

Auswirkungen des Klimawandels auf bewirtschafteten Grünländern

Bachelorarbeit

Angefertigt an der Hochschule Anhalt (Standort Bernburg)
Fachbereich 1 (Landwirtschaft, Ökotoxikologie und Landschaftsentwicklung)

Zur Erlangung des Akademischen Grades
Bachelor of Science (Naturschutz und Landschaftsplanung)
(B.Sc. Naturschutz und Landschaftsplanung 180 Leistungspunkte)

Vorgelegt von

Christoph Augustin

Geboren am 26.10.1985 in Stendal

Eingereicht am:

11.10.2016

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|-----------------------|--|
| I | Abbildungsverzeichnis | |
| II | Diagrammverzeichnis | |
| III | Tabellenverzeichnis | |

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Einleitung | 1 |
| 2. | Methodik, Materialien, grundlegende Voraussetzungen..... | 2 |
| 2.1 | Die Global Change Experimental Facility (GCEF)..... | 2 |
| 2.2 | Standortspezifische Einordnung der GCEF zum Klima und Boden..... | 4 |
| 2.3 | Aufbau der Subplots..... | 5 |
| 2.4 | Vegetationsaufnahmen | 7 |
| 2.5 | Biomasse-Ernte, Trocknung und Wiegen der Biomasse..... | 7 |
| 2.6 | Statistische Auswertung..... | 8 |
| 3. | Auswertung..... | 9 |
| 3.1 | Auswertung der gefundenen Arten..... | 9 |
| 3.2 | Auswertung für die Bestimmung der Vegetationsgesellschaft..... | 16 |
| 3.3 | Auswertung der Deckung der Arten..... | 17 |
| 3.4 | Auswertung der Biomasse..... | 22 |
| 4. | Diskussion..... | 26 |
| 5. | Zusammenfassung..... | 28 |
| 6. | Anhang..... | 29 |
| 7. | Literaturverzeichnis..... | 36 |

I Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|---|
| Abbildung 1: Aufbau der GCEF in Bad Lauchstädt (M. Schädler – unveröffentlicht)..... | 3 |
| Abbildung 2: Bodenprofil der GCEF in Bad Lauchstädt - Quelle: www.ufz.de | 4 |
| Abbildung 3: Schematischer Aufbau der Subplots (M. Schädler unveröffentlicht)..... | 5 |

II Diagrammverzeichnis

| | |
|--|----|
| Diagramm 1: Temperaturanstieg der Tagesdurchschnittstemperatur in den verschiedenen Höhen über dem Boden auf den Extensivgrünland (Mahd) der Klimaveränderten Plots verglichen mit den Kontrollplots (M. Schädler – unveröffentlicht)..... | 3 |
| Diagramm 2: Niederschlagsdiagramm mit Jahresdurchschnittstemperatur für Bad Lauchstädt (Sachsen Anhalt) (Mittel der Jahre 1896-2004)..... | 4 |
| Diagramm 3: Vergleich der gesamten gefundenen Arten aus dem Jahr 2015 mit dem Jahr 2016 der Extensivwiesen und -weiden der GCEF | 9 |
| Diagramm 4: Anzahl der Arten für die funktionellen Gruppen der Extensivwiesen und -weiden auf der GCEF 2016..... | 10 |
| Diagramm 5: Anzahl der Arten für die funktionellen Gruppen der Klimavarianten der GCEF 2016 | 10 |
| Diagramm 6: Artenzahlen für die Extensivgrünländer der Klimavariationen auf der GCEF 2016...11 | 11 |
| Diagramm 7: Artenzahlen der funktionellen Gruppen der Landnutzungsvarianten in Bezug zur Klimavariation auf den Extensivgrünflächen der GCEF 2016..... | 12 |
| Diagramm 8: Streuung der Artenfunde im Vergleich von 2015 mit 2016 | 13 |
| Diagramm 9: Streuung der Artenfunde für die Klimavarianten im Vergleich von 2015 mit 2016 ...13 | 13 |
| Diagramm 10: Streuung der Artenfunde für die Landnutzungsvarianten im Vergleich von 2015 mit 2016 | 13 |
| Diagramm 11: Streuung der Anzahl der Arten für die Landnutzung der Klimavarianten der verschiedenen Extensivgrünländer der GCEF 2015 & 2016 im Vergleich | 14 |
| Diagramm 12: Durchschnittliche Deckung der Pflanzen auf den extensiven Grünflächen der GCEF 2015 & 2016 im Vergleich..... | 17 |
| Diagramm 13: Durchschnittliche Deckung der Grünländer aufgeteilt auf die Klimavarianten 2016 an der GCEF..... | 18 |
| Diagramm 14: Durchschnittliche Deckung der Landnutzungsvarianten 2016 der GCEF..... | 18 |
| Diagramm 15: Deckungen auf den extensiven Grünflächen der GCEF..... | 20 |
| Diagramm 16: Anteile der Biomasse im Vergleich 2015 & 2016..... | 23 |
| Diagramm 17: Mittelwerte und ihre Standardfehler für die Biomasse der Leguminosen der Landnutzungsvarianten..... | 25 |

III Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Arten der Aussaat für die Landnutzungsvarianten extensiv Wiese und extensiv Weide mit Zeitpunkt der Aussaat. | 6 |
| Tabelle 2: ANOVA der Artenzahlen mit F-Wert und p-Wert der extensiven Grünländer der GCEF 2016..... | 14 |
| Tabelle 3: Mittlere Anzahl der Arten und ihre Standardfehler für die Klimavarianten, Landnutzungsvarianten und für Interaktionen von Klima und Landnutzung der extensiven Grünländern der GCEF 2016..... | 15 |
| Tabelle 4: ANOVA der Deckungen der extensiv Grünländer der GCEF..... | 20 |
| Tabelle 5: Kleinstquadrate und ihre Standardfehler für die Deckungen der extensiven Grünflächen der GCEF..... | 21 |
| Tabelle 6: ANOVA-Tabelle für die Biomasse | 24 |
| Tabelle 7: Mittelwerte der Biomassen und ihre Standardfehler | 24 |

1. Einleitung

Der Klimawandel ist ein allgegenwärtiges Thema. Er ist Bestandteil der Wirtschaft und der Politik und hat nahezu in allen gesellschaftlichen Belangen Einfluss gefunden. Die Auswirkungen haben weitreichende Folgen, und stellen für die Gesellschaft eine große Herausforderung dar. Einer der sensibelsten Bereiche ist die Landwirtschaft, denn sämtliche Schwankungen des Wetters und Veränderungen des Klimas sind unmittelbar spürbar in Erträgen und Verlusten (Zebisch et al., 2005).

Die GCEF (Global Change Experimental Facility) des Helmholtz Institutes beschäftigt sich mit den Fragen wie sich die Folgen des Klimawandels auf die Ökosystemprozesse in verschiedenen Landnutzungsformen auswirken. Die GCEF selbst ist ein lang angelegtes Forschungsprojekt, mit einem Feldexperiment welches sich in Bad Lauchstädt in der Nähe von Halle an der Saale befindet. Forschungsinhalte der GCEF sind der Einfluss des Klimawandels auf diese Landnutzungssysteme und die damit verbundenen Effekte auf die Struktur von Artengemeinschaften und Bodenfunktionen, insbesondere der Nahrungsnetze, der Arteninteraktionen und den Nährstoffkreisläufen, sowie Effekte auf die genetische Diversität und mikroevolutive Prozesse.

Diese Arbeit befasst sich mit den Auswirkungen auf die Landnutzungsformen der extensiven Wiese- und Weideversuchsflächen der GCEF. Untersucht werden hierbei die Auswirkungen einer Klimamanipulation, welche im Zeitraum 2040 bis 2071 erwartet wird (Regionaler Klimaatlas Deutschland, Stand 2013). Dabei werden die Biodiversität der Pflanzen, die Deckungsgrade der Pflanzen und die Biomasseproduktion der Pflanzen genau analysiert und entsprechend bewertet. Es stehen folgende Fragestellungen im Mittelpunkt:

1. Wie wirkt sich die simultane Manipulation von Niederschlag und Temperatur auf die Biomasseproduktion, den Deckungsgrad und die Diversität der Pflanzenarten der Extensivgrünländer aus?
2. Wie wirkt sich die simultane Manipulation von Niederschlag und Temperatur auf die Biomasse, den Deckungsgrad und den Artenreichtum der funktionellen Gruppen der Gräser, der Kräuter und der Leguminosen aus?
3. Wie haben sich Artenzusammensetzungen, Deckungsgrad und Biomasseproduktion gegenüber dem Vorjahr 2015 geändert ?

2. Methodik, Materialien, grundlegende Voraussetzungen

2.1 Die Global Change Experimental Facility (GCEF)

Die Global Change Facility (GCEF) ist ein Teil der Versuchseinrichtungen des Umweltforschungszentrum (UFZ) des Helmholtz-Institutes für Umweltforschung der Stadt Halle (Saale) welche sich in Bad Lauchstädt befindet. Die Anlage wurde im Jahr 2013 in Betrieb genommen. Die Anlage selbst ist im Split-Plot Design entworfen worden. Das heißt es gibt insgesamt 10 Blöcke, welche als Mainplot gelten, von denen jeweils fünf klimamanipuliert werden und fünf dem derzeitigen Klima ausgesetzt sind. Jeder Block hat eine etwa 5 Meter hohe Stahlkonstruktion die aufgebaut ist wie ein Gewächshaus. Das jeder Block dieses Stahlgerüst bekommen hat liegt daran das die Konstruktion selbst schon mikroklimatische Veränderungen hervorrufen kann und man sicher gehen will das für alle Versuchsflächen die gleichen Grundvoraussetzungen herrschen. Innerhalb der Stahlkonstruktion befinden sich jeweils fünf 16 Meter mal 24 Meter große Versuchspazellen. Diese Versuchspazellen sind die sogenannten Subplots auf denen die jeweiligen Landnutzungsarten randomisiert verteilt wurden (Vergleich Abbildung 1). Die Klimamanipulation wird über ausfahrbare Dächer und Wände realisiert, welche aus lichtdurchlässigen und wetterfesten Folien bestehen. Damit lässt sich die Temperatur über Nacht innerhalb der Mainplots halten, und überschüssiger Regen kann von der Fläche abgehalten werden. Da aber auch davon auszugehen ist das sich die Niederschlagsmenge mehr in die Wintermonate verlagern wird, hat man zusätzlich zur ein Beregnungssystem eingerichtet. Damit lässt sich das Regenwasser, das davon abgehalten wird auf die Fläche zu regnen um es anschließend in einer Zisterne zu sammeln, wieder zu anderen Zeitpunkten verregnen. Um diese komplexen Vorgänge zu regulieren wurden auf jedem der klimamanipulierten Mainplots Wetterstationen eingerichtet, welche die Wetterdaten des aktuellen Klimas an eine Rechenzentrale innerhalb der Versuchsanstalt leiten, damit diese für die Vorhersage 2040 bis 2071 (Regionaler Klimaatlas Deutschland, Stand 2013) entsprechend die Klimamanipulation steuern kann. Die Manipulation erfolgt so das die Dächer und Wände in der Nacht der Sommermonate geschlossen werden und in den Wintermonaten offen bleiben (Vergleich Abbildung 2). Die Subplots mit ihren Landnutzungsvarianten wurden zwischen Herbst 2014 und Frühjahr 2015 eingerichtet, nachdem im Jahr 2013 auf allen Flächen einheitlich Hafer angebaut wurde.

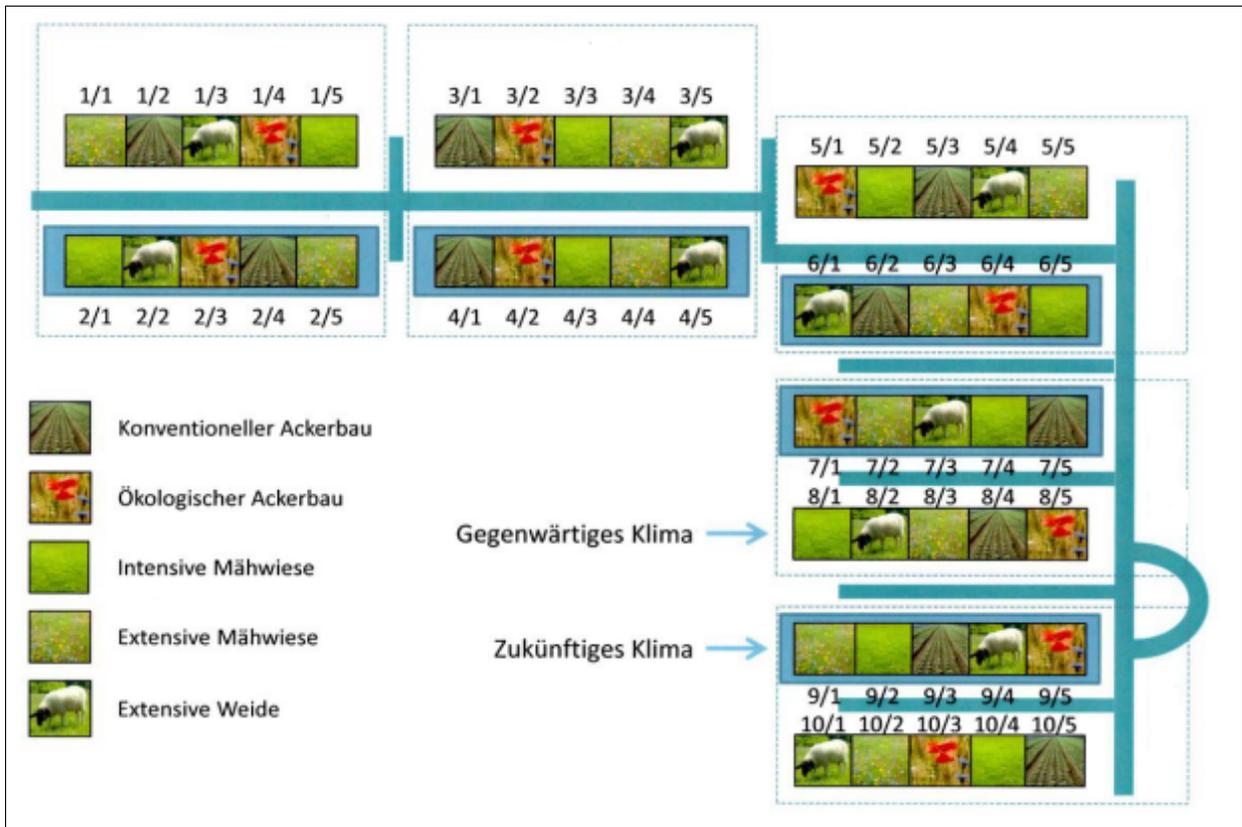


Abbildung 1: Aufbau der GCEF in Bad Lauchstädt (M. Schädler – unveröffentlicht)

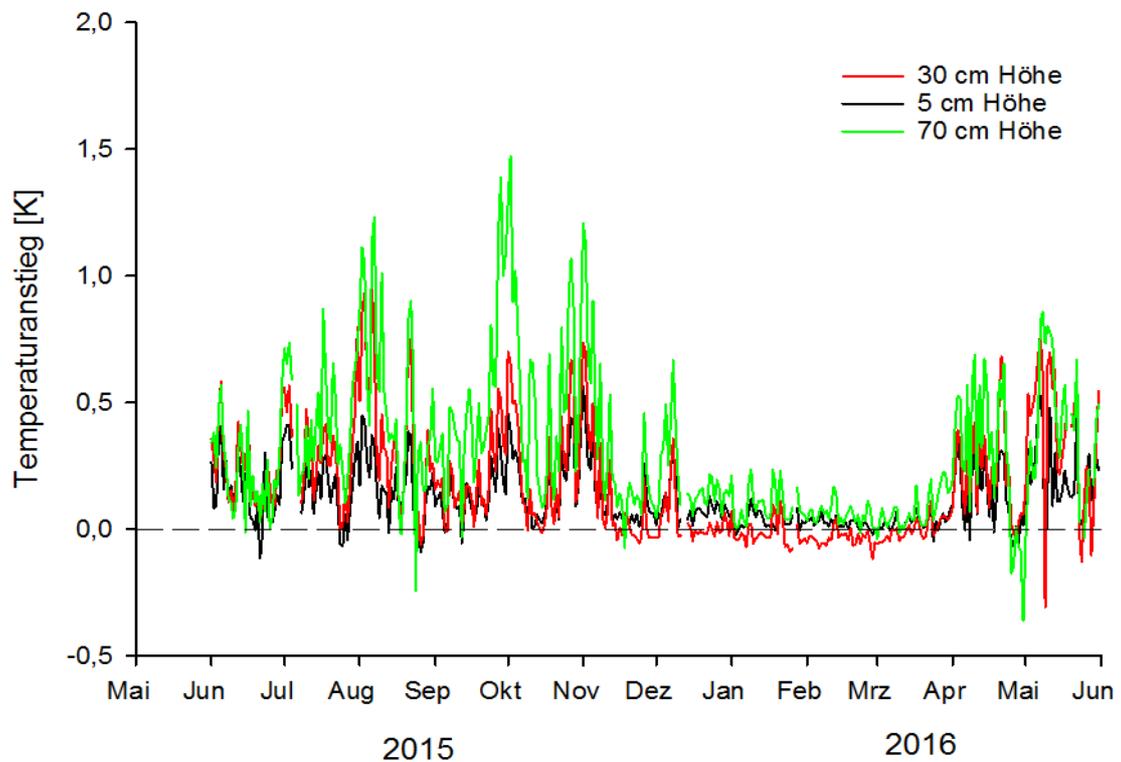


Diagramm 1: Temperaturanstieg der Tagesdurchschnittstemperatur in den verschiedenen Höhen über dem Boden auf dem Extensivgrünland (Mahd) der Klimaveränderten Plots verglichen mit den Kontrollplots (M. Schädler – unveröffentlicht)

2.2 Standortspezifische Einordnung der GCEF zum Klima und Boden

Die Versuchsanlage der GCEF befindet sich in Bad Lauchstädt in Sachsen Anhalt und liegt am Rande der Querfurter Platte. Das Gebiet selbst ist von Schwarzerde geprägt, durch einem dem Harz vorgelagerten Lößgürtel. Als typischer Vertreter des Mitteldeutschen Trockengebietes weist es eine mittlere Jahrestemperatur von 8,7 °C und eine mittlere Jahresniederschlagssumme von 484 mm auf (Vergleich Diagramm 2 und Abbildung 2).

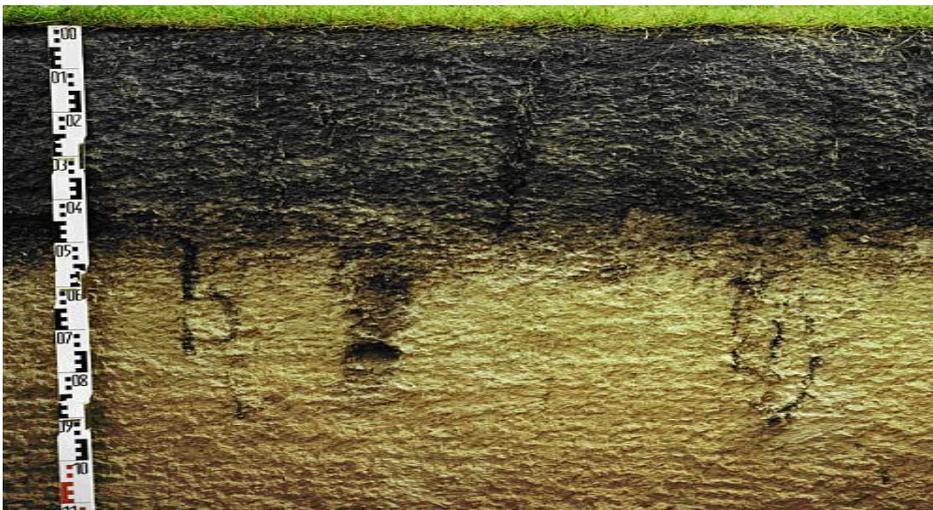
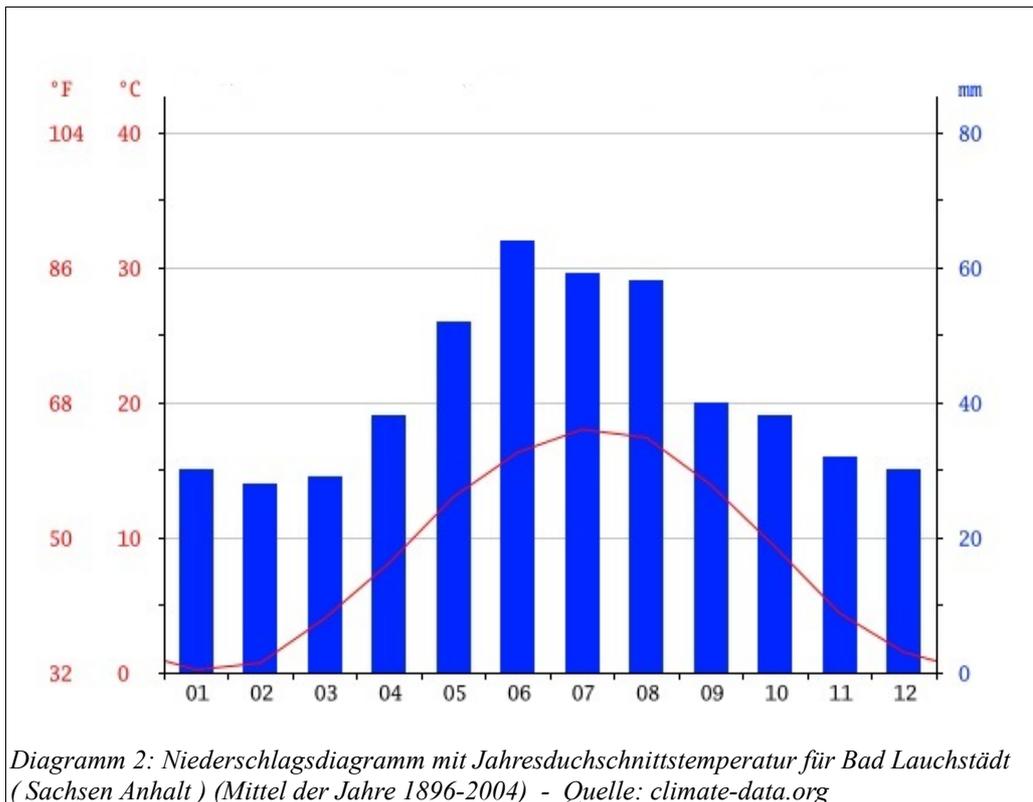


Abbildung 2: Bodenprofil der GCEF in Bad Lauchstädt - Quelle: www.ufz.de

2.3 Aufbau der Subplots

Alle Subplots sind 16 Meter mal 24 Meter groß, befinden sich unterhalb der Stahlkonstruktion und sind alle nördlich ausgerichtet. Die Probefläche selbst ist allerdings nur 12 Meter mal 15 Meter groß in befinden sich zentral im Subplot, mit dem Hintergrund das so mögliche Randeffekte minimiert werden sollen. Innerhalb der Probefläche wurde eine 9 Meter mal 3 Meter große Fläche ausgewiesen, in der sich zentral eine 3 Meter mal 3 Meter große Fläche für die Vegetationsaufnahmen und für die Entnahme von Biomasseproben befindet (Vergleich Abbildung 3).

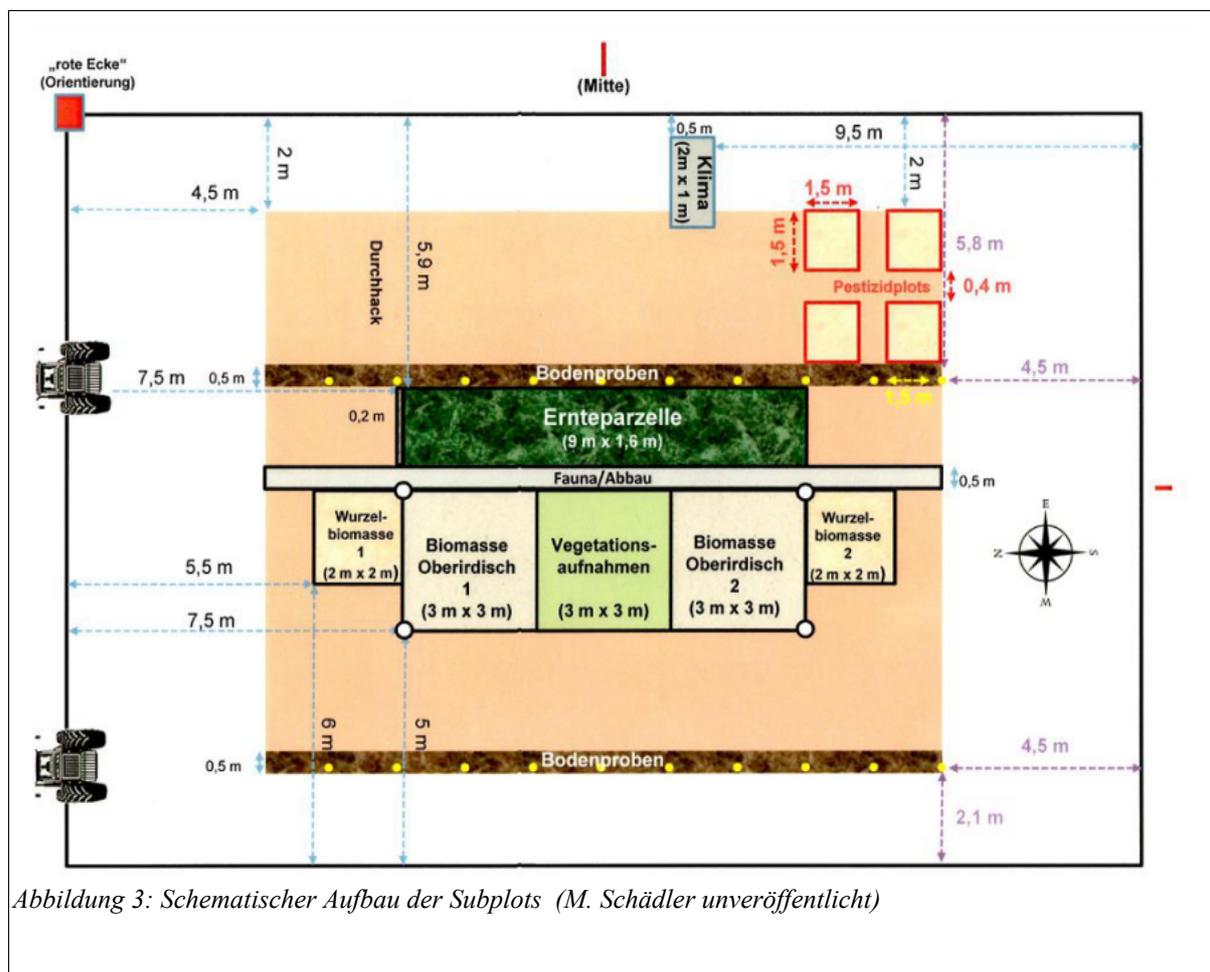


Abbildung 3: Schematischer Aufbau der Subplots (M. Schädler unveröffentlicht)

Auf den Landnutzungsvarianten extensiv Wiese und extensiv Weide wurde schon im Frühjahr und Herbst 2014 eine Saatgutmischung aus regionaler Herkunft gesät (Vergleich Tabelle 1). Diese Saatmischung setzt sich aus 14 Grasarten, 10 Leguminosen und 32 nicht stickstofffixierenden Kräutern zusammen. Seit 2015 werden die Extensiv Wiesen zwei mal jährlich gemäht. Im selben Jahr wurden auch, zumindest im Frühjahr, die extensiv Weiden gemäht, und dann Ende August 2015 das erste mal mit Schafen beweidet.

Tabelle 1: Arten der Aussaat für die Landnutzungsvarianten extensiv Wiese und extensiv Weide mit Zeitpunkt der Aussaat. Das Saatgut stammt von der Firma "Matthias Stolle" und wurde aus Wildpopulationen zusammengestellt.

| Art | Aussaat | Art | Aussaat |
|----------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|
| <i>Anthoxanthum odoratum</i> | März 2014 | <i>Centaurea jacea</i> | März 2014 |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> | März 2014 | <i>Crepis biennis</i> | März 2014 |
| <i>Brachypodium pinnatum</i> | März 2014 | <i>Daucus carota</i> | März 2014 |
| <i>Bromus erectus</i> | März 2014 | <i>Dianthus carthusianorum</i> | März 2014 |
| <i>Bromus hordeaceus</i> | März 2014 | <i>Falcaria vulgaris</i> | März 2014 |
| <i>Cynosurus cristatus</i> | März 2014 | <i>Filipendula vulgaris</i> | März 2014 |
| <i>Dactylis glomerata</i> | März 2014 | <i>Galium album</i> | März 2014 |
| <i>Festuca pratensis</i> | März 2014 | <i>Galium verum</i> | März 2014 |
| <i>Festuca rubra</i> | März 2014 | <i>Geranium pratense</i> | März 2014 |
| <i>Festuca rupicola</i> | März 2014 | <i>Heracleum sphondylium</i> | September 2014 |
| <i>Helictrotrichon pratensis</i> | März 2014 | <i>Hypochaeris radicata</i> | September 2014 |
| <i>Phleum pratense</i> | September 2014 | <i>Knautia arvensis</i> | März 2014 |
| <i>Poa angustifolia</i> | März 2014 | <i>Leontodon autumnalis</i> | September 2014 |
| <i>Trisetum flavescens</i> | März 2014 | <i>Leucanthemum vulgare</i> | März 2014 |
| <i>Lathyrus pratensis</i> | September 2014 | <i>Linaria vulgaris</i> | März 2014 |
| <i>Lotus corniculatus</i> | März 2014 | <i>Lychnis flos-cuculi</i> | März 2014 |
| <i>Medicago falcata</i> | März 2014 | <i>Pastinaca sativa</i> | März 2014 |
| <i>Medicago lupulina</i> | September 2014 | <i>Pimpinella saxifraga</i> | März 2014 |
| <i>Securigera varia</i> | März 2014 | <i>Plantago lanceolata</i> | März 2014 |
| <i>Trifolium campestre</i> | September 2014 | <i>Plantago media</i> | März 2014 |
| <i>Trifolium pratense</i> | März 2014 | <i>Prunella vulgaris</i> | März 2014 |
| <i>Trifolium repens</i> | März 2014 | <i>Ranunculus acris</i> | März 2014 |
| <i>Vicia cracca</i> | März 2014 | <i>Salvia pratensis</i> | März 2014 |
| <i>Vicia sepium</i> | September 2014 | <i>Scabiosa ochroleuca</i> | März 2014 |
| <i>Achillea millefolium</i> | März 2014 | <i>Silene latifolia</i> | März 2014 |
| <i>Agrimonia eupatoria</i> | März 2014 | <i>Stachys recta</i> | März 2014 |
| <i>Allium vineale</i> | März 2014 | <i>Tragopogon pratensis</i> | März 2014 |
| <i>Campanula rapunculoides</i> | März 2014 | <i>Veronica chamaedrys</i> | September 2014 |

2.4 Vegetationsaufnahmen

Die Vegetationsaufnahmen erfolgten zwischen dem 10.5.2016 und dem 18.5.2016.

Durchgeführt wurden die Vegetationsaufnahmen zu Zweit. Zuerst wurden auf der Fläche für die Vegetationsaufnahmen alle zu findenden Arten bestimmt um danach alle Arten welche auf der Fläche zu finden waren in einer genauen Prozentangabe in ihrem Deckungsgrad zu schätzen. Das hier nicht wie üblich die Braun-Blanquet zur Abschätzung der Deckungsgrade genutzt wurde liegt daran das für die statistischen Auswertungen ganze Zahlen gebraucht werden. Bevor jedoch Arten bestimmt und in ihrem Deckungsgrad geschätzt wurden, wurde der Anteil des offenen Bodens innerhalb der Aufnahmefläche abgeschätzt. Die gefundenen Arten auf der 9m² großen Fläche entsprechen der Diversität des gesamten Subplots.

2.5 Biomasse-Ernte, Trocknung und Wiegen der Biomasse

Die Biomasse wurde am 30.5.2016 geerntet. Hierfür wurde mit Hilfe eines 20 cm breiten und 50 cm langen Ernterahmen vier mal eine zufällige Probe innerhalb der Flächen für die Vegetationsaufnahmen auf ca. 3cm über dem Boden mittels einer Gartenschere entnommen. Bei 20 zu untersuchenden Subplots kamen somit 80 Proben zusammen. Diese Proben wurden separat in Plastiktüten aufbewahrt in einer Kühlkammer frisch gehalten. Anschließend wurden am selben Tag der Ernte die Arten der einzelnen Proben bestimmt und Artweise in Crispack-Tüten oder Papier-Tüten gepackt. Die Papier-Tüten wurden für Arten mit sichtbar wenig Biomasse genommen, die Crispack-Tüten für Arten mit sichtbar viel Biomasse. Die Crispack-Tüten wurden zusätzlich jeweils mit zwei Heftklammern geschlossen. Diese Proben wurden dann in Trockenschränke für 48 Stunden bei 70°C getrocknet. Daraufhin wurden die Pflanzen aus den Papier-Tüten ohne Tüte gewogen und die Pflanzen aus den Crispack-Tüten zusammen mit der Tüte. Aufgrund der Masse an zu bestimmenden Pflanzen wurden für den Tag der Ernte relativ viele Personen beteiligt welche die einzelnen Proben bestimmten. Dies führte zu einigen Fehlerquellen. Zwar wurden so gut wie alle geernteten Pflanzen sicher bestimmt, jedoch blieb bei einigen Proben ein gewisser unbestimmter Rest übrig, welcher später in der Excel-Datenbank auch so mit aufgenommen wurde. Dieser Rest machte für alle Proben mit 6,93 g einen Anteil von 0,2% der gesamten lebend geernteten Biomasse aus. Für das Gewicht der Pflanzen welche sich in den Crispack-Tüten befanden wurde aus 6 Leeren Crispack-Tüten ein TARA-Gewicht ermittelt und später bei der Übertragung in die Excel-Datenbank abgezogen. Desweiteren gab es

einzelne Pflanzen bei denen kein Gewicht feststellbar war, obwohl eine Feinwaage mit einer Genauigkeit von 0,001g benutzt wurde. Dies betraf insgesamt 28 einzelne Pflanzen. Für diese Pflanzen wurde in der Excel-Datenbank der kleinste messbare Wert von 0,001 g angenommen und eingetragen. Bei der Auswaage der Biomasse ist noch zusätzlich aufgefallen das einige Pflanzen aus den Proben verschwunden waren. Dies betraf insgesamt jeweils eine Probe auf drei Subplots mit insgesamt 6 Arten. Um dieses Problem zu lösen wurde für die jeweilige Art der Mittelwert der Biomasse aus den drei anderen Proben für den jeweiligen Subplot ermittelt und dann in die Excel-Datenbank übertragen.

2.6 Statistische Auswertung

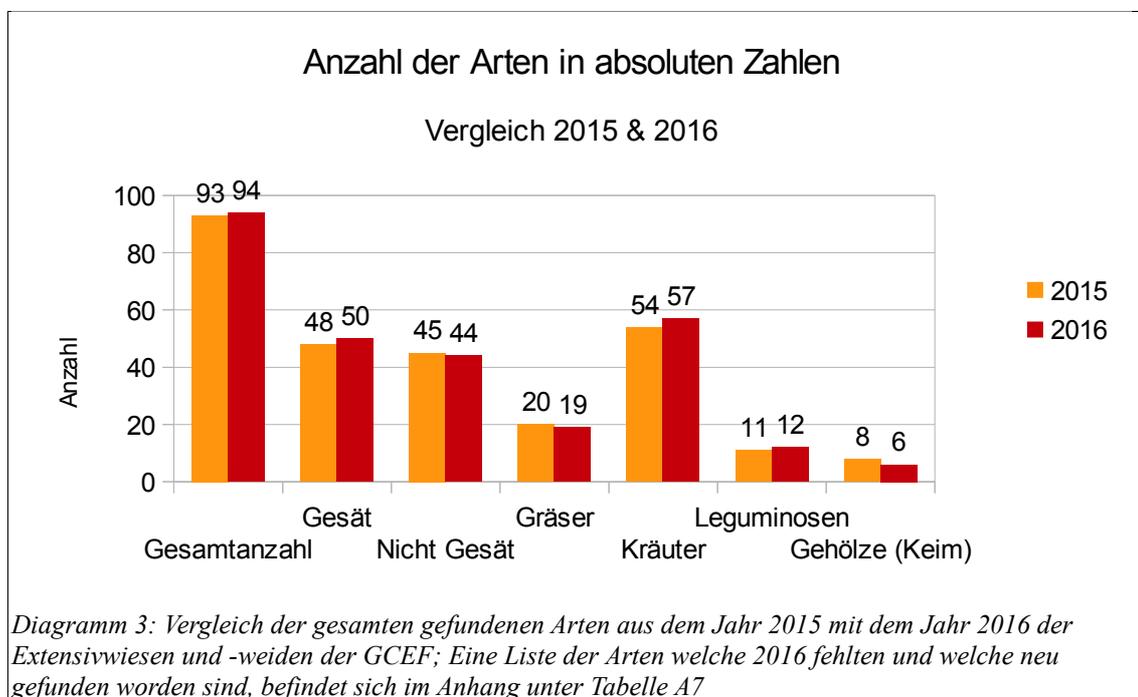
Die gewonnen wie Deckungsgrad und Biomasse wurden in einer jeweils separaten Excel-Tabelle festgehalten. Die statistische Auswertung wurde mit Excel (Microsoft Office 2003. Stand: 2003; Microsoft), zum Erstellen von den Diagrammen und Berechnungen von einfacheren Aufgaben, als auch mit SAS (Statistical Analysis System, Vers. 9.4; SAS Institute) für die statistischen Tests durchgeführt. Es wurden die Gesamtartenzahl, die Artenzahlen innerhalb der funktionellen Gruppen sowie der Artenreichtum der ausgesäten und der nicht ausgesäten Arten ausgewertet. Für den Deckungsgrad wurde jeweils die prozentuale Deckung der Gesamtvegetation, der funktionellen Gruppen und der ausgesäten bzw. nicht ausgesäten Arten errechnet. Bezüglich Biomasse wurden Statistiken zur Gesamtbiomasse lebend, Biomasse der funktionellen Gruppen, Biomasse der ausgesäten und nicht ausgesäten Arten sowie Biomasse der dominanten Arten ausgewertet.

Alle statistischen Analysen mit SAS erfolgten mit generalisierten linearen gemischten Modellen (PROC GLIMMIX). Dabei wurden die Klimavarianten, die Arten der Landnutzung und die Interaktion Klima und Landnutzung als feste Faktoren betrachtet, während der Mainplot einen zufälligen Effekt darstellte. Gemäß dem Splitplot-Design des Experiments wurde der Einfluss des Klimas gegen den Mainplot und die Landnutzung sowie die Interaktion Landnutzung und Klima gegen die Residuen als Fehlerterm getestet. Für die Auswertung der Artenzahlen wurde ein Modell mit Poisson-Verteilung und "log link function" benutzt, für die Deckungsgrade dagegen ein Modell mit binomialer Fehlerverteilung und "logit link function". Die Auswertung der Biomassedaten erfolgte dagegen mit einem Modell der Normalverteilung.

3. Auswertung

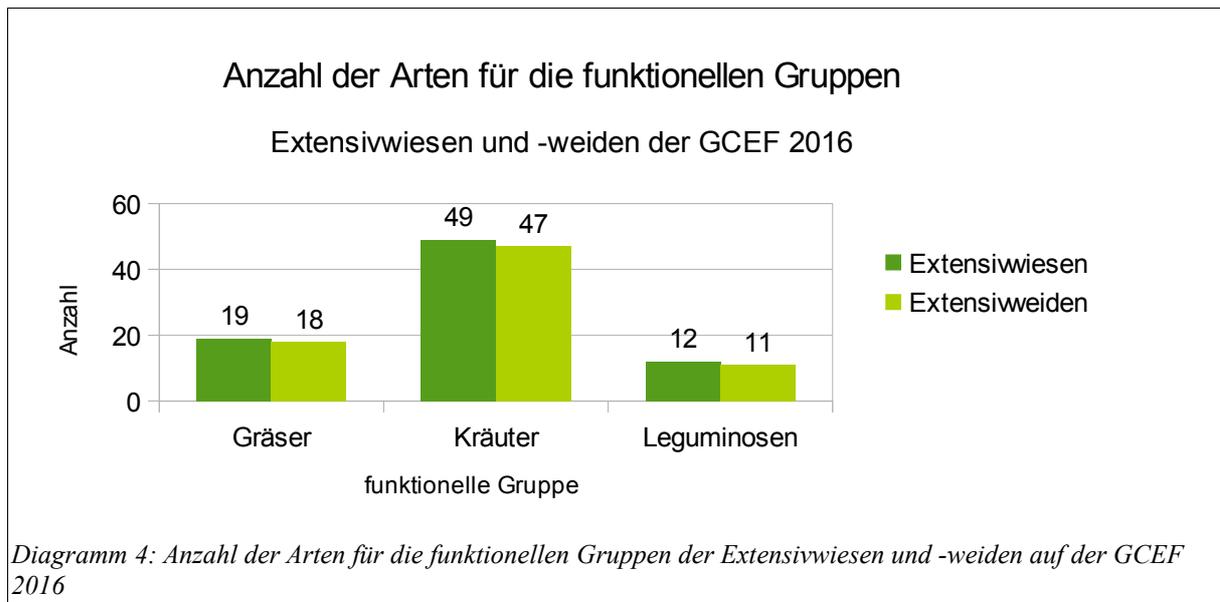
3.1 Auswertung der gefundenen Arten

Insgesamt wurden bei der Vegetationsaufnahme auf allen Probeflächen der Subplots 94 Arten gefunden (Vergleich Diagramm 3). Dabei stammen 53,2% der gefundenen Arten aus der Saatgutmischung. Der Anteil der Gräser lag mit 19 gefundenen Arten bei 20,2%, der Anteil der Kräuter mit 57 Arten bei 60,6% , die gefundenen Leguminosen mit 12 Arten bei 12,8%. Von den aufkommenden Gehölzen wurden mit 6,4% Anteil an den Gesamtarten noch 6 Arten gefunden. Zum Vergleich mit dem Jahr 2015 wurde somit insgesamt eine Art mehr gefunden, wobei sich der Anteil der gesäten Pflanzen um 2 gefundene Arten erhöhte und der der nicht gesäten Arten um eine Art verringerte. Für die funktionellen Gruppen ergab sich zum Vorjahr für die Gräser eine gefundene Art weniger, für die Kräuter 3 mehr gefundene Arten und für die Leguminosen wurde auch eine Art mehr gefundene (Vergleich Tabelle A1, Anhang). Bei den aufkommenden Gehölzen wurden im Vergleich zu 2015 zwei Arten weniger festgestellt. Die Ergebnisse der Unterschiede für 2016 in der Gesamtbetrachtung waren jedoch nicht signifikant auf das Klima bzw. der Landnutzung oder der Kombination aus beiden zurück zu führen (Vergleich Tabelle 2 und 3).

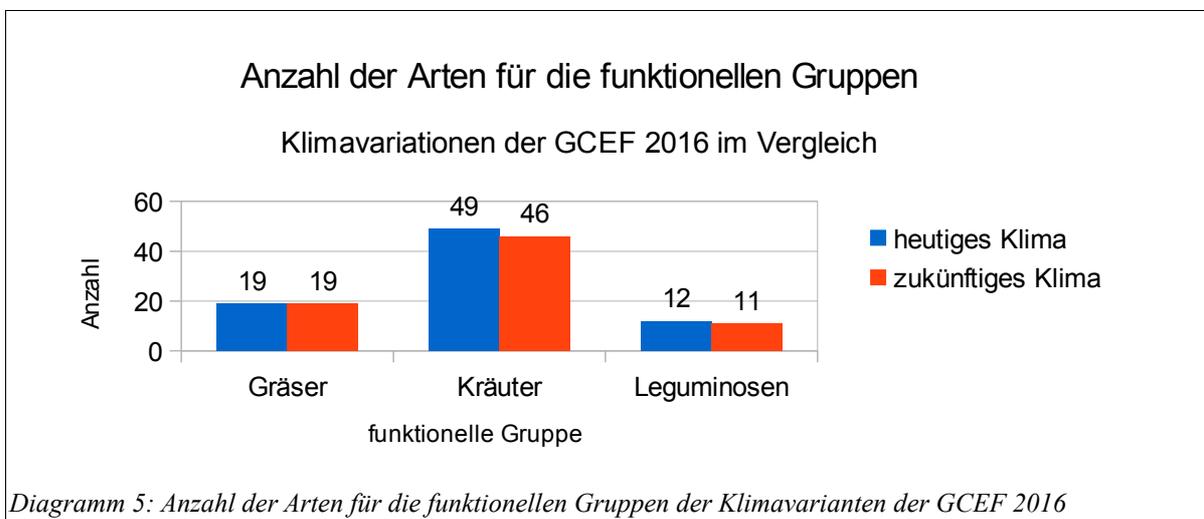


Die Anzahl der gefundenen Arten für die Extensivwiesen beider Klimavarianten 2016 war mit 86 Arten um 5 Arten reicher als die Extensivweiden. Von den gefundenen Arten waren 49 (57%)

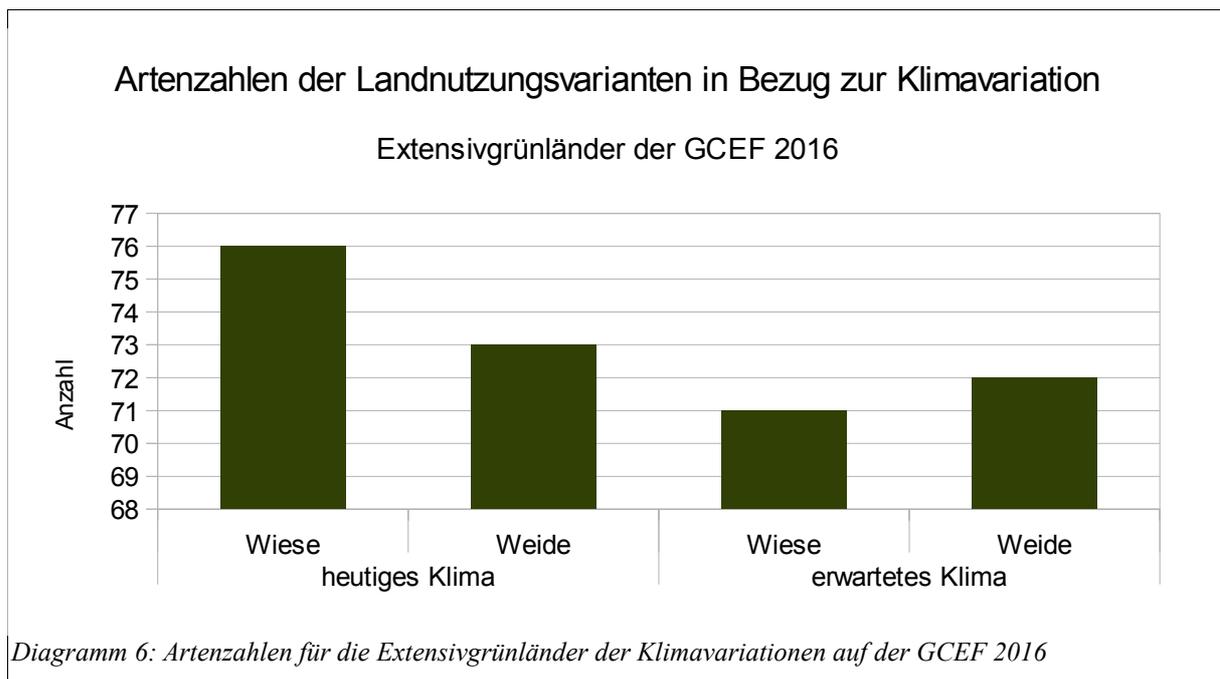
gesäte und 37 (43%) nicht gesäte auf den extensiven Wiesen zu finden, und 47 (58%) gesäte sowie 34 (42%) nicht gesäte auf den extensiven Weiden (Vergleich Tabelle A1, Anhang). Innerhalb der funktionellen Gruppen auf den Flächen der Wiesen von 2016 waren die Gräser und Leguminosen der Extensivwiesen um jeweils eine Art, und die Kräuter um 2 Arten reicher als die Extensivweiden (Vergleich Diagramm 4). Die Anzahl der gefundenen Gehölze war mit 5 Arten auf den extensiven Weiden um eine Art geringer als auf den extensiven Wiesen. Diese Ergebnisse waren jedoch nicht signifikant (Vergleich Tabelle 2 und 3).



In Hinblick auf die Klimavarianten ergab sich ein ähnliches Bild. Während auf den nicht klimamanipulierten Flächen 86 Arten zu finden waren, wurden auf den Flächen des zu erwarteten Klima nur 80 Arten gefunden. Dabei waren jeweils 3 Arten weniger innerhalb der gesäten sowie der nicht gesäten Arten zu finden (Vergleich Tabelle A1, Anhang). Gräser waren mit 19 Arten gleich vielfältig vertreten, Kräuter und Leguminosen hatten jeweils eine Art weniger auf den klimamanipulierten Flächen (Vergleich Diagramm 5).

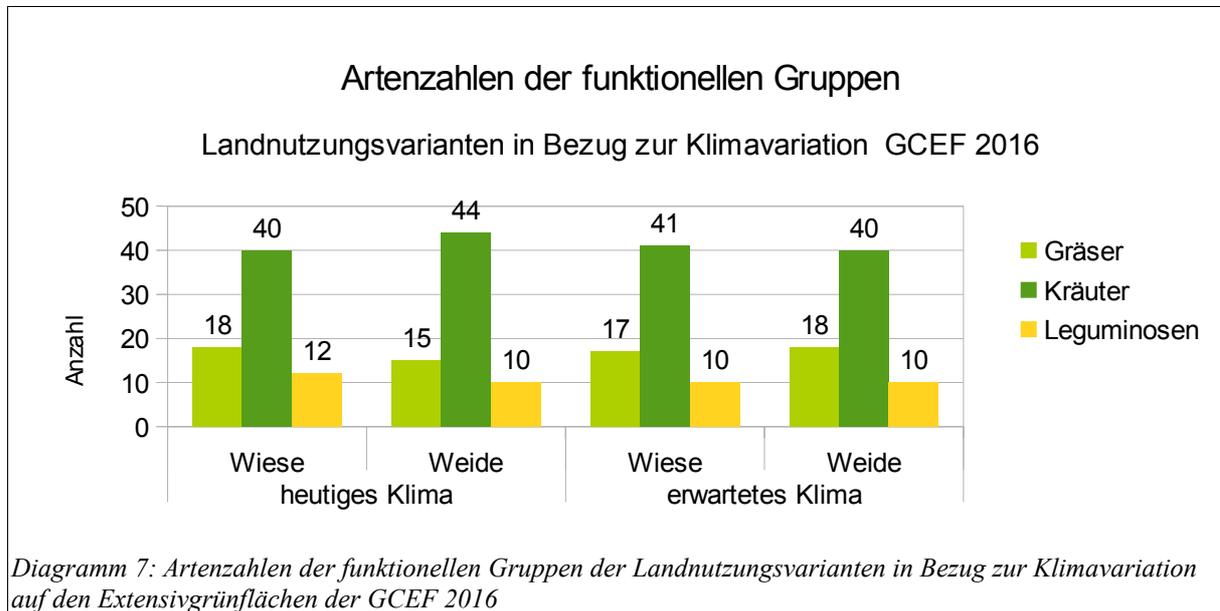


Auch diese Ergebnisse zu den Klimavarianten waren nicht signifikant (Vergleich Tabelle 2 und 3). Gehölze waren auf den Zukunftsklimavarianten um zwei Arten geringer.

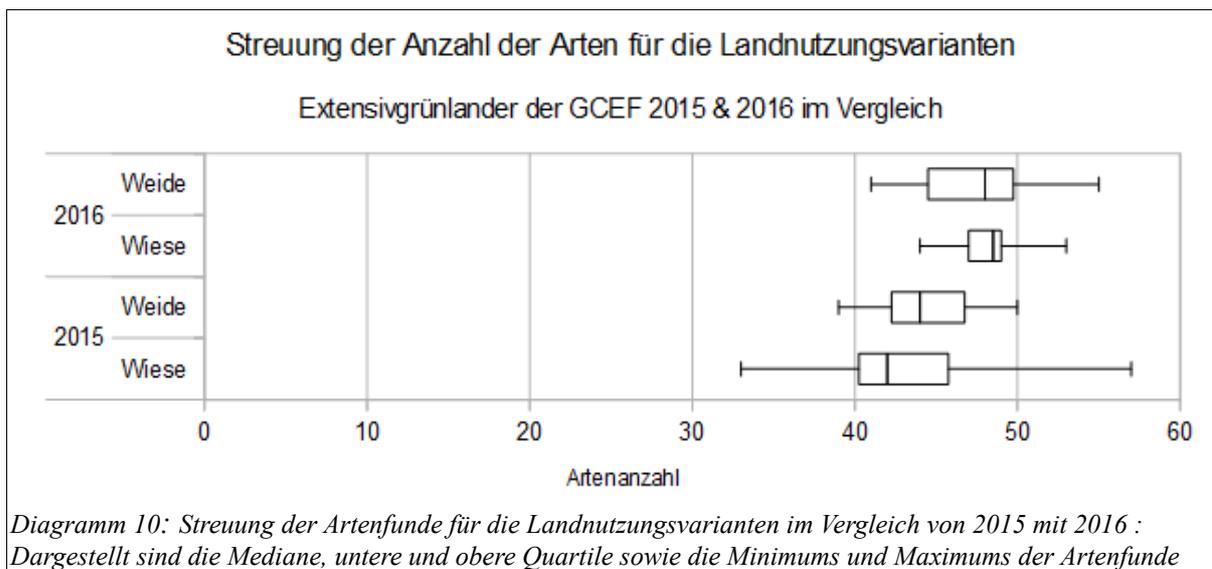
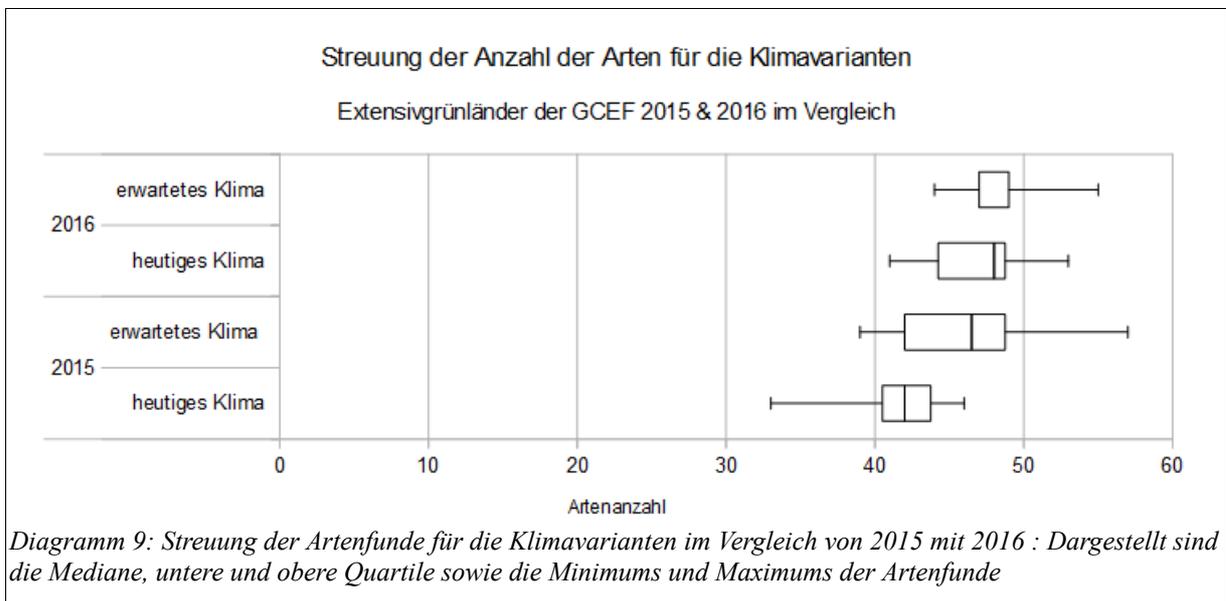
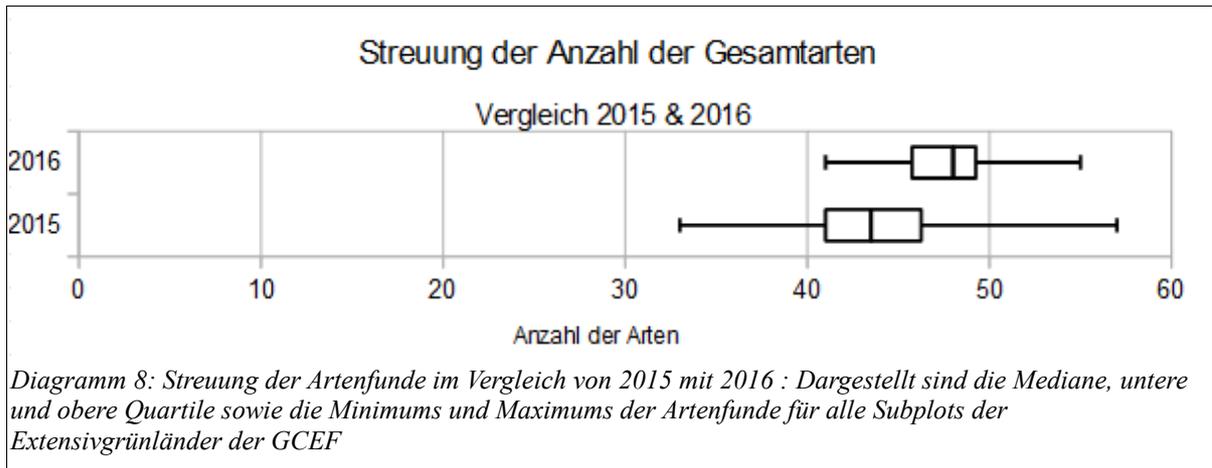


Betrachtet man die Landnutzungsvarianten mit Bezug zu den Klimavariationen, so sieht man das auf den Flächen des heutigen Klimas prinzipiell mehr Arten gefunden wurden als auf den Flächen des erwarteten Klimas (Vergleich Diagramm 6). Dabei hatten die extensiven Wiesen des heutigen Klimas 5 Arten, und die Flächen der extensiven Weiden eine Arte mehr als die jeweiligen Landnutzungen des erwarteten Klimas. Die Gräser und Kräuter variierten in ihren Artenzahlen etwas, wogegen die Leguminosen, bis auf der Weide des heutigen Klimas (12 Arten), mit 10 Arten konstant blieben (Vergleich Diagramm 7). Die Gehölze nahmen auf den Flächen der Wiese des zukünftigen Klimas um 50% (3 Arten) zu den Flächen der Wiesen des heutigen Klimas ab. Für die Weiden beider Klimavarianten blieb die Artenanzahl mit jeweils 4 gefundenen Arten gleich. Im Vergleich zum Vorjahr 2015 ergibt sich somit ein Anstieg von 8 Arten auf den extensiven Wiesen des heutigen Klimas, ein Artenrückgang auf den Flächen der extensiven Weiden des heutigen Klimas mit einer Art und ein Artenrückgang um eine Art auf den Wiesen des zukünftigen Klimas. Die Flächen der extensiven Weide des zu erwarteten Klimas bleiben mit 72 gefundenen Arten in Ihrer Artenvielfalt konstant. Dabei hat sich die Artenvielfalt der gesäten Pflanzen auf allen Flächen erhöht, und die der nicht gesäten Pflanzen verringert. Die Artenvielfalt der Gräser hat sich, bis auf die extensiven Wiesen des heutigen Klimas (eine Art weniger), erhöht. Bei den Kräutern hat sich die Vielfalt der extensiven Wiesen des heutigen Klimas für das Jahr 2016 um 3 Arten erhöht. Die Artenvielfalt der extensiven Weide des heutigen Klimas blieb konstant (Vergleich Tabelle A1, Anhang). Durchschnittlich wurden auf

allen Subplots der extensiven Grünländer 47.95 Arten gefunden (Vergleich Tabelle A2, Anhang). Im Minimum waren dies 41 Arten und im Maximum 55. Damit verringert sich die Spannweite der gefundenen Arten zum Vorjahr 2015 von 24 auf 14 (Vergleich Diagramm 8 und Tabelle A2, Anhang).



Ähnliches gilt auch für die Funde der Arten in Bezug auf die Klimavarianten. Die Spannweiten der Klimavariationen sind insgesamt alle geringer geworden als zum Vorjahr 2015, wobei sich die Funde der Arten durchschnittlich für beide Klimavarianten des Jahres 2016 erhöht hat (Vergleich Diagramm 9 und Tabelle A2, Anhang). Anders verhält sich dies bei den Landnutzungsvarianten. Hier hat sich bei den Weiden im heutigen Klima die Spannweite von 4 Arten auf 8 erhöht und auf den Weiden für das erwartete Klima ist die Spannweite von 11 Arten gleich geblieben (Vergleich Diagramm 10 und Tabelle A2, Anhang). Im Vergleich der Landnutzungen im Zusammenhang der Klimavariationen sind die Minimums der Artenvielfalt nicht unter 40 Arten je Subplot gefallen, womit für jeden Subplot mit Ausnahme der extensiven Weide des heutigen Klimas mehr Artenfunde vorkamen als 2015 (Vergleich Diagramm 11 und Tabelle A2, Anhang). Die Ergebnisse der Artenanzahlen für die Landnutzungen in Bezug zu den Klimavarianten waren jedoch nicht signifikant (Vergleich Tabelle 2 und 3).



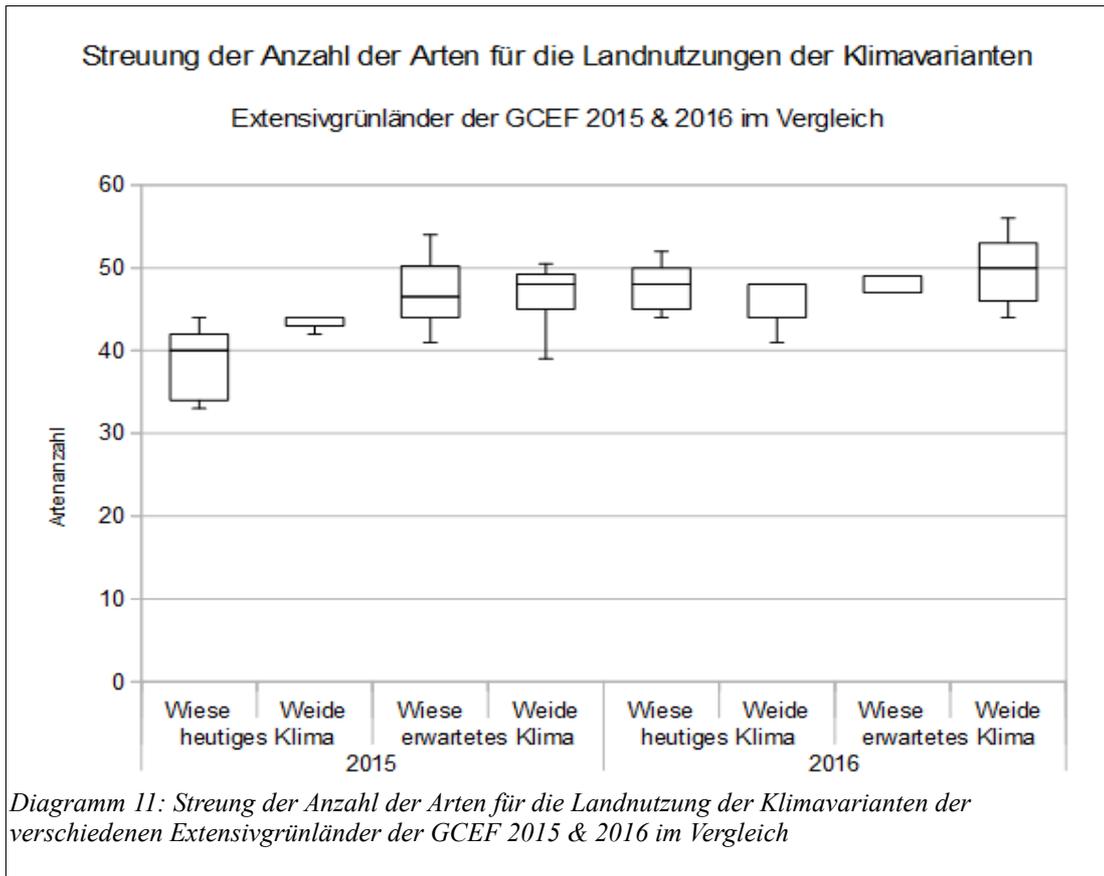


Tabelle 2: ANOVA der Artenzahlen mit F-Wert und p-Wert der extensiven Grünländer der GCEF 2016

| ANOVA – Arten Gesamt, gesät, nicht gesät | | | | | | | |
|--|------------------|--------|---------|--------|-------------|--------|------|
| Variation | Anzahl der Arten | | | | | | |
| | Gesamt | | gesät | | nicht gesät | | |
| | F-Wert | p-Wert | F-Wert | p-Wert | F-Wert | p-Wert | FG |
| Klima | 0,38 | 0,56 | 0 | 1 | 1,54 | 0,25 | 1 ;8 |
| Landnutzung | 0,01 | 0,92 | 0,09 | 0,77 | 0,07 | 0,79 | 1 ;8 |
| Klima X Landnutzung | 0,3 | 0,6 | 0,05 | 0,83 | 0,49 | 0,5 | 1 ;8 |
| ANOVA – Arten Funktionelle Gruppen | | | | | | | |
| Variation | Anzahl der Arten | | | | | | |
| | Gras | | Kräuter | | Leguminosen | | |
| | F-Wert | p-Wert | F-Wert | p-Wert | F-Wert | p-Wert | FG |
| Klima | 0,19 | 0,67 | 1,03 | 0,34 | 0,01 | 0,92 | 1 ;8 |
| Landnutzung | 0,33 | 0,58 | 0,12 | 0,74 | 0,19 | 0,67 | 1 ;8 |
| Klima X Landnutzung | 0,16 | 0,67 | 0,01 | 0,92 | 0,19 | 0,67 | 1 ;8 |

Tabelle 3: Mittlere Anzahl der Arten und ihre Standardfehler für die Klimavarianten, Landnutzungsvarianten und für Interaktionen von Klima und Landnutzung der extensiven Grünländern der GCEF 2016

| Mittlere Anzahl der Arten (Kleinstquadratmittel und Standardfehler) | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| Variation | Artenanzahl / 9m² | | | | | | | | | | | |
| | Gesamt | | Gräser | | Kräuter | | Leguminosen | | gesät | | nicht gesät | |
| | Mittelwert | Standardfehler | Mittelwert | Standardfehler | Mittelwert | Standardfehler | Mittelwert | Standardfehler | Mittelwert | Standardfehler | Mittelwert | Standardfehler |
| Klima | | | | | | | | | | | | |
| heutiges Klima | 46,99 | 2,17 | 12,17 | 1,11 | 26,9 | 1,64 | 6,48 | 0,81 | 36,49 | 1,91 | 10,5 | 1,03 |
| zukünftiges Klima | 48,9 | 2,21 | 11,5 | 1,07 | 29,3 | 1,71 | 6,6 | 0,81 | 36,5 | 1,91 | 12,37 | 1,11 |
| Landnutzung | | | | | | | | | | | | |
| extensiv Wiese | 47,77 | 2,19 | 11,4 | 1,07 | 28,48 | 1,69 | 6,29 | 0,79 | 36,1 | 1,9 | 11,6 | 1,08 |
| extensiv Weide | 48,1 | 2,19 | 12,28 | 1,11 | 27,67 | 1,66 | 6,79 | 0,83 | 39,9 | 1,92 | 11,2 | 1,06 |
| Klima X Landnutzung | | | | | | | | | | | | |
| heutiges Klima extensiv Wiese | 46 | 3,03 | 11,4 | 1,51 | 27,4 | 2,34 | 6 | 1,1 | 35,8 | 2,68 | 10,2 | 1,43 |
| heutiges Klima extensiv Weide | 48 | 3,1 | 13 | 1,61 | 26,4 | 2,3 | 7 | 1,18 | 37,2 | 2,73 | 10,8 | 1,47 |
| zukünftiges Klima extensiv Wiese | 49,6 | 3,15 | 11,4 | 1,51 | 29,6 | 2,43 | 6,6 | 1,15 | 36,4 | 2,7 | 13,2 | 1,63 |
| zukünftiges Klima extensiv Weide | 48,2 | 3,1 | 11,6 | 1,52 | 29 | 2,41 | 6,6 | 1,15 | 36,6 | 2,71 | 11,6 | 1,52 |

3.2 Auswertung für die Bestimmung der Vegetationsgesellschaft

Die Bestimmung der Vegetationsgesellschaft wurde mit dem Bestimmungsschlüssel Prodromus der Pflanzengesellschaften Sachsen-Anhalts (Schubert R., 2001) durchgeführt. Dabei wurden alle Vegetationsaufnahmen von den Subplots der Landnutzungsvarianten Extensivwiese und -weide berücksichtigt, mit dem gedanklichen Hintergrund die Gesamtfläche der GCEF als das zu bestimmende Grünland zu betrachten.

Die Klasse der Vegetationsgesellschaft wurde als *Molinio-Arrhenatheretea* bestimmt (Wirtschaftsgrünland). Hier wurden 8 von 10 Charakterisierenden Arten gefunden wobei 5 Arten zu den vorher ausgesäten zählen und 3 nicht ausgesäte Pflanzen waren. Alle klassenbestimmenden Charakterarten waren innerhalb der Landnutzungen sowie den Klimavarianten zu finden. Als Ordnung wurde *Arrhenatheretalia elatioris* bestimmt (Frischwiesen und -weiden). Dabei wurden 4 von 8 charakterisierende Arten gefunden welche auf allen Subplots vorkamen und zu denen für das Forschungsprojekt ausgesäten Arten gehörten. Der Verband innerhalb der GCEF konnte als *Arrhenatherion elatioris* (Planar-kolline Frischwiesen) bestimmt werden. Dabei wurden 2 von 4 Charakterarten gefunden, welche beide zu den ausgesäten Arten gehörten. Die erste Verbandscharakterart ist *Arrhenatherum elatius* und wurde auf allen Subplots gefunden, wogegen *Pastinaca sativa*, die zweite gefundene Charakterart, nur auf den Subplots der Wiese beider Klimavarianten vorkam.

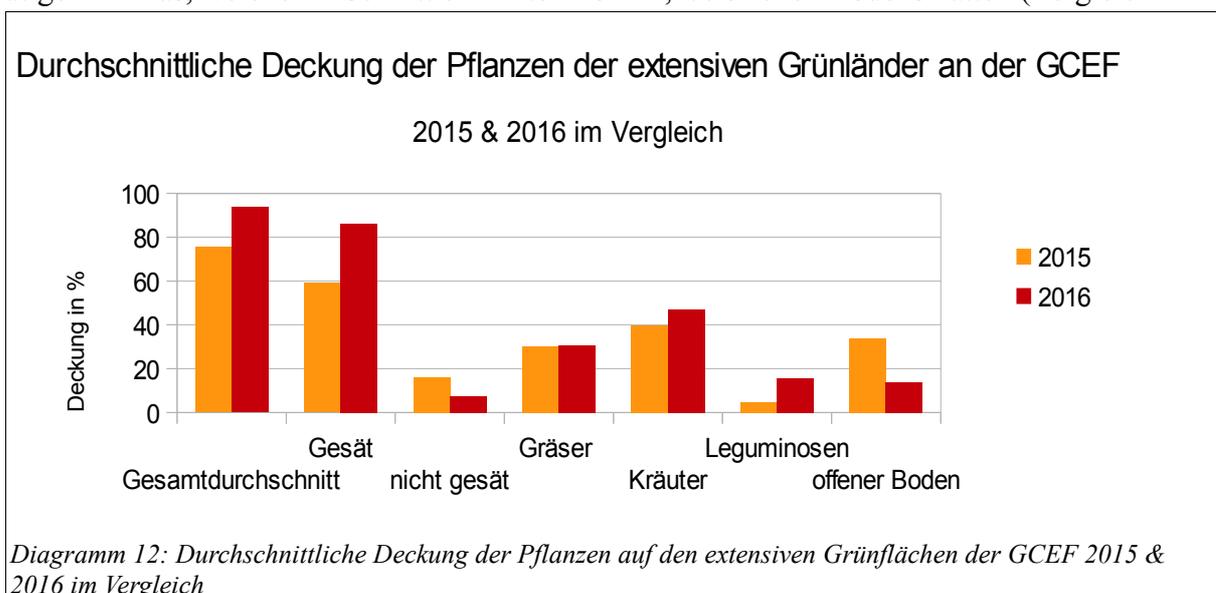
Als Assoziation wurde *Dauco carotae - Arrhenatheretum elatioris* (Glatthaferwiese) bestimmt. Alle Charakterarten dieser Assoziation wurden hierbei gefunden, wenngleich *Pastinaca sativa* wie schon im Verband festgestellt wurde nur auf den Wiesenflächen vorkam. Alle Assoziations charakterisierenden Arten gehörten zu der vor dem Projekt aufgebrauchten Saatgutmischung. Zusätzlich konnten noch Differentialarten gefunden, und die Subassoziation *Salvia Pratensis* festgestellt werden. Zu den gefundenen Differentialarten gehören *Salvia pratensis*, *Dianthus carthusianorum*, *Medicago lupulina* und *Plantago media* (Vergleich Tabelle A3, Anhang). Diese Arten gehörten ebenfalls zur Saatgutmischung und waren auch auf allen Subplots zu finden.

3.3 Auswertung der Deckung der Arten

Die durchschnittliche Gesamtdeckung der Pflanzendecke beträgt für das Jahr 2016 93,7% .

Somit waren die Flächen der extensiven Grünländer im Schnitt 18,2% mehr von Pflanzen bedeckt als im Vorjahr 2015. Die Deckung der gesäten Pflanzen betrug dabei im Schnitt 86,2%, und die der nicht gesäten 7,5%. Dies ist zum Vorjahr 2015 27,1% mehr Deckung durch gesäte, und 8,8% weniger Deckung durch nicht gesäten Pflanzen. Gräser hatten eine durchschnittliche Gesamtdeckung von 30,6%, und sind damit, zum Vergleich mit 2015, nahezu gleich geblieben. Die Kräuter der extensiven Grünländer deckten 47,1% der Pflanzendecke im Durchschnitt. Damit hatten sie zum Vergleich des Vorjahres 2015 7,2% mehr an Deckung auf den Flächen. Die Leguminosen nahmen mit 15,8% ganze 11,2% mehr an der Pflanzendeckung ein als im Jahr 2015. Der Anteil an offenem Boden, welcher im Jahr 2015 noch durchschnittlich 34% betrug, nimmt 2016 nur noch durchschnittlich 14 % ein (Vergleich Diagramm 12). Diese Ergebnisse sind jedoch nicht signifikant auf das Klima, der Landnutzung oder der Kombination aus beidem zurück zu führen (Vergleich Tabelle 4 und 5).

Bei den verschiedenen Klimavarianten war zu beobachten das die Deckung der Gesamtvegetation der heutigen Klimavariante insgesamt 95,5%, und auf den zukünftigen Klimavarianten 92% einnahm. Dabei hatte die Deckung der gesäten Pflanzen 3,3% weniger, die Deckung der nicht gesäten Pflanzen 0,2% weniger und die Deckungen der Gräser 5,7% weniger auf den Flächen des zu erwarteten Klimas einnahmen. Die Kräuter nahmen dagegen 1,5%, und die Leguminosen 0,6% mehr Deckung als auf den Flächen des heutigen Klimas ein. Auch der Anteil des offenen Bodens war mit durchschnittlich 15,5% größer als auf den Flächen des heutigen Klimas, welche im Schnitt ein Anteil von 12,4% offenen Bodens hatten (Vergleich



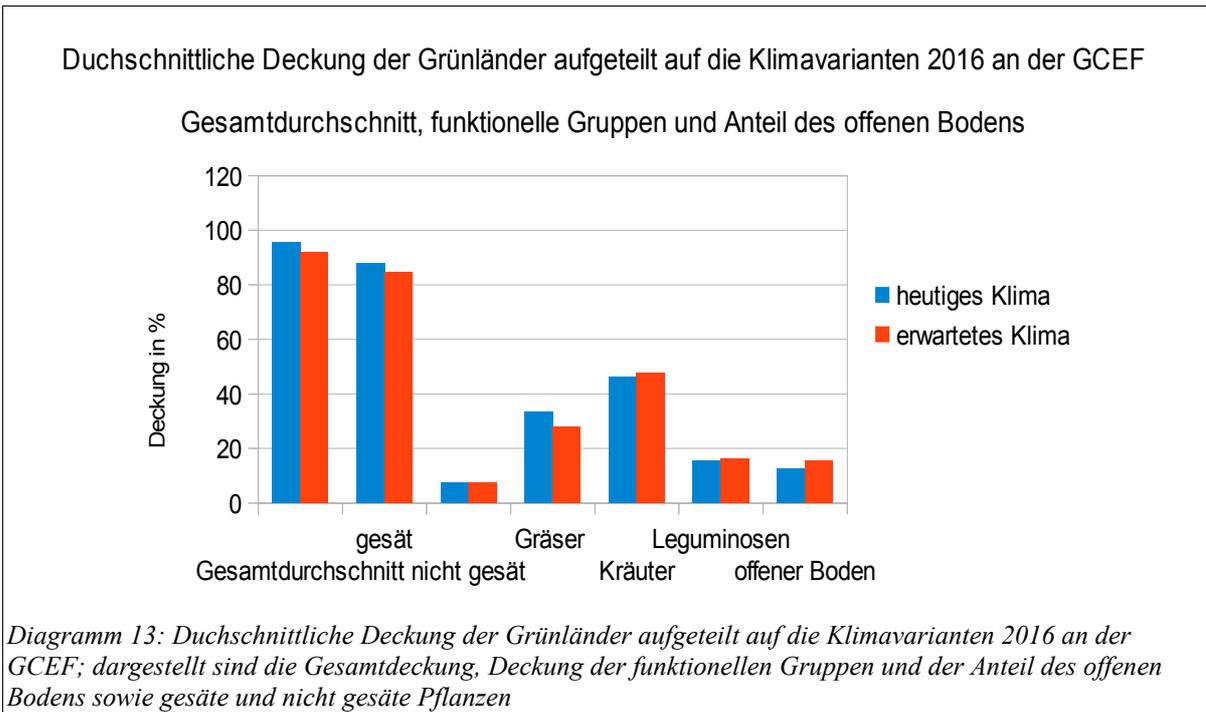
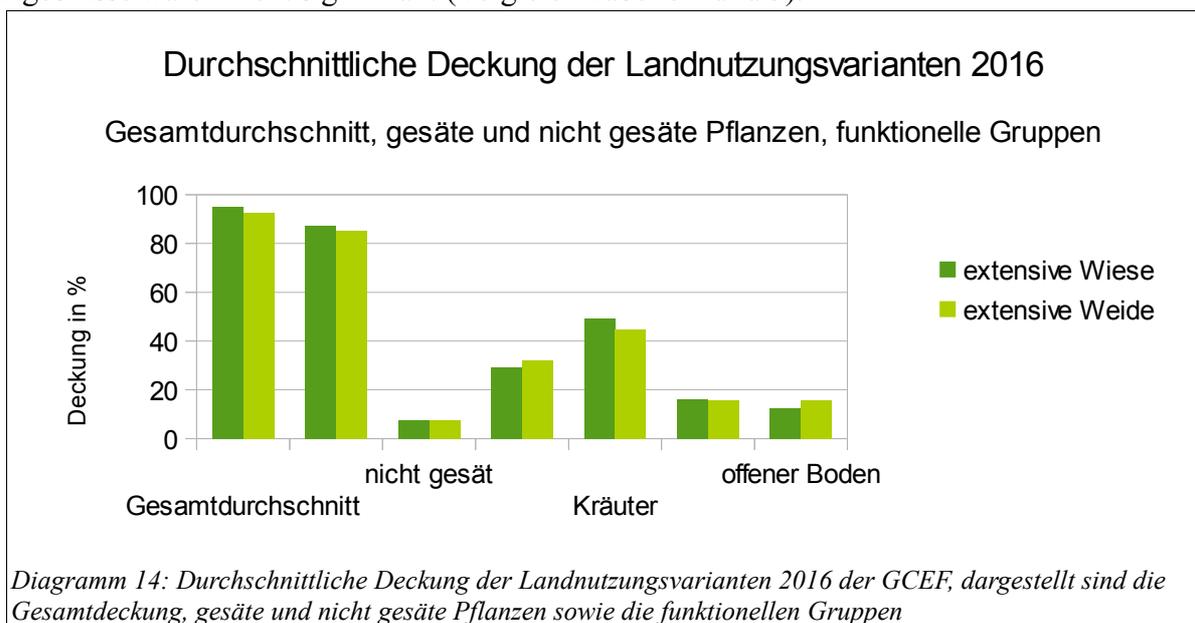


Diagramm 13). Auch diese Ergebnisse waren nicht signifikant (Vergleich Tabelle 4 und 5).

Bei den verschiedenen Landnutzungsvarianten war zu beobachten dass die Deckung der gesäten Pflanzen 2,1% weniger, und die Deckung der nicht gesäten Pflanzen 0,2% weniger auf den Weiden einnahmen. Die Deckungen der Gräser nahmen 3,7% mehr auf den Flächen des zu erwarteten Klimas ein. Die Kräuter nahmen dagegen 4,7%, und die Leguminosen 0,4% mehr Deckung als auf den Flächen der Weiden ein. Der Anteil des offenen Bodens war mit durchschnittlich 15,7% auf den Weiden größer als auf den Flächen der Wiesen, welche im Schnitt ein Anteil von 12,4% offenen Bodens hatten (Vergleich Diagramm 14). Auch diese Ergebnisse waren nicht signifikant (Vergleich Tabelle 4 und 5).



Die Betrachtung der Subplots der verschiedenen Landnutzungen in Bezug zu den Klimavarianten zeigt das die Wiesen des heutigen Klimas mit 99,5 % durchschnittlich den höchsten Deckungsgrad der Vegetation besaßen. Daran schließen sich die Weiden des zukünftigen Klimas mit 92,6% Pflanzendeckung, und die Weiden des heutigen Klimas mit 91,5% an. Die Wiesen des zukünftigen Klimas hatten immerhin noch durchschnittlich 90,4% an bodendeckender Vegetation. Die Deckung der ausgesäten Pflanzen gleicht der Rangfolge der Gesamtdeckung. Somit hatten die Wiesen des heutigen Klimas mit 90,7% die höchste Deckung an gesäten Pflanzen, die Weiden des zukünftigen Klimas 85,4%, die Weiden des heutigen Klimas 85% und die Wiesen des zukünftigen Klimas 83,9%. Ähnliches war bei der Deckung der nicht gesäten Pflanzen zu beobachten. Hierbei hatten die Wiesen des heutigen Klimas ein Deckung von 8,8% nicht gesäter Pflanzen, die Weiden des zu erwarteten Klimas 8,3% und die Weiden des heutigen sowie die Wiesen des zukünftigen Klimas 6,5% Pflanzendeckung mit nicht gesäter Vegetation. Die Gräser der extensiven Grünländer nahmen auf den Weiden des heutigen Klimas 36,1% Deckung ein. Auf den Wiesen des heutigen Klimas hatten sie einen durchschnittlichen Deckungsgrad von 30,8%. Auf den Flächen des zukünftigen Klimas hatten die Gräser der Wiesen 27,7%, und die der Weiden 27,8% Deckung. Die Kräuter auf den Wiesen des heutigen Klimas hatten im Durchschnitt die höchste Deckung mit 50,2%. Die Wiesen des zukünftigen Klimas hatten eine Deckung der Kräuter von 48,6%. Auf den Weiden des zukünftigen Klimas war ein durchschnittliche Deckung der Kräuter von 47% festzustellen und die Weiden des heutigen Klimas hatten eine durchschnittliche Kräuterdeckung von 42,3%. Die Deckung der Leguminosen war auf den Weiden der zukünftigen Klimavariante mit 18,3% am höchsten. Daran schließt sich die Deckung auf den Wiesen der heutigen Klimavariante mit 18,2% an. Die Wiesen des zukünftigen Klimas hatten hingegen eine Deckung von 13,8% und die Weiden des heutigen Klimas 12,9%. Der Anteil des offenen Boden verteilt sich mit durchschnittlich 17,4% auf den Weiden des zukünftigen Klimas, 14 % auf den Weiden des heutigen Klimas, 13,6% auf den Wiesen des zukünftigen und 10,8% auf den Wiesen des heutigen Klimas (Vergleich Diagramm 15 und Tabelle A4, Anhang). Auch diese Ergebnisse waren nicht signifikant auf das Klima, den Landnutzungsvarianten oder der Variation aus beidem zurück zu führen (Vergleich Tabelle 4 und 5).

Deckungen auf den extensiven Grünflächen der GCEF

Aufgeteilt in Gesamtdeckung, funktionelle Gruppen, gesäten und nicht gesäten Pflanzen sowie offenen Boden

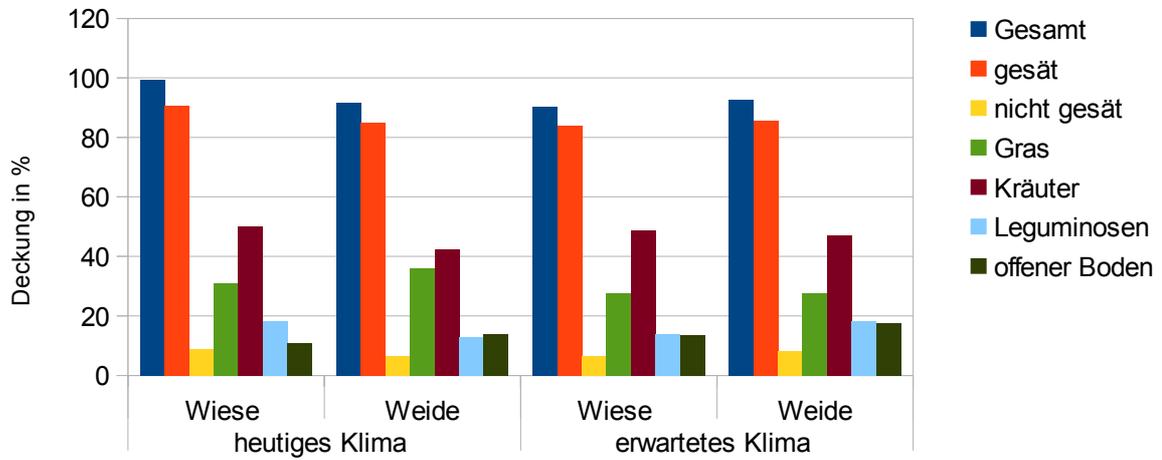


Diagramm 15: Deckungen auf den extensiven Grünflächen der GCEF, Aufgeteilt in Gesamtdeckung, funktionelle Gruppen, gesäten und nicht gesäten Pflanzen sowie offenen Boden

| ANOVA – Deckung Gesamt, gesät, nicht gesät | | | | | | | |
|--|-------------------|--------|--------|--------|-------------|--------|------|
| Variation | Deckung der Arten | | | | | | |
| | Gesamt | | gesät | | nicht Gesät | | |
| | F-Wert | p-Wert | F-Wert | p-Wert | F-Wert | p-Wert | FG |
| Klima | 0,03 | 0,87 | 0 | 1 | 0,04 | 0,84 | 1 ;8 |
| Landnutzung | 0 | 0,99 | 0,01 | 0,93 | 0,02 | 0,9 | 1 ;8 |
| Klima X Landnutzung | 0,01 | 0,92 | 0,03 | 0,88 | 0,01 | 0,92 | 1 ;8 |

| ANOVA – Deckung Funktionelle Gruppen | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------|--------|---------|--------|-------------|--------|------|
| Variation | Deckung der Arten | | | | | | |
| | Gras | | Kräuter | | Leguminosen | | |
| | F-Wert | p-Wert | F-Wert | p-Wert | F-Wert | p-Wert | FG |
| Klima | 0,06 | 0,8 | 0 | 0,98 | 0 | 1 | 1 ;8 |
| Landnutzung | 0 | 0,96 | 0 | 0,99 | 0 | 0,96 | 1 ;8 |
| Klima X Landnutzung | 0 | 0,94 | 0 | 0,95 | 0,01 | 0,91 | 1 ;8 |

Tabelle 5: Kleinstquadrate und ihre Standardfehler für die Deckungen der extensiven Grünflächen der GCEF

Durchschnittliche Deckung (Kleinstquadratmittel und Standardfehler)

| Variation | Deckung / 9m ² | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|-------------|----------------|------------|----------------|-------------|----------------|
| | Gesamt | | Gräser | | Kräuter | | Leguminosen | | gesät | | nicht gesät | |
| | Mittelwert | Standardfehler | Mittelwert | Standardfehler | Mittelwert | Standardfehler | Mittelwert | Standardfehler | Mittelwert | Standardfehler | Mittelwert | Standardfehler |
| Klima | | | | | | | | | | | | |
| heutiges Klima | 0,76 | 0,13 | 0,42 | 0,16 | 0,4 | 0,15 | 0,05 | 0,07 | 0,59 | 0,16 | 0,18 | 0,12 |
| zukünftiges Klima | 0,73 | 0,13 | 0,36 | 0,15 | 0,4 | 0,16 | 0,05 | 0,07 | 0,59 | 0,16 | 0,15 | 0,11 |
| Landnutzung | | | | | | | | | | | | |
| extensiv Wiese | 0,75 | 0,13 | 0,39 | 0,15 | 0,4 | 0,15 | 0,04 | 0,07 | 0,58 | 0,16 | 0,17 | 0,12 |
| extensiv Weide | 0,75 | 0,13 | 0,38 | 0,15 | 0,4 | 0,16 | 0,05 | 0,07 | 0,6 | 0,16 | 0,15 | 0,11 |
| Klima X Landnutzung | | | | | | | | | | | | |
| heutiges Klima extensiv Wiese | 0,77 | 0,19 | 0,41 | 0,22 | 0,4 | 0,22 | 0,05 | 1 | 0,59 | 0,22 | 0,18 | 0,17 |
| heutiges Klima extensiv Weide | 0,76 | 0,19 | 0,42 | 0,22 | 0,39 | 0,22 | 0,04 | 0,09 | 0,58 | 0,22 | 0,18 | 0,17 |
| zukünftiges Klima extensiv Wiese | 0,72 | 0,19 | 0,37 | 0,22 | 0,39 | 0,22 | 0,04 | 0,09 | 0,56 | 0,22 | 0,17 | 0,17 |
| zukünftiges Klima extensiv Weide | 0,74 | 0,19 | 0,35 | 0,21 | 0,4 | 0,22 | 0,06 | 0,1 | 0,61 | 0,22 | 0,13 | 0,15 |

3.4 Auswertung der Biomasse

Bei der ersten Ernte dieses Jahres wurden auf allen Subplots der extensiven Grünländer der GCEF insgesamt 3426,14 g lebende Biomasse ermittelt. Dies waren knapp 800 g mehr als zum Vorjahr 2015 (Vergleich Tabelle A5 Anhang).

Die gesäten Pflanzen für 2016 hatten einen Anteil an der lebenden Gesamtmasse von 96,42% (3303,474g). Der Anteil der nicht gesäten Pflanzen beträgt 3,58% (122,667g) (Vergleich Tabelle A7 Anhang). Für die funktionellen Gruppen ergab sich bei den Gräsern eine Gesamtbiomasse von 1635,291g (47,73%), für die Kräuter 1329,755g (38,81%) und für die Leguminosen 460,443g (13,44%). Diese Ergebnisse waren jedoch nicht signifikant auf das Klima, der Landnutzung oder der Kombination aus beidem zurück zu führen (Vergleich Tabelle 6 und 7).

Die Biomasse der Wiesen für beide Klimavarianten wurden insgesamt 1871,829g ermittelt, welches einen Anteil von 54,66% an der Gesamtbiomasse ausmachte. Von der ermittelten Biomasse für die Wiesen waren 95,84% (1794,932g) von Pflanzen der ausgesäten Arten. Dem entsprechend waren 4,16% Biomasse der nicht ausgesäten Pflanzen (77,898g). Die Biomasse der funktionellen Gruppen auf den extensiven Wiesen der GCEF verteilte sich mit 45,09% (844,449g) für die Gräser, 37,72% (706,404g) für die Kräuter und 17,16% (321,468g) für die Leguminosen. Die extensiven Weiden hatten einen Gesamtanteil von 45,34% (1553,311g) an der ermittelten Gesamtbiomasse. Der Anteil der ausgesäten Pflanzen betrug hier 97,12% (1508,542g), und der der nicht ausgesäten Pflanzen 2,88% (44,769g). Bei den funktionellen Gruppen der Weiden hatten die Gräser einen Anteil von 50,91% (790,842g), die Kräuter 40,13% (623,351g) und die Leguminosen 8,95% (138,975g) (Vergleich Diagramm 16). Der Unterschied der Biomasse der Leguminosen zwischen den Landnutzungen von 8,21% (182,493g) war mit einem F-Wert von 14,21 hoch signifikant (Vergleich Tabelle 6,7 und Diagramm 17).

Für die heutige Klimavariante wurde eine Gesamtbiomasse von 1563,578g (45,64g von der insgesamt ermittelten Biomasse), und für die des erwarteten Klimas 1862,562g (54,36%).

Der Anteil der gesäten Pflanzen des heutigen Klimas betrug 95,37% (1491,162g), und der der nicht ausgesäten Pflanzen 4,63% (72,417g). Die funktionellen Gruppen der heutigen Klimavariante hatten bei den Gräsern einen Anteil von 53,91% (842,876g), bei den Kräutern 33,54% (524,418g) und bei den Leguminosen waren es 12,52% (195,749g). Der Anteil der gesäten Pflanzen des zu erwarteten Klimas betrug 97,3% (1812,312g), und der der nicht ausgesäten Pflanzen 2,7% (50,25g). Die funktionellen Gruppen der zukünftigen Klimavariante hatten bei den Gräsern einen Anteil von 42,54% (792,415g), bei den Kräutern 43,24% (805,337g) und bei den Leguminosen waren es 14,21% (264,694g). Die Biomasse welche für die

Wiesen des heutigen Klimas ermittelt wurde, hatte mit 819,805g einen Anteil von 23,93% an der Gesamtmasse. Dabei hatten die gesäten Pflanzen einen Anteil von 93,63% (767,545g), und die nicht gesäten 6,37% (52,261g). Bei den funktionellen Gruppen teilt sich der Anteil bei den Gräsern mit 48,14% (394,660g), bei den Kräutern mit 36,65% (223,949g) und bei den Leguminosen mit 15,16% (124,284g) auf. Die Biomasse welche für die Weiden des heutigen Klimas ermittelt wurde, hatte mit 743,773g einen Anteil von 21,71% an der Gesamtmasse. Dabei hatten die gesäten Pflanzen einen Anteil von 97,29% (723,617g), und die nicht gesäten 2,71% (20,156g). Bei den funktionellen Gruppen teilt sich der Anteil bei den Gräsern mit 60,26% (448,216g), bei den Kräutern mit 30,11% (223,949g) und bei den Leguminosen mit 9,61% (71,465g) auf. Die Biomasse welche für die Wiesen des zukünftigen Klimas ermittelt wurde, hatte mit 1053,024g einen Anteil von 30,73% an der Gesamtmasse. Dabei hatten die gesäten Pflanzen einen Anteil von 97,57% (1027,387g), und die nicht gesäten 2,43% (25,637g). Bei den funktionellen Gruppen teilt sich der Anteil bei den Gräsern mit 42,71% (449,789g), bei den Kräutern mit 38,55% (405,935g) und bei den Leguminosen mit 18,73% (197,184g) auf. Die Biomasse welche für die Weiden des zukünftigen Klimas ermittelt wurde, hatte mit 809,538g einen Anteil von 23,63% an der Gesamtmasse. Dabei hatten die gesäten Pflanzen einen Anteil von 96,96% (784,925g), und die nicht gesäten 3,04% (24,613g). Bei den funktionellen Gruppen teilt sich der Anteil bei den Gräsern mit 42,32% (342,626g), bei den Kräutern mit 49,34% (399,402g) und bei den Leguminosen mit 8,34% (67,51g) auf (Vergleich Tabelle A5 und A6, Anhang).

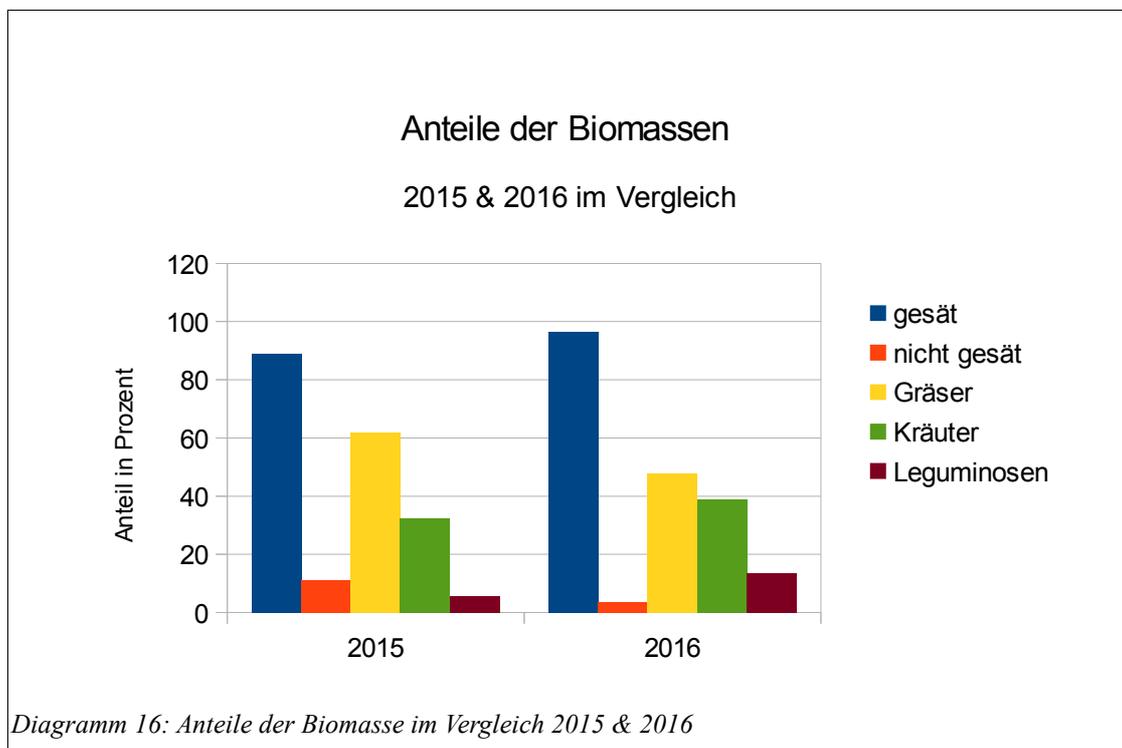


Tabelle 6: ANOVA-Tabelle für die Biomasse

| ANOVA – Biomasse Gesamt, gesät, nicht gesät | | | | | | | |
|---|--------------------|--------|--------|--------|-------------|--------|------|
| Variation | Biomasse der Arten | | | | | | |
| | Gesamt | | gesät | | nicht gesät | | |
| | F-Wert | p-Wert | F-Wert | p-Wert | F-Wert | p-Wert | FG |
| Klima | 2,58 | 0,15 | 1,64 | 0,24 | 0,36 | 0,56 | 1 ;8 |
| Landnutzung | 2,98 | 0,12 | 1,1 | 0,33 | 1,68 | 0,23 | 1 ;8 |
| Klima X Landnutzung | 0,46 | 0,52 | 0,11 | 0,75 | 0,54 | 0,48 | 1 ;8 |

| ANOVA – Biomasse Funktionelle Gruppen | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------|--------|---------|--------|-------------|--------|------|
| Variation | Biomasse der Arten | | | | | | |
| | Gras | | Kräuter | | Leguminosen | | |
| | F-Wert | p-Wert | F-Wert | p-Wert | F-Wert | p-Wert | FG |
| Klima | 0,19 | 0,67 | 3,82 | 0,09 | 1,03 | 0,34 | 1 ;8 |
| Landnutzung | 0,11 | 0,74 | 0,06 | 0,82 | 14,21 | 0,0055 | 1 ;8 |
| Klima X Landnutzung | 0,3 | 0,6 | 0,75 | 0,41 | 4,91 | 0,0576 | 1 ;8 |

Tabelle 7: Mittelwerte der Biomassen und ihre Standardfehler

| Biomasse in g (Kleinstquadratmittel und Standardfehler) | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|-------------|----------------|------------|----------------|-------------|----------------|
| Variation | Biomasse in g | | | | | | | | | | | |
| | Gesamt | | Gräser | | Kräuter | | Leguminosen | | gesät | | nicht gesät | |
| | Mittelwert | Standardfehler | Mittelwert | Standardfehler | Mittelwert | Standardfehler | Mittelwert | Standardfehler | Mittelwert | Standardfehler | Mittelwert | Standardfehler |
| Klima | | | | | | | | | | | | |
| heutiges Klima | 156,9 | 13,44 | 84,29 | 8,58 | 52,44 | 10,63 | 19,58 | 4,81 | 152,15 | 14,47 | 4,21 | 5,47 |
| zukünftiges Klima | 187,41 | 13,44 | 78,97 | 8,58 | 81,82 | 10,63 | 26,46 | 4,81 | 178,38 | 14,47 | 8,88 | 5,47 |
| Landnutzung | | | | | | | | | | | | |
| extensiv Wiese | 159,65 | 11,95 | 83,68 | 8,58 | 65,46 | 10,22 | 10,27 | 4,81 | 156,57 | 13,17 | 2,79 | 4,83 |
| extensiv Weide | 184,66 | 11,95 | 79,57 | 8,58 | 68,8 | 10,22 | 35,83 | 4,81 | 173,96 | 13,17 | 10,29 | 4,83 |
| Klima X Landnutzung | | | | | | | | | | | | |
| heutiges Klima extensiv Wiese | 149,32 | 16,9 | 89,64 | 12,14 | 44,79 | 14,46 | 14,29 | 6,8 | 146,17 | 18,62 | 2,59 | 6,84 |
| heutiges Klima extensiv Weide | 164,48 | 16,9 | 78,93 | 12,14 | 60,09 | 14,46 | 24,86 | 6,8 | 158,13 | 18,62 | 5,83 | 6,84 |
| zukünftiges Klima extensiv Wiese | 169,99 | 16,9 | 77,72 | 12,14 | 86,13 | 14,46 | 6,12 | 6,8 | 166,98 | 18,62 | 2,99 | 6,84 |
| zukünftiges Klima extensiv Weide | 20,48 | 16,9 | 80,21 | 12,14 | 77,51 | 14,46 | 46,8 | 6,8 | 189,78 | 18,62 | 14,76 | 6,84 |

Mittelwerte der Biomasse der Leguminosen mit Standardfehler

Landnutzungsvarianten der GCEF 2016

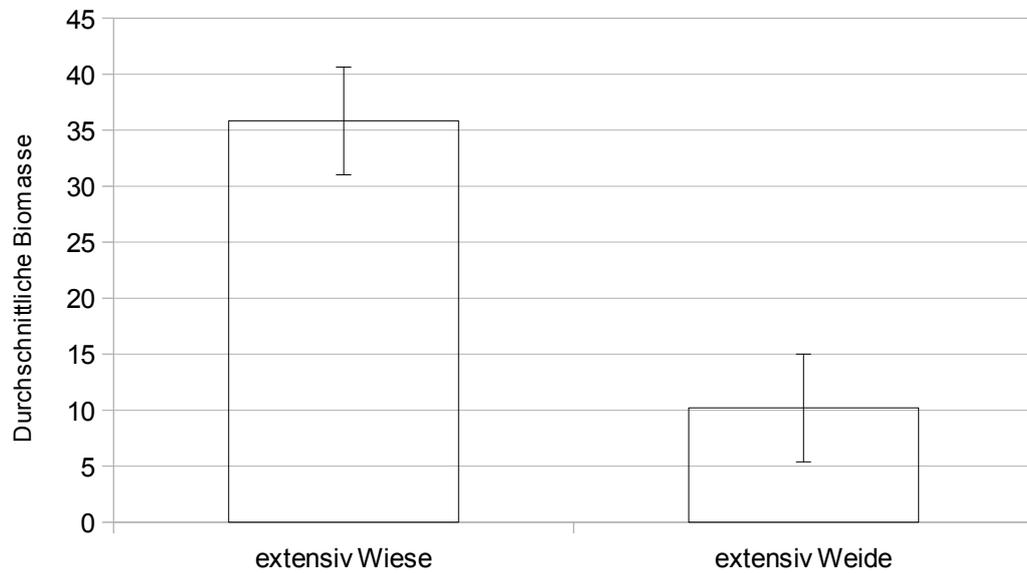


Diagramm 17: Mittelwerte und ihre Standardfehler für die Biomasse der Leguminosen der Landnutzungsvarianten

4. Diskussion

Diese Arbeit hatte das Ziel Veränderungen in der Vegetation der GCEF hinsichtlich der Klimamanipulation und der Landnutzung sowie der Kombination von beiden festzuhalten und auszuwerten. Insbesondere sollte die Artenzusammensetzung, die Deckung der Vegetation und die Biomasse-Produktion der Pflanzen untersucht werden. Dabei konnten die Ergebnisse der Untersuchung von ANDRZEJAK (2015) nicht reproduziert werden. Es gab im Jahr 2016 keine signifikanten Unterschiede in der Diversität auf den Versuchsflächen oder der Deckung der Vegetation. Jedoch gab es einen hoch signifikanten Unterschied in der Biomasseproduktion der funktionellen Gruppen für die Landnutzungsvarianten, denn die Leguminosen konnten auf den Weiden weniger Biomasse produzieren als auf den Wiesen der GCEF. Alle anderen ermittelten Werte für die Biomasse waren nicht signifikant in ihren Unterschieden. Die Unterschiede zum Jahr 2015 waren sehr deutlich auf allen Flächen der extensiven Grünländer zu erkennen. So nahm der Anteil des offenen Bodens stark ab und die Deckung der Vegetation war deutlich höher als im Jahr 2015. Auch die Biomasse war im Gegensatz zum Vorjahr deutlich angestiegen. So konnte 2016 ca. 23% mehr an Biomasse geerntet werden.

Die Diversität der Vegetation hat zum Vorjahr 2015 um eine Art zugenommen. Dabei konnten sich mehr von den Arten etablieren, welche ausgesät wurden. Die Arten welche nicht ausgesät wurden nahmen in ihren Anteil an der Gesamtvegetation ab, wobei dieser Unterschied nicht signifikant war. Jedoch änderte sich die Zusammensetzung der nicht gesäten Pflanzen. Hier wurden 16 Arten des Vorjahres 2015 nicht gefunden, aber dafür kamen 14 neue Funde dazu. Für die gesäten Arten war festzuhalten, dass eine Art des Vorjahres nicht gefunden wurde und 3 neue sich etablieren konnten. Das immer noch ein großer Teil der Pioniervegetation bzw. der Ackerunkräuter auf den Flächen zu finden war, wird vor allem noch durch die Diasporenbank, aus welcher diese Ackerunkräuter stammen, beeinflusst (SYMONIDES 1986, FISCHER 1987). Hier bleibt abzuwarten wie sich die Zusammensetzung der Arten in den nächsten Jahren weiter entwickelt. Die meisten Arten etablierten sich auf den Flächen der extensiven Weide des heutigen Klimas. Der Unterschied zu den anderen Flächen war jedoch nicht signifikant. Dies steht im Gegensatz zum Vorjahr, wo noch ein marginal signifikanter Einfluss durch das Klima, mit einer geringeren Diversität auf den klimamanipulierten Flächen, festzustellen war (ANDRZEJAK 2015). Aufgrund der völligen Neubepflanzung der Flächen für einen einheitlichen Versuchsaufbau wird wohl die Vegetation erst nach einer gewissen Zeit in ihrer Zusammensetzung wirklich auf Veränderungen im Klima reagieren, zumal Vegetation auch sehr langsam auf veränderte Umwelteinflüsse reagiert. Die Kälteratifizierung des ausgesäten Saatgutes und die Beeinflussung der Vegetation durch die Diasporenbank wie sie ANDRZEJAK (2015) beschreibt, scheint dieses Jahr immer noch einen gewissen Grad zur Entwicklung der Gesamtvegetation beigetragen zu haben. Obwohl auf den klimamanipulierten Flächen weniger Arten gefunden wurden als auf den nicht klimamanipulierten, und dies auch den Studien von THUILLER et al. (2015) entspricht, konnte keine Signifikants dafür nachgewiesen werden das es wirklich auf das Klima oder der Landnutzung sowie der Kombination aus beiden zurückzuführen wäre. Betrachtet man die Streuung der Artenanzahl für diese Flächen wird klar, dass insgesamt eine homogenere Diversität auf den Flächen, sowohl innerhalb der Klimavarianten als auch in Bezug zu den Landnutzungsvarianten und der Kombination aus beiden herrscht als im Vorjahr 2015.

Die Deckung der Vegetation auf den Flächen der extensiven Grünflächen war höher als zum Vorjahr 2015. Zu erkennen ist vor allem am Anteil des offenen Bodens, welcher im Schnitt mehr als um die Hälfte reduziert war. Die Pflanzen der Diasporenbank nahmen auch einen wesentlich geringeren Anteil an der Gesamtdeckung ein als noch im Jahr 2015, und dementsprechend die Pflanzen der Saatgutmischung einen wesentlich höheren Anteil. Jedoch waren auch diese

Veränderungen keine signifikanten Effekte durch das Klima, der Landnutzung oder der Kombination aus beiden, so dass man festhalten kann, dass auch hier die Vegetation insgesamt eine homogenere Gestalt auf allen Flächen angenommen hat. Wie sich die Deckung der Vegetation weiter entwickelt bleibt abzuwarten, da auch hier Veränderungen sich erst nach einer gewissen Zeit einstellen (XIN et al. 2007, ZHOU et al. 2014).

Bei der Betrachtung der Biomasseproduktion hatte sich ein erster signifikanter Unterschied eingestellt. Die Leguminosen der Weiden hatten eine mit über 50% geringere Biomasseentwicklung als auf den Wiesen. Dies wird höchstwahrscheinlich darauf zurückzuführen sein, dass die Schafe der ersten Beweidung im Spätsommer 2015 bevorzugt diese Pflanzen gefressen haben und somit ein Effekt durch die Landnutzung feststellbar war. So waren auch die Biomasse der anderen funktionellen Gruppen sowie die Gesamtbiomasse insgesamt weniger auf den Weiden als auf den Wiesen, auch wenn diese Unterschiede keine Signifikanz hatten. Das insgesamt mehr Biomasse geerntet wurde als im Jahr 2015, war nach dem Vergleich der Deckung der Vegetation der beiden Jahre zu erwarten, denn XIN et al. (2007) beschreibt das Deckungsgrad ein wichtiger Parameter der Photosyntheseaktivität ist. Abzuwarten bleibt, ob sich die Biomasse signifikant durch das Klima verändern wird, so wie es z.B. WAN et al. (2010) beschreibt. Die Studien von WAN et al. gehen zwar nur auf die Erhöhung der Temperatur ein, stellen jedoch fest, dass die Produktion von Biomasse der Samenpflanzen durch den erwarteten Klimawandel steigt, und dies war auch schon in Ansätzen des Jahres 2016 erkennbar. So hatte die Gesamtbiomasse, die Biomasse der Kräuter und die Biomasse der Leguminosen geringfügig auf den Flächen des zu erwarteten Klimas zugenommen, wenn auch nicht signifikant.

Insgesamt kann man sagen, dass sich die Vegetation besser und hin zu einem Klimaxstadium entwickelt hat. Die Vegetationsgesellschaft *Dauco carotae - Arrhenatheretum elatioris*, welche für die Flächen der GCEF bestimmt wurde, setzt sich in ihren Charakterarten zu einem großen Teil aus den Samen der Saatgutmischung zusammen, vor allem was die Assoziations-Charakterarten betraf. Der Konkurrenzdruck durch die Diasporenbank lässt scheinbar etwas nach und könnte in den folgenden Jahren sogar noch geringer werden.

5. Zusammenfassung

Der Klimawandel hat Einfluss in allen gesellschaftlichen Bereichen, insbesondere der Politik und der Wirtschaft. Daher ist es wichtig für die Zukunft entsprechend mit dem Klimawandel umgehen zu können. Dies bedarf einer breiten und fundierten wissenschaftlichen Grundlage, wenn für Politik und Wirtschaft Aussagen und Handlungsweisen erforderlich sind. Diese Arbeit beschäftigte sich mit einem Experiment, welches Aussagen über die Auswirkungen des Klimawandels auf extensiven Grünländern machen soll. Es wurden dabei Artenreichtum, Deckung und Biomasseproduktion dieser Grünländer untersucht. Diese Grünländer hatten zwei verschiedene Landnutzungsvarianten, die extensive Mähwiese und die extensive Weide. Zusätzlich wurden diese Landnutzungen zwei verschiedenen Klimavarianten ausgesetzt, dem heutigen Klima und einer zukünftigen Klimavariante. Zur Untersuchung der Auswirkungen wurden Vegetationsaufnahmen auf 20 verschiedenen Flächen gemacht und 80 Biomasseproben, vier je Fläche, genommen. Diese Ergebnisse wurden statistisch auf Signifikanz hinsichtlich des Klimas, der Landnutzung sowie der Kombination aus beiden ausgewertet. Die Diversität der Flächen zeigte gegenüber dem Jahr 2015 zwar kaum Veränderung, jedoch war die Artenzusammensetzung aus der Diasporenbank der Flächen stark verändert. Die Unterschiede zwischen den Flächen war für das Jahr 2016 nicht signifikant von Klima oder Landnutzung beeinflusst. Die Deckung der Vegetation war auf allen Flächen höher als im Vorjahr 2015. Die Unterschiede zwischen den Flächen waren jedoch nicht signifikant durch Klima oder Landnutzung beeinflusst. Die geerntete Biomasse des Jahres 2016 war um ca. 23% höher als zum Vorjahr 2015, und hier konnte auch ein signifikanter Einfluss der Landnutzung für die Leguminosen festgestellt werden. Dieser Effekt trat erstmalig auf, wohl auch deshalb weil die Bewirtschaftung mit Schafen im Spätsommer des Jahres 2015 erstmalig erfolgte. Es sieht so aus als wäre die Vegetation in diesem Jahr vollständiger entwickelt als im letzten Jahr. Das Jahr 2015 war sehr trocken und die Samen aus der Saatgutmischung welche für das Experiment ausgebracht wurden hatten wohl weniger Chancen zu Keimen als die Samen aus der Diasporenbank der Versuchflächen. Das hat sich wohl dieses Jahr geändert und es konnten vermehrt die Samen der Saatgutmischung keimen und sich zu vollständigen Pflanzen entwickeln. Die bestimmte Vegetationsgesellschaft *Daucus carota* - *Arrhenatheretum elatioris*, ist auch typisch für die Region Halle(Saale). Wie sich die weitere Entwicklung der Vegetation, deren Diversitäten, Deckungen und Biomasseproduktionen in Hinblick auf die Klimamanipulation und der Landnutzung entwickeln wird, werden die nächsten Jahre zeigen, da sich Vegetationsgesellschaften und deren Arten nur langsam entwickeln.

6. Anhang

Tabelle A1 : Artenzahlen der GCEF für die Extensivwiesen und -weiden in absoluten und prozentualen Werten zusammengefasst für das Jahr 2015 und 2016 (GCEF)

Artenzahlen der GCEF für die Extensivwiesen und -weiden zusammengefasst für das Jahr 2015 und 2016

| Jahr | 2015 | 2016 |
|----------------|--------------|--------------|
| Gesamtanzahl | 93 | 94 |
| gesät | 48 – (51,6%) | 50 – (53,2%) |
| nicht gesät | 45 – (48,4%) | 44 – (46,8%) |
| Gräser | 20 – (21,5%) | 19 – (20,2%) |
| Kräuter | 54 – (58,1%) | 57 – (60,6%) |
| Leguminosen | 11 – (11,8%) | 12 – (12,8%) |
| Gehölze (Keim) | 8 – (8,6%) | 6 – (6,4%) |

Artenanzahlen für die Landnutzungsvarianten

| Landnutzung | Wiese | | Weide | |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Gesamtanzahl | 82 – (88,2%) | 82 – (88,2%) | 86 – (91,5%) | 81 – (86%) |
| gesät | 46 – (56,1%) | 45 – (54,9%) | 49 – (57%) | 47 – (58%) |
| nicht gesät | 36 – (43,9%) | 37 – (45,1%) | 37 – (43%) | 34 – (42%) |
| Gräser | 16 – (19,5%) | 20 – (24,4%) | 19 – (22,1%) | 18 – (22,2%) |
| Kräuter | 49 – (59,8%) | 47 – (57,3%) | 49 – (57%) | 47 – (58%) |
| Leguminosen | 10 – (12,2%) | 9 – (11%) | 12 – (14%) | 11 – (13,6%) |
| Gehölze (Keim) | 7 – (8,5%) | 6 – (7,3%) | 6 – (7%) | 5 – (6,2%) |

Artenanzahlen für die Klimavarianten

| Klima | heutiges Klima | | erwartetes Klima | |
|----------------|----------------|--------------|------------------|--------------|
| Gesamtanzahl | 82 – (88,2%) | 82 – (88,2%) | 86 – (91,5%) | 80 – (85,1%) |
| gesät | 46 – (56,1%) | 45 – (54,9%) | 50 – (58,1%) | 47 – (58,8%) |
| nicht gesät | 36 – (43,9%) | 39 – (47,6%) | 36 – (41,9%) | 33 – (41,2%) |
| Gräser | 19 – (23,2%) | 17 – (20,7%) | 19 – (22,1%) | 19 – (23,8%) |
| Kräuter | 47 – (57,3%) | 50 – (61%) | 49 – (57%) | 46 – (57,5%) |
| Leguminosen | 9 – (11%) | 10 – (12,2%) | 12 – (13,8%) | 11 – (13,8%) |
| Gehölze (Keim) | 7 – (8,5%) | 5 – (6,1%) | 6 – (6,9%) | 4 – (4,9%) |

Artenanzahlen für die Klimavarianten der einzelnen Landnutzungen

| Klima | heutiges Klima | | erwartetes Klima | | heutiges Klima | | erwartetes Klima | |
|----------------|----------------|-------|------------------|-------|----------------|-------|------------------|-------|
| | Wiese | Weide | Wiese | Weide | Wiese | Weide | Wiese | Weide |
| Geamt | 68 | 74 | 72 | 72 | 76 | 73 | 71 | 72 |
| gesät | 39 | 41 | 41 | 41 | 49 | 44 | 44 | 46 |
| nicht gesät | 29 | 33 | 31 | 31 | 27 | 29 | 27 | 26 |
| Gräser | 16 | 17 | 15 | 16 | 18 | 15 | 17 | 18 |
| Kräuter | 37 | 44 | 43 | 44 | 40 | 44 | 41 | 40 |
| Leguminosen | 9 | 7 | 9 | 9 | 12 | 10 | 10 | 10 |
| Gehölze (Keim) | 6 | 6 | 5 | 3 | 6 | 4 | 3 | 4 |

Tabelle A2 : Durchschnittlich gefundene Arten 2015 & 2016 der einzelnen Subplots der Extensivwiesen und -weiden (basierend auf 9m² der Vegetationsaufnahmen)

| Durchschnittlich gefundene Arten 2015 & 2016 der einzelnen Subplots (basierend auf 9m²) | | | | | | | | |
|--|-----------------------|--------------|-------------------------|--------------|-----------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| Jahr | 2015 | | | | 2016 | | | |
| Gesamtdurchschnitt | 43,65 | | | | 47,95 | | | |
| Minimum | 33 | | | | 41 | | | |
| Maximum | 57 | | | | 55 | | | |
| Spannweite | 24 | | | | 14 | | | |
| Standartabweichung | 5,4 | | | | 3,4 | | | |
| Variationskoeffizient | 0,124 | | | | 0,071 | | | |
| Durchschnittliche Artenfunde für die Klimavarianten | | | | | | | | |
| Klima | heutiges Klima | | erwartetes Klima | | heutiges Klima | | erwartetes Klima | |
| Gesamtdurchschnitt | 41 | | 46,3 | | 47 | | 48,9 | |
| Minimum | 33 | | 39 | | 41 | | 44 | |
| Maximum | 46 | | 57 | | 53 | | 55 | |
| Spannweite | 13 | | 18 | | 12 | | 11 | |
| Standartabweichung | 4,3 | | 5,3 | | 3,5 | | 3,2 | |
| Variationskoeffizient | 0,104 | | 0,114 | | 0,074 | | 0,066 | |
| Durchschnittliche Artenfunde für die Landnutzungsvarianten | | | | | | | | |
| Landnutzung | Wiese | | Weide | | Wiese | | Weide | |
| Gesamt | 42,8 | | 44,5 | | 48,1 | | 47,8 | |
| Minimum | 33 | | 41 | | 44 | | 41 | |
| Maximum | 57 | | 50 | | 53 | | 55 | |
| Spannweite | 24 | | 9 | | 9 | | 14 | |
| Standartabweichung | 6,9 | | 3,5 | | 2,6 | | 4,3 | |
| Variationskoeffizient | 0,161 | | 0,079 | | 0,053 | | 0,089 | |
| Durchschnittlich gefundene Arten der Klimavariationen innerhalb der Landnutzungen | | | | | | | | |
| Klima | heutiges Klima | | erwartetes Klima | | heutiges Klima | | erwartetes Klima | |
| Landnutzung | Wiese | Weide | Wiese | Weide | Wiese | Weide | Wiese | Weide |
| Gesamtdurchschnitt | 38,2 | 43,8 | 47,4 | 45,2 | 48 | 46 | 48,2 | 49,6 |
| Minimum | 33 | 42 | 41 | 39 | 44 | 41 | 47 | 44 |
| Maximum | 42 | 46 | 57 | 50 | 53 | 49 | 49 | 55 |
| Spannweite | 9 | 4 | 16 | 11 | 9 | 8 | 2 | 11 |
| Standartabweichung | 4,4 | 1,5 | 5,9 | 4,9 | 3,7 | 3,4 | 1,1 | 4,6 |
| Variationskoeffizient | 0,115 | 0,034 | 0,125 | 0,109 | 0,077 | 0,074 | 0,023 | 0,093 |

Tabelle A3 : Bestimmung der Pflanzengesellschaft für die Extensivwiesen und -weiden der GCEF

Bestimmung der Pflanzengesellschaft für die alle Subplots der extensiven Grünländer der GCEF

| | |
|--|--|
| Klasse | <i>Molinio-Arrhentatheretea</i> (Wirtschaftsgrünland) |
| Charakterarten | |
| <i>Festuca pratensis</i> (g.) | X vorhanden auf 90% der Flächen mit Ø 1 % Deckung |
| <i>Holcus lanatus</i> (n.g.) | X vorhanden auf 30% der Flächen mit Ø 0,4% Deckung |
| <i>Ranunculus acris</i> (g.) | X vorhanden auf 95% der Flächen mit Ø 0,5% Deckung |
| <i>Cardamine pratensis</i> | - nicht vorhanden auf der Flächen |
| <i>Centaurea jacea</i> (g.) | X vorhanden auf 100% der Flächen mit Ø 2,3% Deckung |
| <i>Cerastium holosteoides</i> (n.g.) | X vorhanden auf 75% der Flächen mit Ø 0,3% Deckung |
| <i>Rumex acetosa</i> | - nicht vorhanden auf der Flächen |
| <i>Taraxacum officinale</i> (n.g.) | X vorhanden auf 95% der Flächen mit Ø 3,3% Deckung |
| <i>Trifolium repens</i> (g.) | X vorhanden auf 65% der Flächen mit Ø 3,3% Deckung |
| <i>Trifolium pratense</i> (g.) | X vorhanden auf 100% der Flächen mit Ø 5,4% Deckung |
| Bemerkung: 8 von 10 Charakterarten sind vorhanden | |
| Ordnung | <i>Arrhenatheretalia elatioris</i> (Frischwiesen und -weiden) |
| Charakterarten | |
| <i>Dactylis glomerata</i> (g.) | X vorhanden auf 100% der Flächen mit Ø 5,3% der Deckung |
| <i>Helictotrichon pubescens</i> | - nicht vorhanden |
| <i>Galium album</i> (g.) | X vorhanden auf 100% der Flächen mit Ø 3,6% der Deckung |
| <i>Leucanthemum vulgare</i> (g.) | X vorhanden auf 100% der Flächen mit Ø 7,9% der Deckung |
| <i>Veronica chamaedrys</i> | - nicht vorhanden |
| <i>Bromus hordeaceus</i> (g.) | X vorhanden auf 100% der Flächen mit Ø 0,9% der Deckung |
| <i>Pimpinella major</i> | - nicht vorhanden |
| <i>Heracleum sphondylium</i> | - nicht vorhanden |
| Bemerkung: 4 von 8 Charakterarten sind vorhanden | |
| Verband | <i>Arrhenatherion elatioris</i> (Planar-kolline Frischwiesen) |
| Verbands-Charakterart | |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> (g.) | X vorhanden auf 100% der Flächen mit Ø 6,6% Deckung |
| <i>Pastinaca sativa</i> (g.) | X vorhanden auf 20% der Flächen mit Ø 0,2% Deckung |
| <i>Campanula patula</i> | - nicht vorhanden |
| <i>Alopecurus pratensis</i> | - nicht vorhanden |
| Assoziations-Charakterarten für <i>Dauco carotae-Arrhenatheretum elatioris</i> (Glatthaferwiese) | |
| <i>Daucus carota</i> (g.) | X vorhanden auf 100% der Flächen mit Ø 0,7% Deckung |
| <i>Geranium pratense</i> (g.) | X vorhanden auf 75% der Flächen mit Ø 0,2% Deckung |
| <i>Pastinaca sativa</i> (g.) | X vorhanden auf 15% der Flächen mit Ø 0,2% Deckung |
| <i>Tragopogon pratense</i> (g.) | X vorhanden auf 95% der Flächen mit Ø 1,2% Deckung |
| <i>Crepis biennis</i> (g.) | X vorhanden auf 100% der Flächen mit Ø 5,6% Deckung |
| Bemerkung: alle Charakterarten der Assoziation sind vorhanden, 2 von 4 Verbands-Charakterarten sind vorhanden | |
| vorhandene Differentialarten zur Subassoziation <i>Salvia pratensis</i> : <i>Salvia pratensis</i> (g), <i>Dianthus carthusianorum</i> (g), <i>Medicago lupulina</i> (g), <i>Plantago media</i> (g) | |

Anmerkung: Das (g.) bzw. (n.g.) hinter den gefunden Arten steht für gesät bzw. nicht gesät. Die Prozentangaben zu der Fläche beziehen sich auf den Anteil des Vorkommens auf den Subplots. Mit durchschnittlicher Deckung ist die Deckung der jeweiligen Art für durchschnittlich alle vorhanden Subplots gemeint.

Tabelle A4 : Durchschnittliche Deckung der Pflanzen und des offenen Bodens für 2015 & 2016 der einzelnen Subplots der Extensivwiesen und -weiden der GCEF (basierend auf 9m² der Vegetationsaufnahmen)

| Durchschnittliche Deckungen 2015 & 2016 der einzelnen Subplots (basierend auf 9m²) mit offenen Boden | | | | | | | | |
|---|-----------------------|--------------|-------------------------|--------------|-----------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| Jahr | 2015 | | 2016 | | | | | |
| Gesamtdurchschnitt | 75,5 | | 93,7 | | | | | |
| gesät | 59,1 | | 86,2 | | | | | |
| nicht gesät | 16,3 | | 7,5 | | | | | |
| Gräser | 30,2 | | 30,6 | | | | | |
| Kräuter | 39,9 | | 47,1 | | | | | |
| Leguminosen | 4,6 | | 15,8 | | | | | |
| Boden | 34 | | 14% | | | | | |
| Klima | heutiges Klima | | erwartetes Klima | | | | | |
| Gesamtdurchschnitt | 77,5 | 73,5 | 95,5 | 92 | | | | |
| gesät | 59,5 | 58,7 | 87,9 | 84,6 | | | | |
| nicht gesät | 18 | 14,7 | 7,6 | 7,4 | | | | |
| Gräser | 32,4 | 27,9 | 33,5 | 27,8 | | | | |
| Kräuter | 39,7 | 40,2 | 46,3 | 47,8 | | | | |
| Leguminosen | 4,5 | 4,7 | 15,5 | 16,1 | | | | |
| Boden | 32,5 | 35,5 | 12,4 | 15,5 | | | | |
| Landnutzung | Wiese | | Weide | | | | | |
| Gesamtdurchschnitt | 75,9 | 75 | 94,9 | 92,6 | | | | |
| gesät | 60,7 | 57,6 | 87,3 | 85,2 | | | | |
| nicht gesät | 15,3 | 17,4 | 7,6 | 7,4 | | | | |
| Gräser | 30,1 | 30,2 | 29,3 | 32 | | | | |
| Kräuter | 39,7 | 40,2 | 49,4 | 44,7 | | | | |
| Leguminosen | 4,9 | 4,3 | 16 | 15,6 | | | | |
| Boden | 32 | 36 | 12,4 | 15,7 | | | | |
| Durchschnittliche Deckung der Pflanzen für die Landnutzungen innerhalb der Klimavariationen | | | | | | | | |
| Klima | heutiges Klima | | erwartetes Klima | | heutiges Klima | | erwartetes Klima | |
| Landnutzung | Wiese | Weide | Wiese | Weide | Wiese | Weide | Wiese | Weide |
| Gesamtdurchschnitt | 77,5 | 77,6 | 74,4 | 72,4 | 99,5 | 91,5 | 90,4 | 92,6 |
| gesät | 59,8 | 59,2 | 61,5 | 56 | 90,7 | 85 | 83,9 | 85,4 |
| nicht gesät | 17,6 | 18,3 | 12,9 | 16,4 | 8,8 | 6,5 | 6,5 | 8,3 |
| Gräser | 33 | 31,7 | 27,2 | 28,7 | 30,8 | 36,1 | 27,7 | 27,8 |
| Kräuter | 39,2 | 40,1 | 41,1 | 39,3 | 50,2 | 42,3 | 48,6 | 47 |
| Leguminosen | 4,3 | 4,7 | 5,6 | 3,8 | 18,2 | 12,9 | 13,8 | 18,3 |
| Boden | 32 | 33 | 32 | 39 | 10,8 | 14 | 13,6 | 17,4 |

Tabelle A5 : Absolute Biomasse der GCEF für die Extensivwiesen und -weiden zusammengefasst für das Jahr 2015 und 2016

| Absolute Biomasse der GCEF für die Extensivwiesen und -weiden zusammengefasst für das Jahr 2015 und 2016 | | | | | | | | |
|---|-----------------------|--------------|-------------------------|--------------|-----------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| Jahr | 2015 | | 2016 | | | | | |
| Gesamt | 2639,381 | | 3426,140 | | | | | |
| gesät | 2342,76 | | 3303,474 | | | | | |
| nicht gesät | 296,621 | | 122,667 | | | | | |
| Gräser | 1635,861 | | 1635,291 | | | | | |
| Kräuter | 857,281 | | 1329,755 | | | | | |
| Leguminosen | 143,803 | | 460,443 | | | | | |
| Biomasse der Pflanzen für die Landnutzungsvarianten | | | | | | | | |
| Landnutzung | Wiese | | Weide | | | | | |
| Gesamt | 1390,873 | 1248,508 | 1872,829 | 1553,311 | | | | |
| gesät | 1246,865 | 1095,895 | 1794,932 | 1508,542 | | | | |
| nicht gesät | 144,008 | 152,613 | 77,898 | 44,769 | | | | |
| Gräser | 891,34 | 744,521 | 844,449 | 790,842 | | | | |
| Kräuter | 409,614 | 447,667 | 706,404 | 623,351 | | | | |
| Leguminosen | 88,614 | 55,189 | 321,468 | 138,975 | | | | |
| Biomasse der Pflanzen für die Klimavarianten | | | | | | | | |
| Klima | heutiges Klima | | erwartetes Klima | | | | | |
| Gesamtanzahl | 1506,353 | 1133,028 | 1563,578 | 1862,562 | | | | |
| gesät | 1291,175 | 1051,585 | 1491,162 | 1812,312 | | | | |
| nicht gesät | 215,178 | 81,443 | 72,417 | 50,25 | | | | |
| Gräser | 903,355 | 732,506 | 842,876 | 792,415 | | | | |
| Kräuter | 525,544 | 331,737 | 524,418 | 805,337 | | | | |
| Leguminosen | 75,883 | 67,92 | 195,749 | 264,694 | | | | |
| Biomasse der Pflanzen für Klimavarianten der einzelnen Landnutzungen | | | | | | | | |
| Klima | heutiges Klima | | erwartetes Klima | | heutiges Klima | | erwartetes Klima | |
| Landnutzung | Wiese | Weide | Wiese | Weide | Wiese | Weide | Wiese | Weide |
| Gesamt | 791,803 | 714,550 | 599,070 | 533,958 | 819,805 | 743,773 | 1053,024 | 809,538 |
| gesät | 694,658 | 596,517 | 552,207 | 499,378 | 767,545 | 723,617 | 1027,387 | 784,925 |
| nicht gesät | 97,145 | 118,033 | 46,863 | 34,580 | 52,261 | 20,156 | 25,637 | 24,613 |
| Gräser | 492,773 | 410,582 | 398,567 | 333,939 | 394,660 | 448,216 | 449,789 | 342,626 |
| Kräuter | 241,512 | 284,032 | 168,102 | 163,635 | 300,469 | 223,949 | 405,935 | 399,402 |
| Leguminosen | 56,902 | 18,981 | 31,712 | 36,208 | 124,284 | 71,465 | 197,184 | 67,510 |

Tabelle A6 : Prozentuale Biomasse der GCEF für die Extensivwiesen und -weiden zusammengefasst für das Jahr 2015 und 2016

| Prozentuale Biomasse der GCEF für die Extensivwiesen und -weiden zusammengefasst für das Jahr 2015 und 2016 | | | | | | | | |
|--|-----------------------|--------------|-------------------------|--------------|-----------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| Jahr | 2015 | | 2016 | | | | | |
| Gesamt | 100% | | 100% | | | | | |
| gesät | 88,76 | | 96,42 | | | | | |
| nicht gesät | 11,24 | | 3,58 | | | | | |
| Gräser | 61,98 | | 47,73 | | | | | |
| Kräuter | 32,48 | | 38,81 | | | | | |
| Leguminosen | 5,45 | | 13,44 | | | | | |
| Biomasse der Pflanzen für die Landnutzungsvarianten | | | | | | | | |
| Landnutzung | Wiese | | Weide | | | | | |
| Gesamt | 52,7 | 47,3 | 54,66 | 45,34 | | | | |
| gesät | 89,65 | 87,78 | 95,84 | 97,12 | | | | |
| nicht gesät | 10,35 | 12,22 | 4,16 | 2,88 | | | | |
| Gäser | 64,09 | 59,63 | 45,09 | 50,91 | | | | |
| Kräuter | 29,45 | 35,86 | 37,72 | 40,13 | | | | |
| Leguminosen | 6,37 | 4,42 | 17,16 | 8,95 | | | | |
| Biomasse der Pflanzen für die Klimavarianten | | | | | | | | |
| Klima | heutiges Klima | | erwartetes Klima | | | | | |
| Gesamtanzahl | 57,07 | 42,93 | 45,64 | 54,36 | | | | |
| gesät | 85,72 | 92,81 | 95,37 | 97,3 | | | | |
| nicht gesät | 14,28 | 7,19 | 4,63 | 2,7 | | | | |
| Gräser | 59,97 | 64,65 | 53,91 | 42,54 | | | | |
| Kräuter | 34,89 | 29,28 | 33,54 | 43,24 | | | | |
| Leguminosen | 5,04 | 5,99 | 12,52 | 14,21 | | | | |
| Biomasse der Pflanzen für Klimavarianten der einzelnen Landnutzungen | | | | | | | | |
| Klima | heutiges Klima | | erwartetes Klima | | heutiges Klima | | erwartetes Klima | |
| Landnutzung | Wiese | Weide | Wiese | Weide | Wiese | Weide | Wiese | Weide |
| Gesamt | 30 | 27,07 | 22,07 | 20,23 | 23,93 | 21,71 | 30,73 | 23,63 |
| gesät | 87,73 | 83,48 | 92,18 | 93,52 | 93,63 | 97,29 | 97,57 | 96,96 |
| nicht gesät | 12,27 | 16,52 | 7,82 | 6,48 | 6,37 | 2,71 | 2,43 | 3,04 |
| Gräser | 62,23 | 57,46 | 66,53 | 62,54 | 48,14 | 60,26 | 42,71 | 42,32 |
| Kräuter | 30,5 | 39,75 | 28,06 | 30,65 | 36,65 | 30,11 | 38,55 | 49,34 |
| Leguminosen | 7,19 | 2,66 | 5,29 | 6,78 | 15,16 | 9,61 | 18,73 | 8,34 |

Tabelle A7: Arten 2016 der Extensivwiesen und -weiden

neu gefundene Arten und verschwundene Arten 2016

| verschwundene Arten 2016 | FKT | Saat | neu gefundene Arten 2016 | FKT | Saat |
|---------------------------------|------------|-------------|---------------------------------|------------|-------------|
| <i>Rubus sp.</i> | Baum | n.g. | <i>Allium vienale</i> | Kraut | g. |
| <i>Fraxinus excelsior</i> | Baum | n.g. | <i>Apiaceae</i> | Kraut | n.g. |
| <i>Lolium perenne</i> | Gras | n.g. | <i>Artemisia vulgaris</i> | Kraut | n.g. |
| <i>Cichorium intybus</i> | Kraut | n.g. | <i>Asteraceae</i> | Kraut | n.g. |
| <i>Cirsium vulgare</i> | Kraut | n.g. | <i>Brassicaceae</i> | Kraut | n.g. |
| <i>Malva sylvestris</i> | Kraut | n.g. | <i>Epilobium tetragonum</i> | Kraut | n.g. |
| <i>Myosotis arvensis</i> | Kraut | n.g. | <i>Eryngium campestre</i> | Kraut | n.g. |
| <i>Sinapis arvensis</i> | Kraut | n.g. | <i>Galium mollugo</i> | Kraut | n.g. |
| <i>Veronica persica</i> | Kraut | n.g. | <i>Geum urbanum</i> | Kraut | n.g. |
| <i>Anagallis arvensis</i> | Kraut | n.g. | <i>Hypericum perforatum</i> | Kraut | n.g. |
| <i>Bellis perennis</i> | Kraut | n.g. | <i>Pastinaca sativa</i> | Kraut | g. |
| <i>Carduus crispus</i> | Kraut | n.g. | <i>Petrorhagia prolifera</i> | Kraut | n.g. |
| <i>Descuriana sophia</i> | Kraut | n.g. | <i>Silene noctiflora</i> | Kraut | n.g. |
| <i>Geranium lanciniatum</i> | Kraut | n.g. | <i>Stellaria media</i> | Kraut | n.g. |
| <i>Hypochaeris radicata</i> | Kraut | g. | <i>Veronica arvensis</i> | Kraut | n.g. |
| <i>Lactuca serriola</i> | Kraut | n.g. | <i>Clematis vitalba</i> | Kraut | n.g. |
| <i>Vicia hirsuta</i> | Legu | n.g. | <i>Latyrus pratensis</i> | Legu | g. |
| | | | <i>Vicia sepium</i> | Legu | g. |

FKT = funktionelle Gruppe; g. = gesät; n.g. = nicht gesät

7. Literaturverzeichnis

Andrzejak M. (2015): *Der Einfluss des Klimawandels auf Artenzusammensetzung und Produktivität von Grünländern unterschiedlicher Bewirtschaftung in der GCEF*, Bachelorarbeit

Fischer A. (1987): *Untersuchungen zur Populationsdynamik am Beginn von Sekundärsukzessionen. Die Bedeutung von Samenbank und Samenniederschlag für die Wiederbesiedlung vegetationsfreier Flächen in Wald- und Grünlandgesellschaften*. Diss. Botan. 110-234

Symonides, E. (1986): *Seed banks in old-field successional ecosystem*. Ecologia Polska 34, 3-29

Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M. B., Sykes, M. T., Prentice, I. C. (2005): *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102 (23): 8245-8250

Wan, S., Lin, D., Xia, J. (2010): *Climate warming and biomass accumulation of terrestrial plants: a meta-analysis*, New Phytologist 188: 187-198

Xin, Z., Xu, J., Zheng, W. (2007). Spatiotemporal variations of vegetation cover on the Chinese Loess Plateau (1981-2006): *Impacts of climate changes and human activityies*. Science in China: Earth Sciences 37 (11): 1504-1514

Zhou, W., Gang, C., Chen, Y., Mu, S., Sun, Z., Li, J.J. (2014): *Grassland coverage inter-annual variation and its coupling relation with hydrothermal factors in china during 1982-2010*, J. Geogr. Sci. 24 (4): 593-611

Online-Quellen:

Boden und Klima GCEF (abgerufen am 17.8.2016)
URL: <https://www.ufz.de/index.php?de=39927>

Klimadiagramme Bad Lauchstädt (abgerufen am 17.8.2016)
URL: <http://de.climate-data.org/location/56055/>

Regionaler Klimaatlas Deutschland (abgerufen am 21.09.2016)
URL: <http://www.regionaler-klimaatlas.de/>

Mitteilungen zur floristischen Kartierung in Sachsen-Anhalt, Sonderheft 2 (2001) Schubert, R.: *Prodromus der Pflanzengesellschaften Sachsen-Anhalts* (abgerufen am 15.8.2016)
URL: <http://www.bv-st.de/Publ%20Prodromus.htm>

Zebisch Marc, Grothmann Torsten, Schröter Dagmar, Fritsch Uta, Cramer Wolfgang (2005): *Klimawandel in Deutschland Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme*. In:
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2947.pdf>
(abgerufen am 17.7.2016)

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Christoph Augustin (Matrikelnummer: 4049820), dass ich diese Bachelorarbeit mit dem Titel „Auswirkungen des Klimawandels auf bewirtschafteten Grünländern“ selbstständig verfasst habe, sie weder in gleicher noch in ähnlicher Fassung in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt habe und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie Zitate kenntlich gemacht habe.

Ort, Datum

Unterschrift Student/-in