzter Zugriff: 20.08.2011)

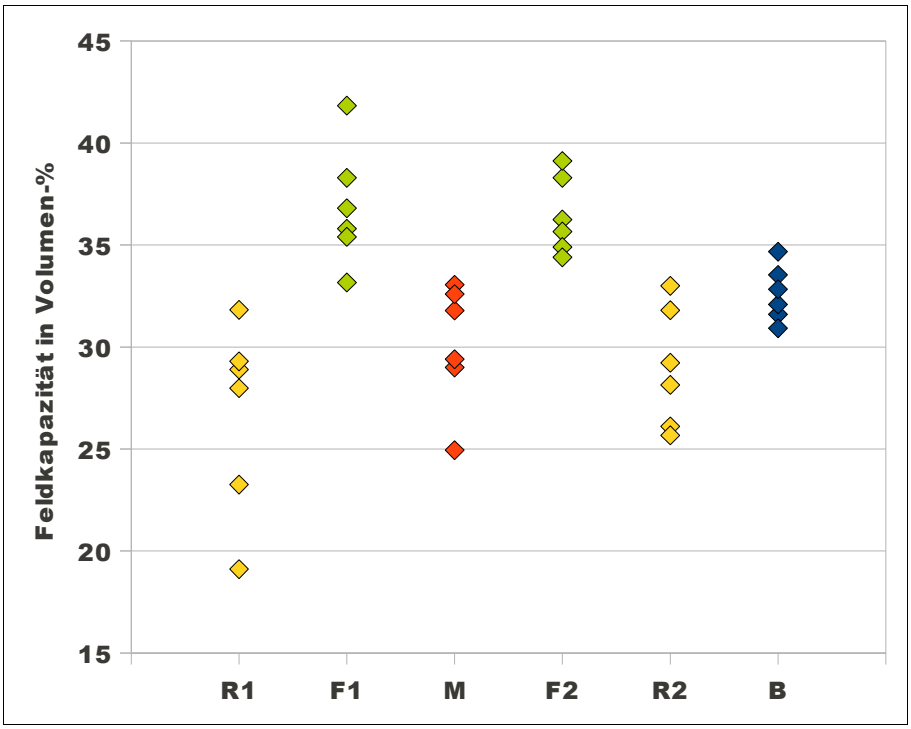
Anhang 5: Messblatt für den Penetrographen



Anhang 6: Verteilung der Werte der Trockenrohdichte

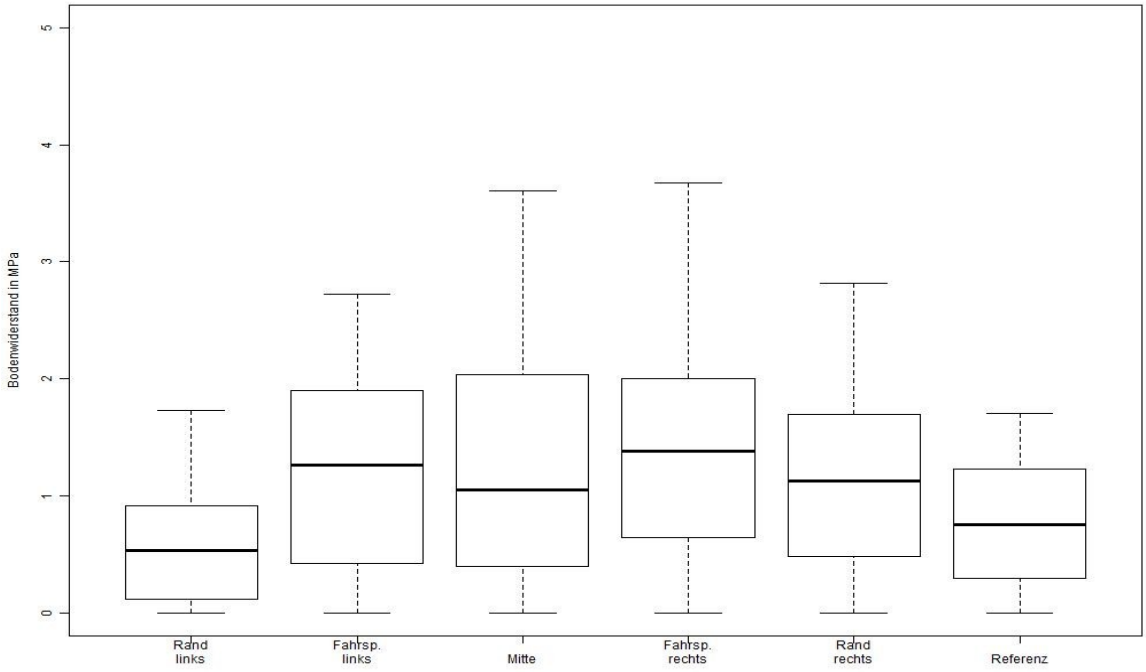


Anhang 7: Verteilung der Werte der Feldkapazität

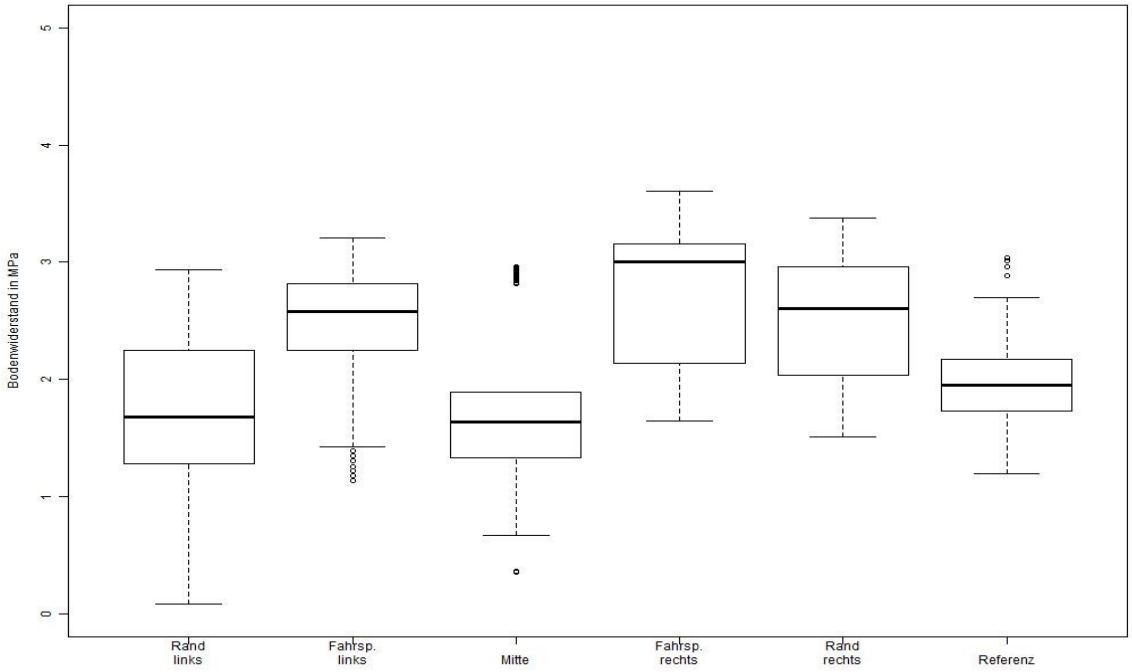


Anhang 8: Boxplots für den Bodenwiderstand der Bereiche Seitenstreifen, Fahrspuren, Mittelstreifen und Referenzfläche in einer Tiefe von 0cm bis 30cm

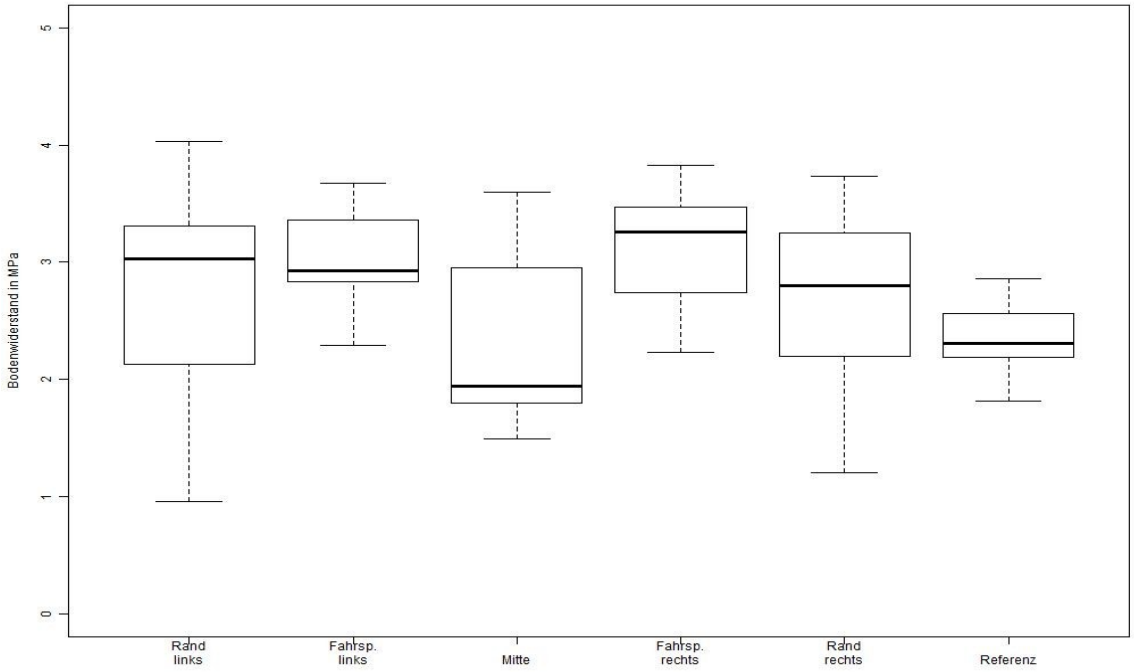
0cm bis 5cm



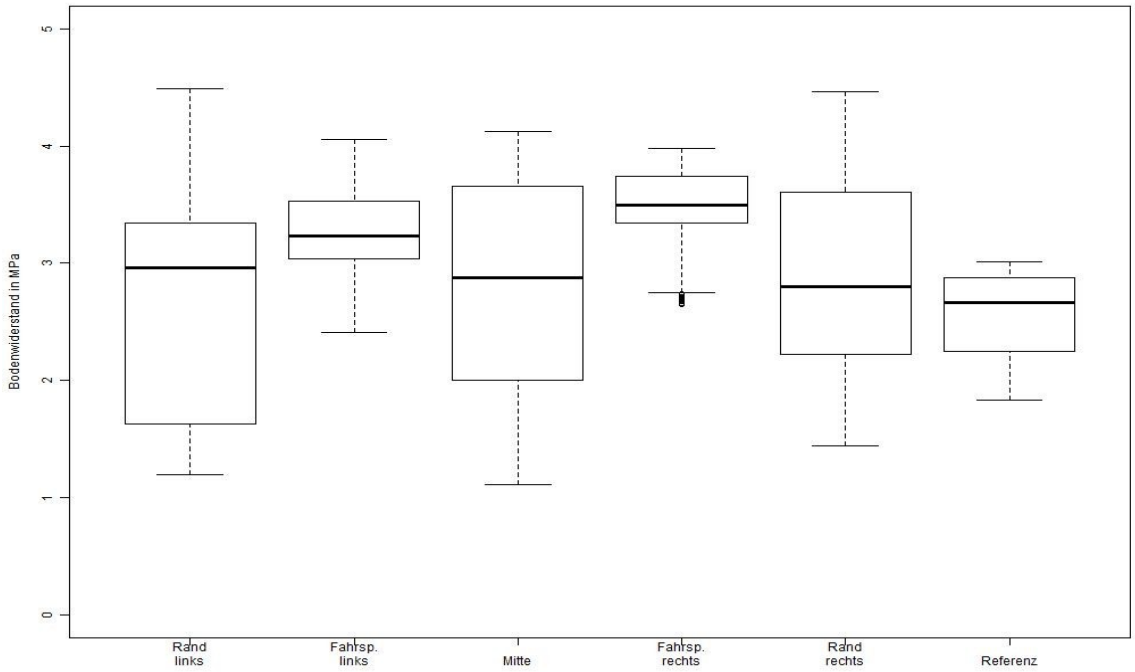
5cm bis 10cm



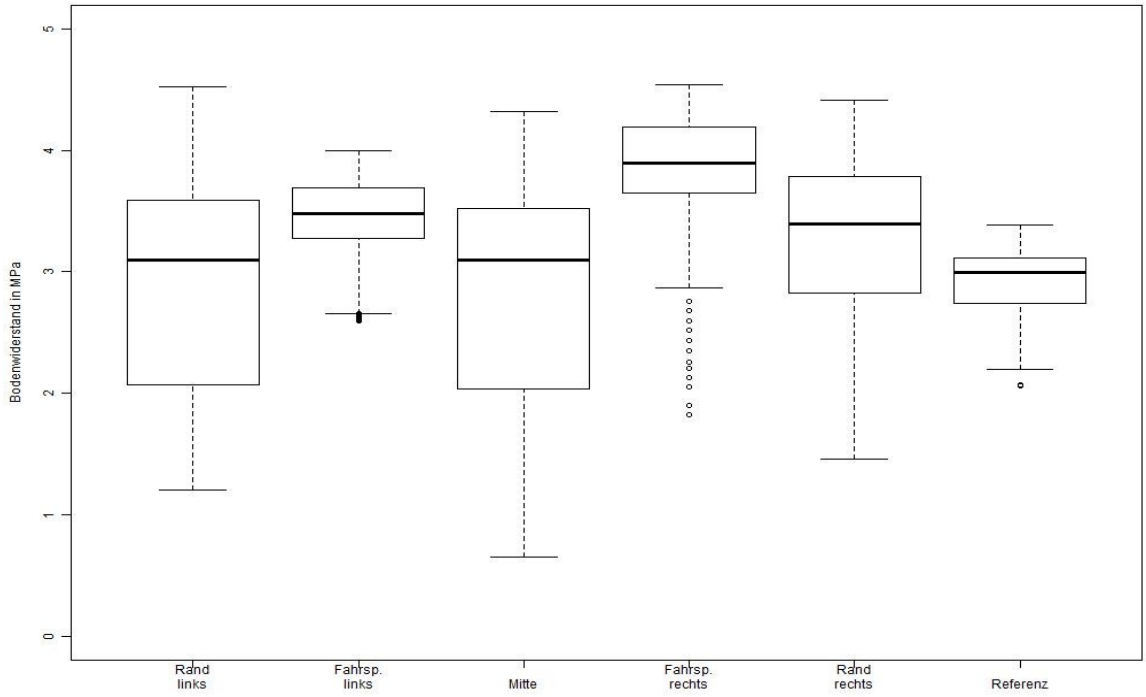
10 cm bis 15cm



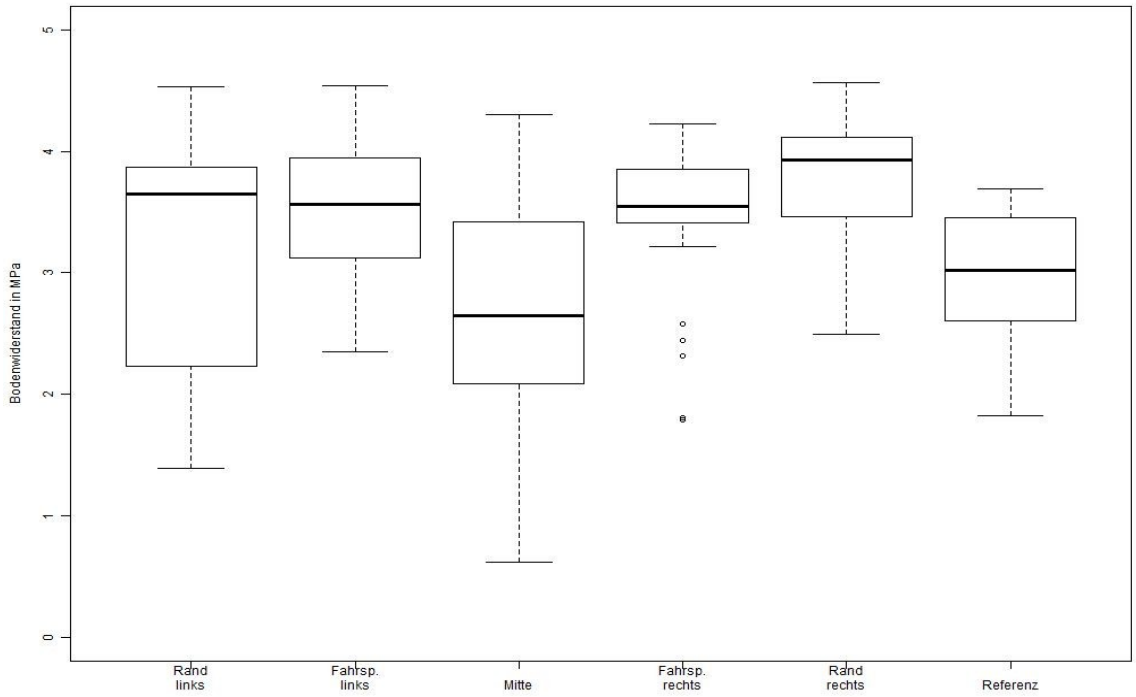
15cm bis 20cm



20cm bis 25cm



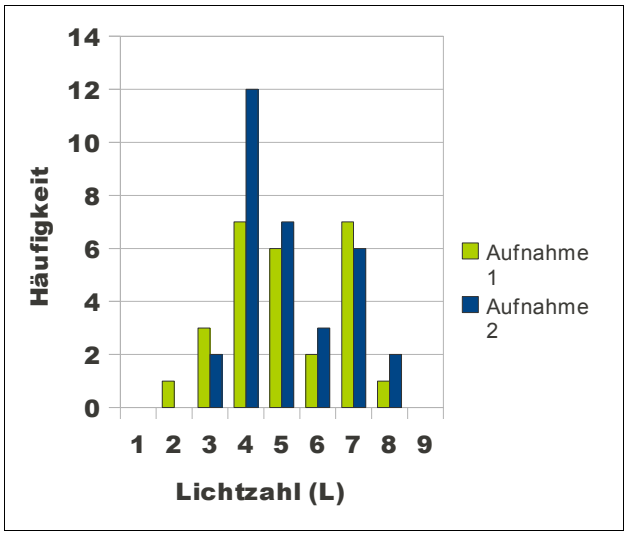
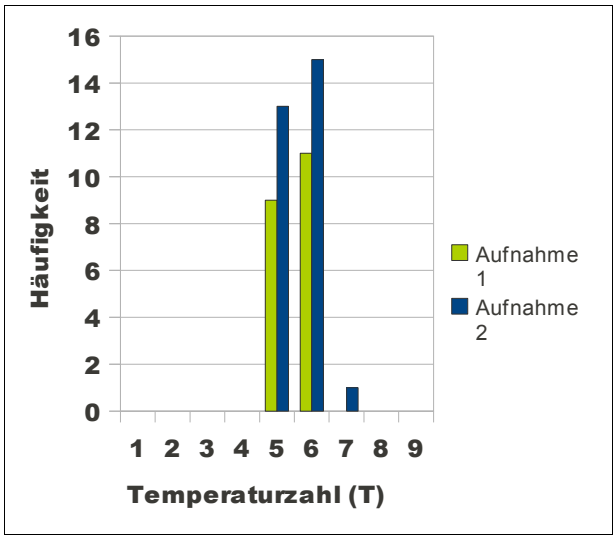
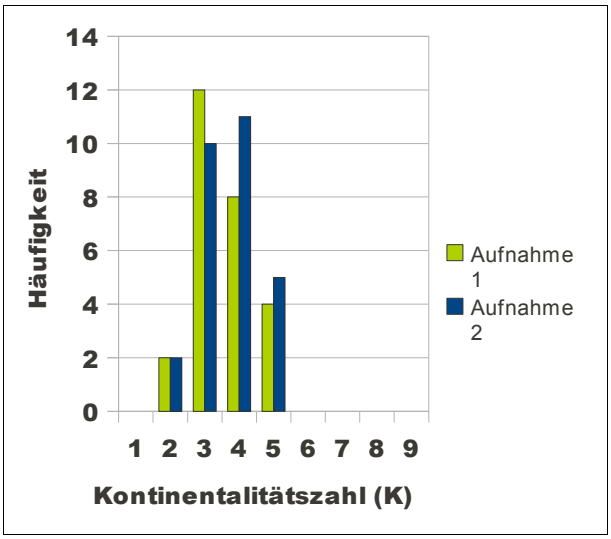
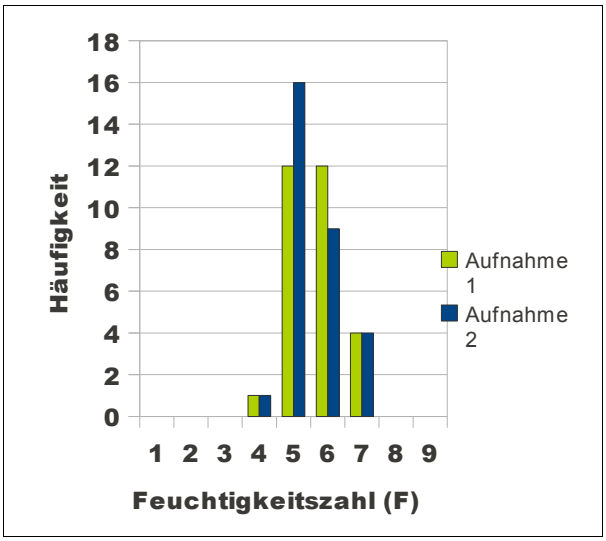
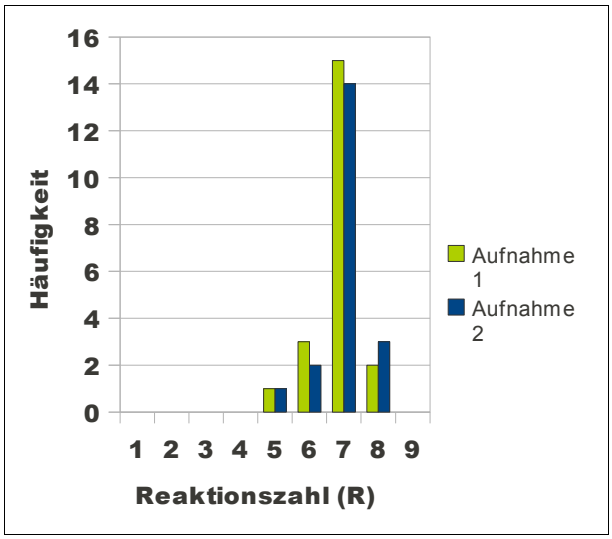
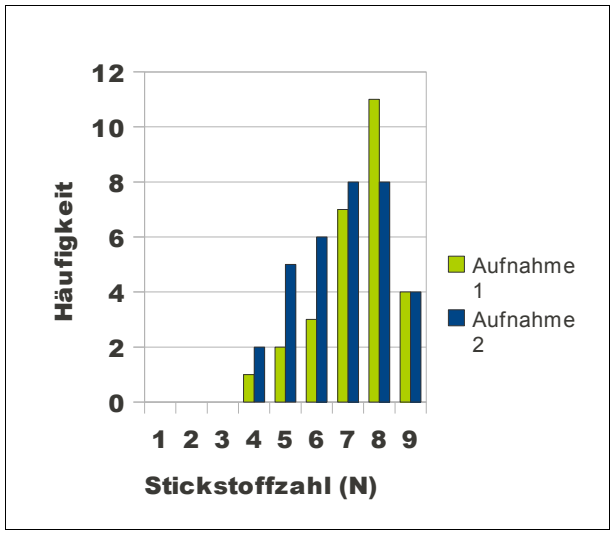
25cm bis 30cm



Anhang 9: Zeigerwerte für die Arten der ersten Vegetationsaufnahme

	SK	L	T	K	F	R	N	S
Allium ursinum (Bärlauch)	V	2	X	2	6	7	8	0
Pulmonaria officinalis (Echtes Lungenkraut)	V	5	6	5	5	8	6	0
Galium aparine (Labkraut)	V	7	6	3	X	6	8	0
Lamium galeobdolon (Goldnessel)	V	3	5	4	5	7	5	0
Stellaria holostea (Echte Stemmiere)	V	5	6	3	5	6	5	0
Lamium maculatum (Gefleckte Taubnessel)	V	5	X	4	6	7	8	0
Geum urbanum (Echte Nelkenwurz)	V	4	5	5	5	X	7	0
Dactylis polygama (Wald-Knäuelgras)	V	5	6	4	5	6	5	0
Milium effusum (Wald-Flattergras)	V	4	X	3	5	5	5	0
Stachys sylvatica (Wald-Ziest)	V	4	X	3	7	7	7	0
Aegopodium podagraria (Giersch)	IV	5	5	3	6	7	8	0
Alliaria petiolata (Knoblauchsrauke)	IV	5	6	3	5	7	9	0
Stellaria nemorum (Wald-Stemmiere)	IV	4	X	4	7	5	7	0
Ranunculus ficaria (Scharbockskraut)	IV	4	5	3	6	7	7	0
Viola reichenbachiana (Wald-Veilchen)	IV	4	X	4	5	7	6	0
Anemone nemorosa (Busch-Windröschen)	IV	X	X	3	5	X	X	0
Arum maculatum (Gefleckter Aronstab)	IV	3	6	2	7	7	8	0
Gagea lutea (Wald-Goldstern)	III	4	5	4	6	7	7	0
Rumex crispus (Krauser Ampfer)	III	7	5	3	7~	X	6	0
Urtica dioica (Große Brennnessel)	III	X	X	X	6	7	9	0
Anthriscus sylvestris (Wiesen-Kerbel)	III	7	X	5	5	X	8	0
Anemone ranuncoloides (Gelbes-Windröschen)	III	3	6	4	6	8	8	0
Hypericum perforatum (Johanniskraut)	III	7	6	5	4	6	4	0
Carduus crispus (Krause Distel)	II	7	6	X	6	7	9	0
Cirsium vulgare (Lanzett-Kratzdistel)	II	8	5	3	5	7	8	0
Glechoma hederacea (Gundermann)	II	6	6	3	6	X	7	0
Silene dioica (Rote Lichtnelke)	II	X	X	4	6	7	8	0
Leucojum vernum (Märzbecher)	II	6	5	4	6	7	8	0
Lapsana communis (Rainkohl)	I	5	6	3	5	X	7	0
Cardamine pratensis (Wiesen-Schaumkraut)	I	4	X	X	6	X	X	0
Taraxacum officinale (Gemeiner Löwenzahn)	I	7	X	X	5	X	8	1p)
Sambucus nigra (Schwarzer Holunder)	I	7	5	3	5	X	9	0

Anhang 10: Zeigerwerte für die Arten der zweiten Vegetationsaufnahme

	SK	L	T	K	F	R	N	S
Stachys sylvatica (Wald-Ziest)	V	4	X	3	7	7	7	0
Acer pseudoplatanus (Bergahorn)	V	(4)	X	4	6	X	7	0
Acer platanoides (Spitzahorn)	V	(4)	6	4	X	X	X	0
Milium effusum (Wald-Flattergras)	V	4	X	3	5	5	5	0
Pulmonaria officinalis (Echtes Lungenkraut)	V	5	6	5	5	8	6	0
Lamium galeobdolon (Goldnessel)	V	3	5	4	5	7	5	0
Geum urbanum (Echte Nelkenwurz)	V	4	5	5	5	X	7	0
Sambucus nigra (Schwarzer Holunder)	V	7	5	3	5	X	9	0
Aegopodium podagraria (Giersch)	IV	5	5	3	6	7	8	0
Stellaria holostea (Echte Sternmiere)	IV	5	6	3	5	6	5	0
Lamium maculatum (Gefleckte Taubnessel)	IV	5	X	4	6	7	8	0
Impatiens parviflora (Kleinblütiges Springkraut)	IV	4	6	5	5	X	6	0
Dactylis polygama (Wald-Knäuelgras)	IV	5	6	4	5	6	5	0
Fraxinus excelsior (Esche)	IV	(4)	5	3	X	7	7	0
Viola reichenbachiana (Wald-Veilchen)	III	4	X	4	5	7	6	0
Alliaria petiolata (Knoblauchsrauke)	III	5	6	3	5	7	9	0
Circaea lutetiana (Gewöhnliches Hexenkraut)	III	4	5	3	6	7	7	0
Urtica dioica (Große Brennnessel)	III	X	X	X	6	7	9	0
Carpinus betulus (Hainbuche)	III	(4)	6	4	X	X	X	0
Glechoma hederacea (Gundermann)	III	6	6	3	6	X	7	0
Rumex crispus (Krauser Ampfer)	III	7	5	3	7~	X	6	0
Rubus caesius (Kratzbeere)	III	6	5	4	X	8	7	0
Carduus crispus (Krause Distel)	III	7	6	X	6	7	9	0
Acer campestre (Feldahorn)	III	(5)	6	4	5	7	6	0
Hypericum perforatum (Johanniskraut)	II	7	6	5	4	6	4	0
Anthriscus sylvestris (Wiesen-Kerbel)	II	7	X	5	5	X	8	0
Brachypodium sylvaticum (Wald-Zwenke)	II	3	5	3	5	6	6	0
Taraxacum officinale (Gemeiner Löwenzahn)	II	7	X	X	5	X	8	1p)
Stellaria nemorum (Wald-Sternmiere)	II	4	X	4	7	5	7	0
Cirsium vulgare (Lanzett-Kratzdistel)	II	8	5	3	5	7	8	0
Lathyrus vernus (Frühlings-Platterbse)	II	4	6	4	5	8	4	0
Euonymus europaea (Pfaffenhütchen)	I	6	5	3	5	8	5	0
Ulmus minor (Feldulme)	I	(5)	7	5	X	8	X	0
Lapsana communis (Rainkohl)	I	5	6	3	5	X	7	0
Arum maculatum (Gefleckter Aronstab)	I	3	6	2	7	7	8	0
Hedera helix (Efeu)	I	(4)	5	2	5	X	X	0
Stellaria media (Vogelmiere)	I	6	X	X	X	7	8	0
Silene dioica (Rote Lichtnelke)	I	X	X	4	6	7	8	0
Quercus robur (Stieleiche)	I	(7)	6	6	X	X	X	0
Cardamine pratensis (Wiesen-Schaumkraut)	I	4	X	X	6	X	X	0
Tilia cordata (Winter-Linde)	I	(5)	5	4	5	X	5	0
Plantago major (Breitwegerich)	I	8	X	X	5	X	6	0

Anhang 11: Häufigkeitsverteilung der Zweigerwerte L, T, K, F, R und N für die erste und zweite Vegetationskartierung