

Technische Universität München
Wissenschaftszentrum Weihenstephan

Vegetationsbedingte Populationsdynamik von Arthropoden im namibischen Escarpment



Lucas Miller

Matrikel Nr.: 03662785

Bachelor's Thesis

AG Entomologie

Lehrstuhl für Zoologie

Prof. Dr. R. Gerstmeier

Freising, November 2018

Eidesstattliche Erklärung

Familienname: Miller

Vorname: Lucas

Geburtsdatum: 26.04.1996

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit eigenständig ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten, Konzepte und anderen Inhalte sind unter Angabe des Literaturzitats gekennzeichnet.

Ich weiß, dass die Arbeit in digitalisierter Form daraufhin überprüft werden kann, ob unerlaubte Hilfsmittel verwendet wurden und ob es sich – insgesamt oder in Teilen – um ein Plagiat handelt. Zum Vergleich meiner Arbeit mit existierenden Quelle darf sie in eine Datenbank eingestellt werden und nach der Überprüfung zum Vergleich mit künftig eingehenden Arbeiten dort verbleiben. Weitere Vervielfältigungs- und Verwertungsrechte werden dadurch nicht eingeräumt.

Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt, war bisher nicht Bestandteil einer Studien- oder Prüfungsleistung und ist noch nicht veröffentlicht.

München, 12.11.2018

(Ort, Datum)



(Unterschrift)

Abstract

The Great Escarpment contains a diverse ecosystem structure in the transition zone between the hyperarid Namib Desert of the coastal lowlands and the humid savannas of the Namibian plateau. Characterizing for this ecosystem are locally limited, seasonally erratic rainfalls, which limit the period of plant growth to a couple of months during spring. Data regarding the impact of such climatic conditions on arthropod communities within the Namibian savanna woodlands is scarce and the general knowledge of arthropod population dynamics is shaped by research of species living on the northern hemisphere. The goal of this long-term study is to collect data of arthropod activity to deepen the understanding of environmental processes in this ecosystem. In order to gain an insight of the relationship between rainfall, vegetation growth and arthropod activity data was collected over a time span of 6 years on Rooiklip, a farm 200 km southwest of Windhoek. Thirty pitfall-traps, placed inside 2x2m plots, equally spread out on two test sites were used to catch ground dwelling arthropods. Each year two runs were conducted, in which traps were set up for seven days. Additionally the total precipitation, substrate contents and vegetation cover was recorded. After identifying the arthropods a generalized linear model was used to analyze the influence of precipitation, substrate and vegetation cover on 18 different taxonomic units. Although the specific reaction could vary distinctively, a positive effect of increased precipitation on most taxonomic units could be identified. The effect of vegetation cover was differentiated into grass and shrub cover. Five arthropod units exhibited increased activity with increasing shrub cover while a high amount of grass cover proved to have mostly negative effects on arthropod activity. The visual analysis indicates an arthropod activity increase only after adequate plant growth instead of rain being the decisive factor.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	2
1. Einleitung	4
2. Methoden.....	6
2.1 Untersuchungsgebiet	6
2.2 Klima.....	6
2.3 Vegetationszonen	8
2.4 Versuchsaufbau	10
2.5 Bodenstruktur	11
2.6 Vegetation	11
2.7 Erfassung der Arthropodenaktivität	12
2.8 Auswertung	13
3. Ergebnisse	16
3.1 Gesamtanalyse der Datensätze	16
3.2 Grafische Analyse mittels NMDS.....	18
3.3 Biodiversitätsanalyse.....	20
3.4 Statistische Analyse mit GLM.....	20
(A) Substrat	20
(B) Vegetation	21
(C) Arthropoden	21
(D) Betrachtung einzelner Taxa	25
3.5 Versuchsaufbaubewertung	29
4. Diskussion	31
4.1 Effekte der Vegetation.....	31
4.2 Dynamik Vegetation und Niederschlag.....	31
4.3 Interaktionen zwischen Arthropoden	32
4.4 Betrachtung einzelner Taxa.....	33
4.5 Analyse des Versuchsaufbaus	35
4.6 Ausblick	38
5. Zusammenfassung	39
6. Danksagung	40
7. Literaturverzeichnis.....	41
8. Anhang	44

1. Einleitung

Das Landschaftsbild Namibias ist durch ein im Landesinneren gelegenes, relativ flaches Plateau geprägt. Die Höhe dieses Plateaus erstreckt sich von 900 bis 1300 m ü. NN. Bedingt durch den Einfluss dieses Höhenunterschiedes variiert der Niederschlag extrem, wodurch sich vielfältige Tier- und Pflanzengemeinschaften gebildet haben. Auf Namibias Plateau erstreckt sich, aufgrund des feuchteren Sommerregenklimas im Landesinneren die kalahari Dornsavanne. Das küstennahe Tiefland zeichnet sich, aufgrund des kalten Benguelastromes, der die Bildung von Regenwolken auf der Westseite Namibias verhindert, durch die hyperaride Namibwüste aus (DESMET 2007).

Die Abbruchkante des Plateaus zum Tiefland, welche 100 bis 200 km im Inland liegend, parallel zur Küste verläuft, wird als das Große Escarpment bezeichnet. Bedingt durch die Struktur dieses Übergangsgebietes ist die Flora und Fauna für bestimmte Höhenlagen charakteristisch. Der Endemitenwert der Flora des Great Escarpments wurde auf 17 % geschätzt (CLARK et. al. 2011). Über den des Endemitenwertes an Arthropoden in Namibia liegen keine gesicherten Daten vor, wobei von einem Wert von etwa 25 % ausgegangen wird (SIMMONS et al. 1998). Aufgrund dieser Kennzeichen wird das Gebiet als ein weltweiter Hotspot der Biodiversität betrachtet (BARNARD 1998).

Auf einer Höhe von etwa 1000 m über NN musste sich die Flora an stark schwankende, nur wenige Monate lange Niederschlagsphasen gekoppelt mit extremen Temperaturschwankungen von 5 bis 40 °C im Jahresverlauf anpassen (JÜRGENS et al. 2010). Dieses Biom ist geprägt von Gräsern, einjährigen Kräutern und nur vereinzelt eingestreuten Büschen. Maßgebend für die Entwicklung der Flora und Fauna ist der saisonale Niederschlag, welcher die karge Wüstenlandschaft für kurze Zeit im Frühjahr zum Leben erweckt.

Die Effekte dieser Vegetationsdynamik auf die Fauna dieser Biome in Namibia sind kaum erforscht (BURKE & WITTNEBEN 2008). Zum genaueren Verständnis der Dynamik solcher Ökosysteme bedarf es langjähriger, wissenschaftlichen Datensammlungen.

Pflanzen und Tieren die sich an ein extremes Klima mit Trockenheit und Hitze angepasst haben, sind stark von klimatischen oder anthropogenen Veränderungen betroffen. Solche, oft stenöken Arten, können aber zum Beispiel bei stark erhöhtem Niederschlag von konkurrenzfähigeren Arten aus Nachbarbiomen verdrängt werden (WITTIG & NIEKISCH 2014). Ein Beispiel hierfür ist das Phänomen der zunehmenden Verbuschung aufgrund regenreicher Jahre von der Tierarten wie der Große Kudu und das Damara Dik.-Dik profitieren. Allerdings wird durch das

Verdrängen der Gräser vielen Tierarten die Nahrungsgrundlage entzogen, wodurch die Gesamtbiodiversität dieser Ökozone abnimmt (BURGESS 2004).

Um Veränderungen der Arthropodenfauna in der Dornbuschsavanne besser verstehen und das Gefahrenpotenzial für das Biom abschätzen zu können, führt die TU München seit 2013 eine Langzeitstudie durch. Dafür werden auf einer Forschungsstation 200 km südwestlich von Windhoek Daten zu Niederschlag, Vegetation und Arthropodenaktivität gesammelt.

Die Ergebnisse dieses Projektes helfen für den Erhalt der dortigen Biodiversität wichtige Kriterien herauszufinden und Vorhersagen für zukünftige Entwicklungen zu treffen. Dies können bedingt durch den Klimawandel sich ändernde Niederschläge, aber auch menschliche Eingriffe sein.

Ziel dieses Projektes ist es, mit Hilfe von Barberfallen die Abhängigkeit der Aktivität unterschiedlicher Arthropodentaxa von der Niederschlagsdynamik und der Vegetation zu analysieren.

2. Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt etwa 150 km im Inland, 200 km südwestlich von Windhoek auf der Gästefarm Rooiklip (Abb. 1). Das 7000 Hektar große, private Naturreiservat beheimatet die Forschungsstation der Technischen Universität München (TUM).

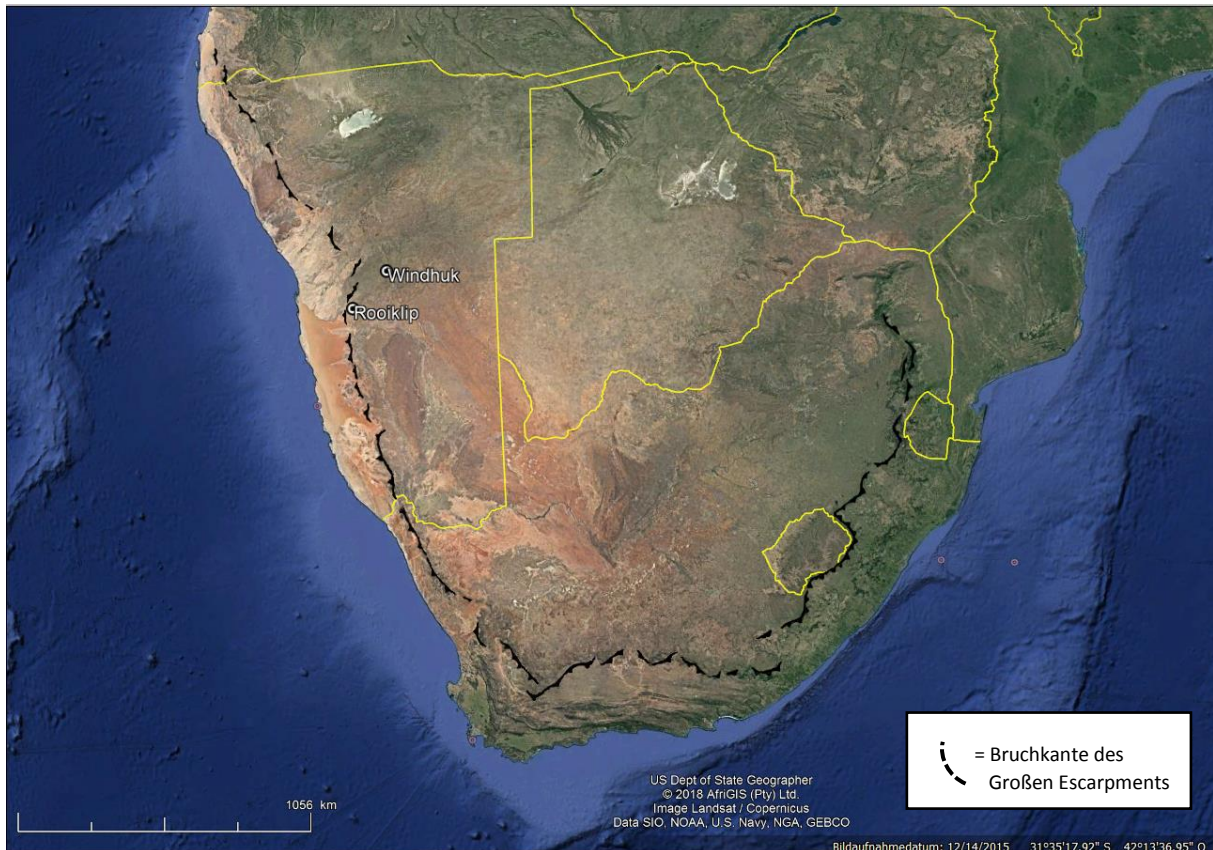


Abb.1: Geografische Lage der Farm Rooiklip in Relation zu der Großen Escarpment Zone

Das Gebiet befindet sich mit einer Höhe von etwa 1070 m über NN in dem westlichen Khomashochland unterhalb der Bruchkante des Großen Escarpments, das sich von Angola über Namibia bis nach Südafrika erstreckt (Abb. 1).

2.2 Klima

Bedingt durch die geografische Lage ist das Klima durch saisonale und täglich hohe Temperaturänderungen sowie lokal begrenzte und erratisch schwankende Niederschläge, welche überwiegend von Januar bis März fallen geprägt (Tab. 1).

Tab. 1: Durchschnittlicher Monatsniederschlag von 2013 bis 2018 auf

Jahr\Monat	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahres-NS
NS in mm	30.3	22.4	33.6	12.3	2	3.7	0	0	6.6	0.8	0.8	20	132.4

Innerhalb der Versuchszeit von 2013 bis 2018 kann ein abnehmender Trend des Jahresniederschlages beobachtet werden (Abb.2).

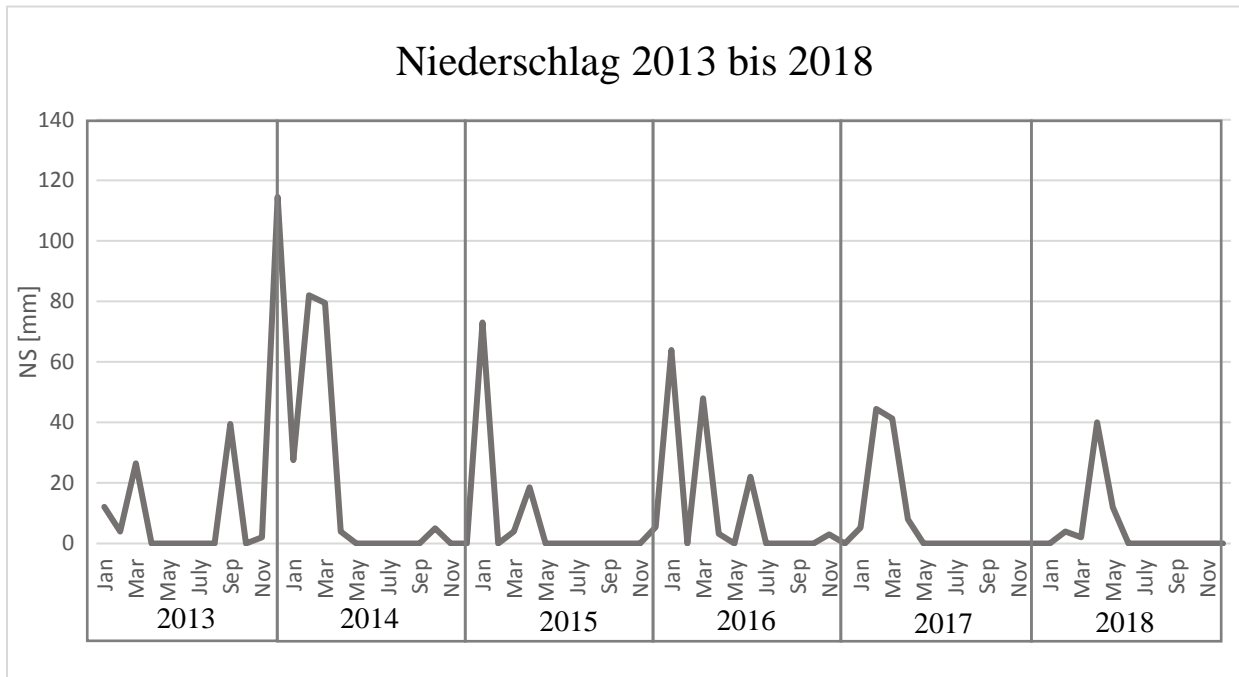


Abb. 2: Darstellung des Niederschlagverlaufes von 2013 bis 2018 auf Rooiklip

Die Region um Rooiklip weist eine Durchschnittstemperatur von 24.2 °C mit minimal 4.9 und maximal 40.3 °C im Jahresverlauf auf (Abb.3). Im Durchschnitt schwankt die Temperatur am Tag um bis zu 16.9 °C (JÜRGENS et al. 2010). Diese Daten stammen von der Wetterstation auf Roosand, welches 14 km nordöstlich von Rooiklip liegt.

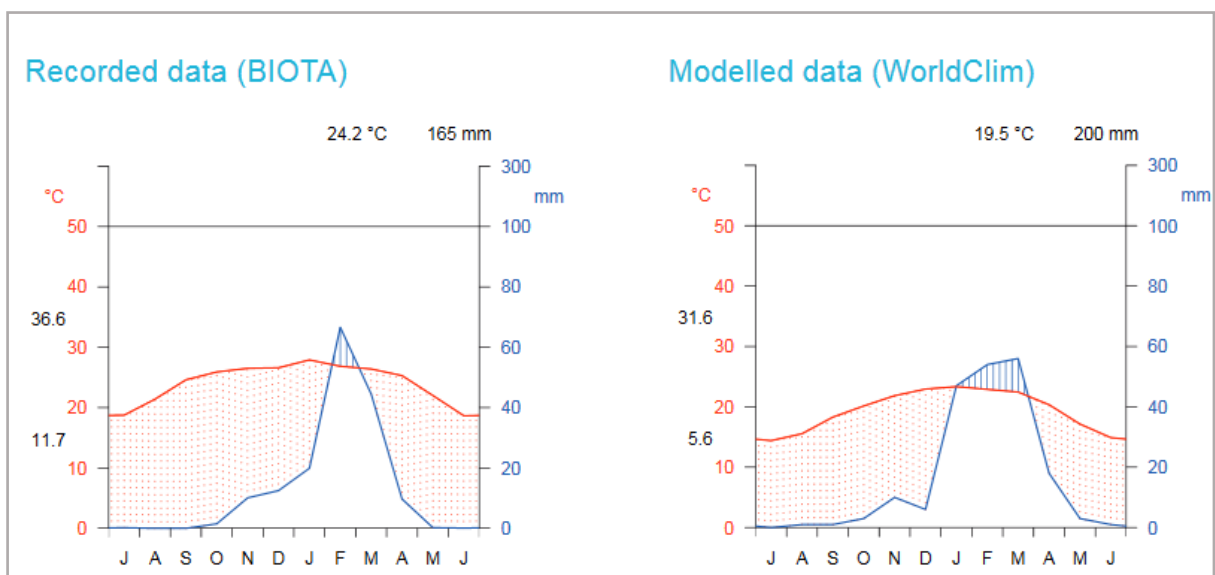


Abb. 3: Beobachtetes und modelliertes Klimadiagramm von Roosand nach BIOTA (JÜRGENS et al. 2010)

2.3 Vegetationszonen

Die genaue Unterteilung Namibias in Vegetationszonen variiert von Autor zu Autor. Insbesondere die nördliche Ausdehnung der Nama Karoo ist variabel festgelegt. Nach Definition der WWF Terrestrial Ecoregions (Abb. 4), erstreckt sich die Nama Karoo in den Norden bis maximal nach Keetmanshoop (BURGESS et al. 2004). Allerdings weisen die Forschungsstationen Narais und Duruchaus nach der Analyse der BIOTA die typische Vegetation der Nama Karoo auf, obwohl diese 400 km nördlich von Keetmanshoop auf Höhe von Windhoek liegen (JÜRGENS et al. 2010).

Aufgrund der differenzierteren Aufteilung der Vegetationszonen im Bereich von Rooiklip wird in dieser Arbeit mit dem vorgeschlagenen Model des WWF gearbeitet, wobei es sich hierbei lediglich um eine vereinfachte Darstellung von Ökozonen handelt, welche im Detail betrachtet ebenfalls in vielzählige Strukturen unterteilt werden können.

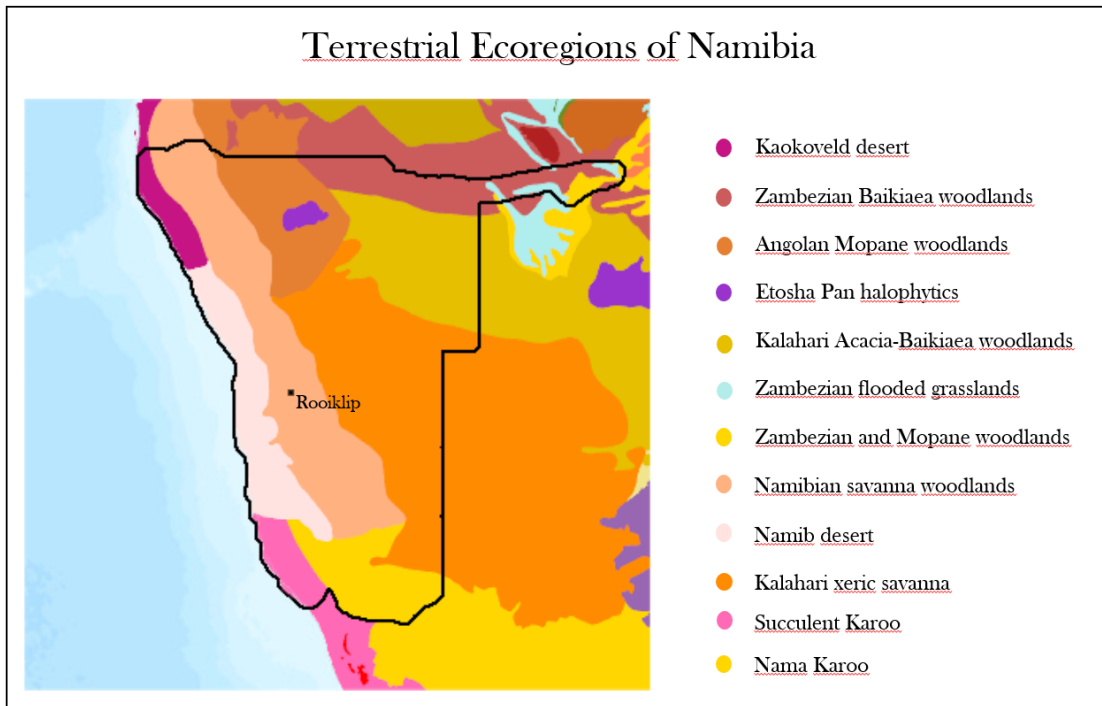


Abb. 4: Aufteilung Namibias in Ökozonen nach WWF (BURGESS et al. 2004)

Nach WWF wird das Gebiet um Rooiklip zu den Namibian savanna woodlands, einer Übergangszone zwischen der Namibwüste und der Kalahari xeric savanna gezählt (Abb. 5).

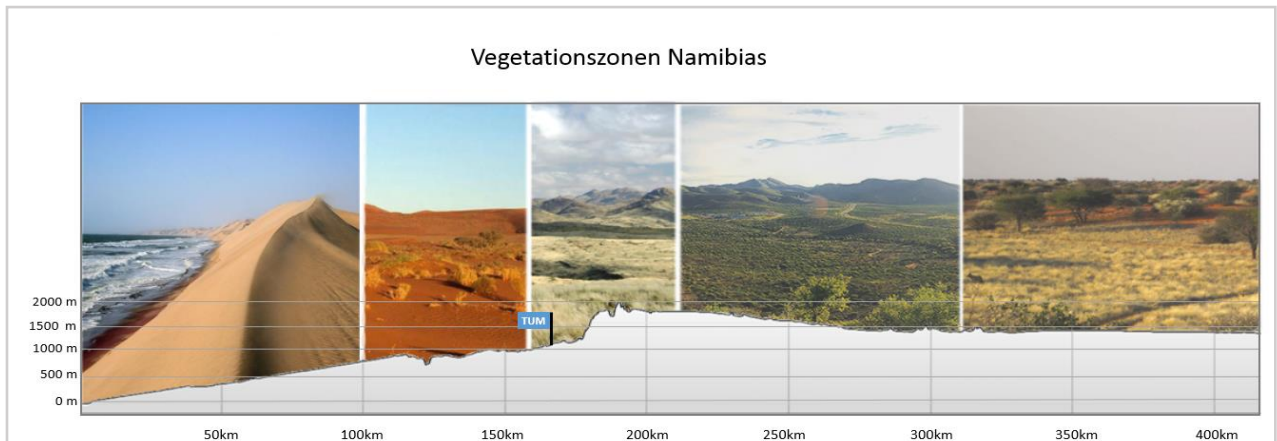


Abb 5: Vegetationszonen Namibias mit Höhenprofil

Durch die kurze Vegetationszeit ist das Landschaftsbild hauptsächlich von aridem Grasland, eingestreuten Zwergsträucher, vereinzelt Bäumen sowie annuellen Kräutern geprägt. Die charakterisierende Baumart ist *Vachellia reficiens* (ehem. *Acacia reficiens*) (STROHBACH et al. 2010). Rooiklip weist eine ausgeprägte Phänologie auf. Im Frühjahr wachsen und blühen Gräser und Kräuter unter geeigneten Bedingungen nahezu flächendeckend, während für den Rest des Jahres die Vegetation oberflächlich abstirbt (Abb. 6). Perenne Pflanzen überdauern bis zum nächsten Niederschlag unterirdisch und annuelle als Samen in der Seedbank. Aufgrund hoher Niederschläge innerhalb der letzten zehn Jahre (290 mm Gesamtjahresniederschlag in 2009) kann sich die krautige Pflanzen *Crotalaria podocarpa* stark ausbreiten, wodurch lokal Grasbestände verdrängt werden.



Abb. 6: Jahreszeitlicher Wandel der Vegetation Rooiklips: links Vegetationsphase, rechts Trockenzeit

2.4 Versuchsaufbau

Zur Bestimmung der Aktivitätsdichte der Arthropoden wurden auf den Testflächen Bodenfallen ausgebracht. Ursprünglich diente der Versuchsaufbau dazu, den Einfluss der Verbuschung durch *Crotalaria podocarpa* auf die Arthropodengemeinschaft zu analysieren. Hierfür wurden jeweils 15 Plots auf zwei Testflächen angelegt, wobei auf der Testfläche B vor Versuchsbeginn per Hand der gesamte *Crotalaria*-Bestand entfernt wurde (Abb. 7).

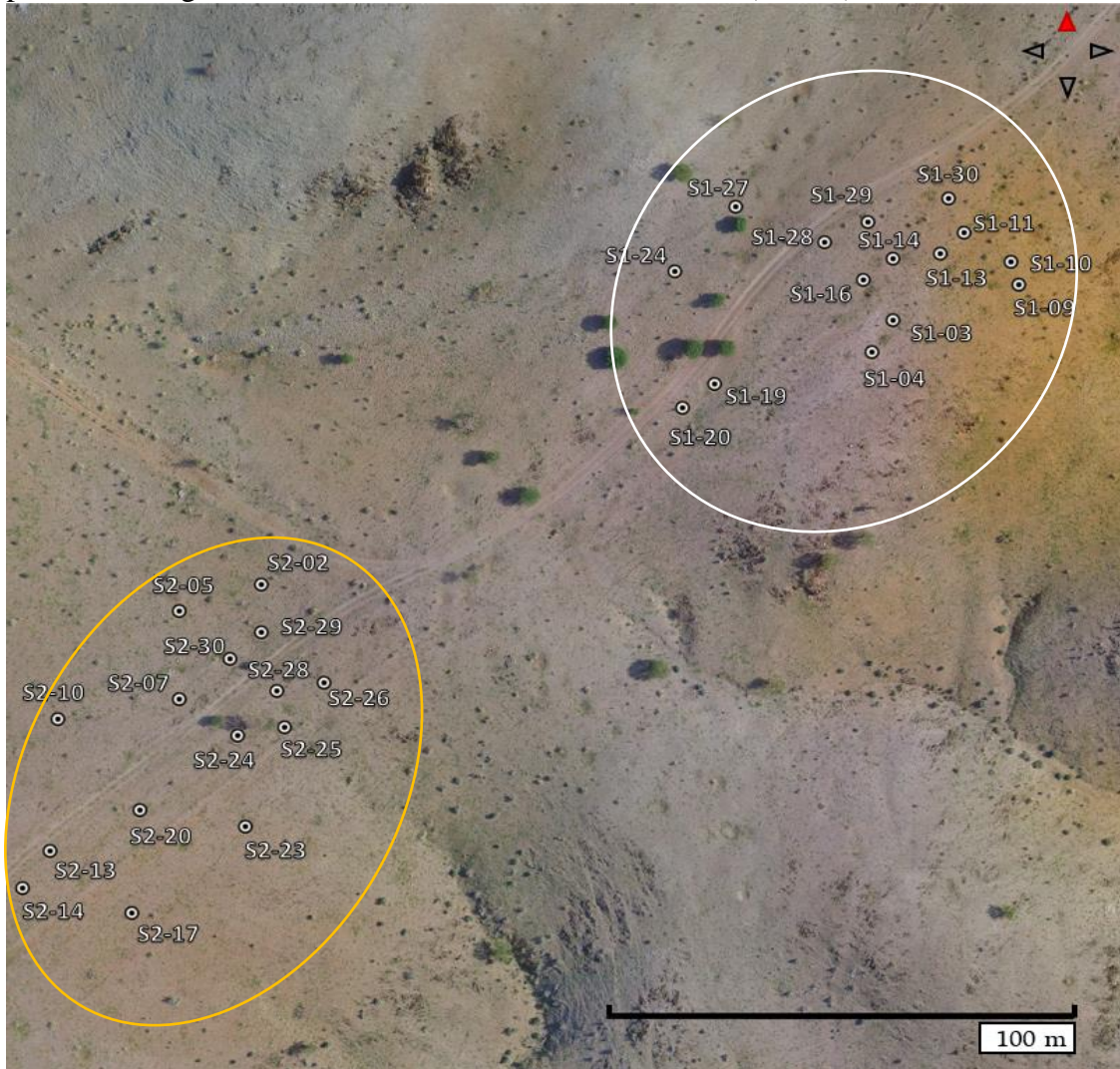


Abb. 7: Testflächen, Site A weiß umrandet mit dem Plotkürzel S1 und Site B gelb umrandet mit dem Plotkürzel S2

Da sich aufgrund ausbleibender Niederschläge eine Analyse der Verbuschung auf Dauer nicht durchführen ließ, wurde stattdessen die Zielsetzung auf eine Erfassung der Dynamik von Niederschlag, Vegetation und Arthropodenaktivität angepasst. Damit die vorherigen Datensammlungen nicht verloren gingen, wurde das Experiment mit den zuvor gewählten Versuchsflächen weitergeführt, ohne aber die *Crotalaria*-Bestände zu entfernen.

2.5 Bodenstruktur

Im Jahr 2015 erfolgte eine Analyse der Bodenstruktur der untersuchten Testflächen (HANE 2015). Hierbei wurde das Substrat in vier Kategorien eingeteilt und deren prozentualer Anteil auf dem jeweiligen Plot erfasst (Abb. 8).

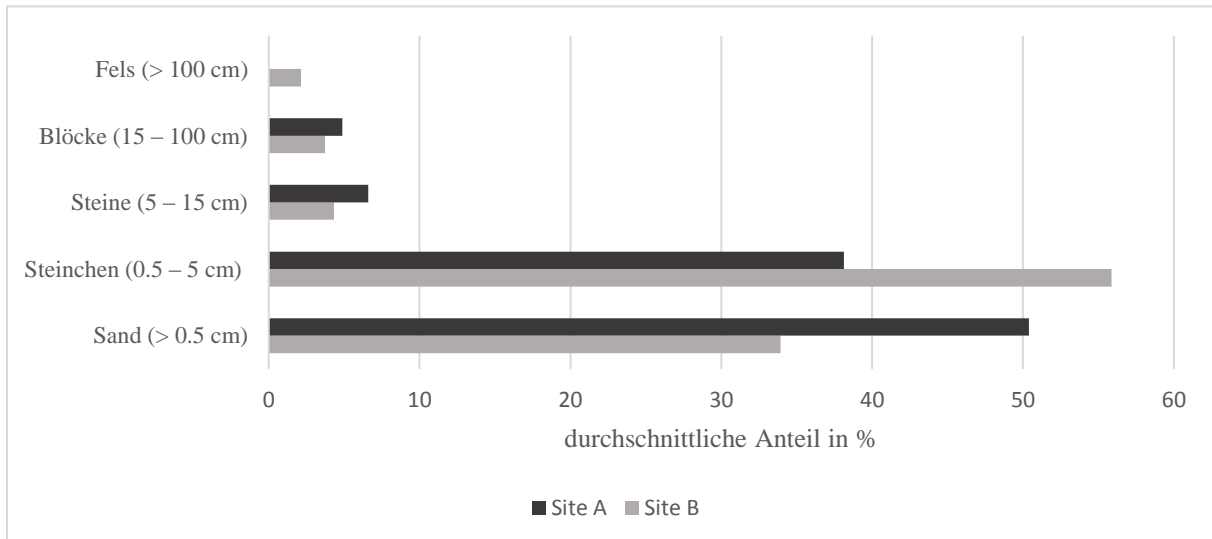


Abb. 8: Prozentualer Anteil des Substrates pro Site

2.6 Vegetation

Vor Durchführung der Versuche mit den Arthropoden wurde die Vegetation der Plots auf einer jeweils 2x2 m großen Fläche erfasst, um mögliche Zusammenhänge zwischen der Arthropodengemeinschaft und der Flora analysieren zu können (Tab. 2).

Tab. 2: Die zehn häufigsten Pflanzenarten auf den analysierten Testflächen

Art	Habitus	Wuchsform	Anteil an der Gesamtindividuenzahl in %	Anteil an der Flächendeckung in %
<i>Stipagrostis ciliata</i>	Gras	mehrjährig	5.4	35.1
<i>Enneapogon desvauxii</i>	Gras	ein- bis mehrjährig	27.8	5.7
<i>Anthephora schinzii</i>	Gras	einjährig	50.5	11.6
<i>Tribulus zeyheri</i>	Kraut	mehrjährig	4.9	34
<i>Euphorbia glanduligera</i>	Kraut	einjährig	2.3	0.7
<i>Crotalaria podocarpa</i>	Kraut	einjährig	1.7	6.1
<i>Gisekia africana</i>	Kraut	einjährig	1.1	1.2
<i>Indigofera auricomma</i>	Kraut	einjährig	1.0	0.5
<i>Tephrosia dregeana</i>	Kraut	einjährig	0.9	0.3

Einjährige Gräser machen einen Großteil der erfassten Individuen aus, allerdings weisen das mehrjährige Gras *Stipagrostis ciliata* und die mehrjährigen Kräuter *Tribulus zeyheri* und *Crotalaria podocarpa* eine größere Flächendeckung auf.

2.7 Erfassung der Arthropodenaktivität

Bei den einzelnen Durchgängen wurden im Zentrum der festgelegten Plots 0,5 l Plastikbecher so tief eingegraben, dass deren Rand nahtlos mit dem Boden abschloss (Abb. 9). Als Fangflüssigkeit wurde eine 1:1 Mischung aus Ethylen-Glykol und Wasser sowie einige Tropfen Spülmittel verwendet. Die Fallen wurden 7 Tage lang ausgebracht. Nach Ende des Durchganges wurden die Proben eingesammelt, die Arthropoden bis auf Ordnungsebene bestimmt und anschließend in 70% Ethanol konserviert.

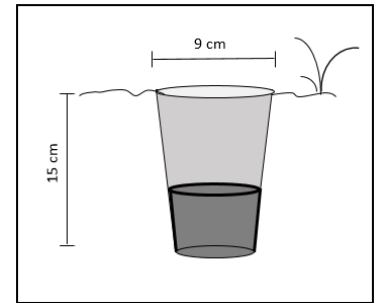


Abbildung 9: Schematische Darstellung einer Barberfalle

Insgesamt wurden pro Jahr zwei Durchgänge in einem Abstand von etwa zwei Wochen durchgeführt (Tab. 3). Da 2018 zum Abschluss des ersten Durchganges noch kein Niederschlag in diesem Jahr vorlag, wurde der zweite Durchgang versetzt nach ausreichendem Regenfall durchgeführt.

Tab. 3: Startdaten aller Durchgänge

Jahr	Durchgang 1	Durchgang 2
2013	12.03.2013	20.03.2013
2014	10.03.2014	29.03.2014
2015	02.03.2015	20.03.2015
2016	11.03.2016	29.03.2016
2017	02.03.2017	29.03.2017
2018	12.03.2018	05.04.2018

2.8 Auswertung

Zunächst wurden die Arthropoden bestimmt und in Excel 2013 Tabellen eingetragen und anschließend der Effekt der unterschiedlichen Umweltparameter mit Hilfe des Statistikprogrammes R (Version 1.1.456) analysiert.

Mögliche Unterschiede zwischen der Verteilung des Substrats auf den Sites A und B wurden mit einem U-Test nachgewiesen.

Für die Analyse wurden zunächst mit dem „vegan“ Erweiterungspaket unterschiedliche Nichtmetrische multidimensionale Skalierungen (NMDS) der Arthropodencommunity erstellt, welche eine erste visuelle Darstellung der Auswirkung unterschiedlicher Umweltfaktoren ermöglichen. Bei einer NMDS wird die Arthropodengemeinschaft eines einzelnen Durchgangs als Ellipse dargestellt. Anhand des Abstandes der Ellipsen zueinander können erste Rückschlüsse darauf gezogen werden, wie ähnlich zwei Artengemeinschaften sind. Trägt man zusätzlich Umweltfaktoren in die NMDS ein, wie z.B. Grasbedeckung, werden die Artengemeinschaften entlang dieses Faktors angeordnet. Zusätzlich werden einzelne Arten in relativer Position zu Umweltfaktoren und Artengemeinschaften dargestellt (Abb. 10).

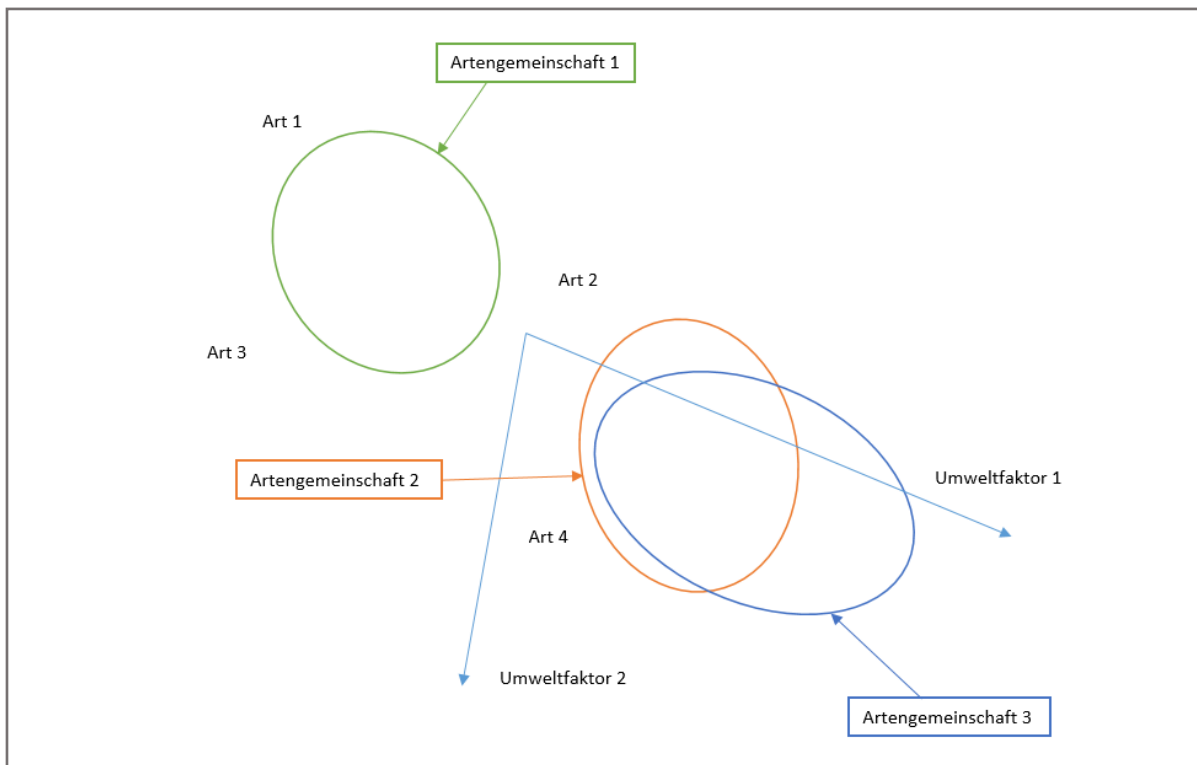


Abb. 10: Beispiel-NMDS mit zwei Umweltfaktoren (Pfeile), drei Artengemeinschaften (Ellipsen) und verschiedenen Arten (Art 1-4)

In diesem Beispiel reagiert die Artengemeinschaft 1 anders als die Artengemeinschaften 2 und 3, welche sich stark ähneln. Die Art 1 wird negativ durch den Umweltfaktor 1 beeinflusst und kommt bei Artengemeinschaft 1 häufig vor.

Die α -Biodiversität der Vegetation und Arthropodengemeinschaft auf beiden wurde mit dem Simpson Index und dessen Evenness für jeden Durchgang ermittelt.

Formel zur Berechnung des Simpson Index:

N = Gesamtindividuenzahl

n_i = Individuenzahl einer Ordnung

S = maximaler Wert für $1/D$ (Ordnungsanzahl)

$$D = \frac{\sum n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

umgekehrter Simpson Diversität Index:

$$1 - D = 1 - \frac{\sum n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Formel zur Berechnung der Evenness:

$$E = \frac{1/D}{S}$$

Des Weiteren wurde die β -Biodiversität der Vegetation der Sites A und B mit dem Sørensen similarity coefficient berechnet.

Formel zur Berechnung des Sørensen similarity coefficient:

a = Arten die auf beiden Sites vorkommen

b = Arten die nur auf Site A vorkommen

c = Arten die nur auf Site B vorkommen

$$S_{SD} = \frac{2a}{2a + b + c}$$

Für die statistische Analyse wurde ein Generalized Linear Model (GLM) erstellt (Tab. 4). Grund hierfür war, dass die Datensätze keine Normalverteilung aufwiesen (Shapiro-Test: p-Wert = $< 2.2e^{-16}$) und als unabhängige Variablen auch Faktoren (Site A und B) in die Auswertung mit einbezogen wurden. Da die Varianz der Daten zum Teil größer als der Erwartungswert war und somit Overdispersion vorlag, wurde in solchen Fällen ein GLM der Familie quasipoisson angewendet.

Tab. 4: Variablen des GLMs

Abhängige Variable	
Arthropodentaxa	Erfasste Aktivitätsdichte
Unabhängige Variablen	
NS	Niederschlag der letzten 14 Tage vor Versuchsbeginn
NS2	Niederschlag innerhalb 2 bis 4 Wochen vor Versuchsbeginn
Days	Abstand des letzten großen NS (> 5mm) vor Versuchsbeginn
Ckraut	Anteil des Plots der mit krautigen Pflanzen bedeckt ist
Cgras	Anteil des Plots der mit Gräsern bedeckt ist
Interaktion	Interaktion von Cgras und Ckraut
Sand	Anteil Sand des Substrates im Plot
Steinchen	Anteil Steinchen des Substrates im Plot
Steine	Anteil Steine des Substrates im Plot
Blöcke	Anteil Blöcke des Substrates im Plot
Fels	Anteil Felsen des Substrates im Plot
Site	Versuchsfläche A und B

Der Effekt der Vegetationsinteraktion auf die unterschiedlichen Arthropodentaxa wurde mit dem „jtools“ Erweiterungspaket mit Interaktionsplots analysiert. Hierbei wird der Effekt eines steigenden Grasbewuchses auf die Arthropodenaktivität, bei einem durchschnittlichen krautigen Bewuchs (Mean) aufgezeichnet. Zusätzlich wird der Effekt bei überdurchschnittlich hohem (+ 1 SD) und niedrigem (- 1 SD) krautigem Bewuchs aufgetragen, wodurch Veränderungen des Effektes des Grasbewuchses in Abhängigkeit von variierendem krautigem Bewuchs visualisiert werden.

Die Bewertung des Versuchsaufbaus wurde mit dem Programm QGIS (Version 3.2) durchgeführt. Hierfür wurden Heatmaps unterschiedlicher Umweltfaktoren und Arthropodenaktivitäten des zweiten Durchganges von 2017 erstellt. Eine Heatmap dient der grafischen Darstellung von Datenverteilungen. Hierbei verändert sich die Farbe mit ansteigenden Datenwerten von dunkel nach hell. Dadurch können lokale Ansammlungen schnell erkannt werden.

3. Ergebnisse

3.1 Gesamtanalyse der Datensätze

Insgesamt wurden bei dem Experiment 28 unterschiedliche Arthropodentaxa erfasst (Tab. 5).

Tab. 5: Prozentualer Anteil aller erfassten Taxa

Taxon	Anteil in %	Taxon	Anteil in %
Acarina	1.67	Heteroptera	1.17
Aphidina	4.26	Isopoda	0.06
Apocrita	0.50	Larven	3.30
Araneae	2.36	Lepidoptera	1.46
Blattodea	2.48	Mantodea	0.04
Brachycera	1.95	Nematocera	0.78
Caelifera	1.06	Neuroptera	0.19
Chilopoda	0.17	Opiliones	0.01
Cicadina	8.07	Pseudoscorpiones	0.21
Coleoptera	10.68	Psocoptera	0.93
Collembola	9.16	Psyllidae	0.01
Diplopoda	0.01	Raphidioptera	0.01
Ensifera	0.80	Scorpiones	0.11
Formicidae	48.44	Thysanoptera	0.05

Zusätzlich erfolgte bei den Daten der Jahre 2017 und 2018 eine erweiterte Unterscheidung der Sammelgruppe Araneae in Araneae und Solifugae sowie von Entomobryomorpha und Symphypleona. Es konnten bei der Bestimmung von 2017 bis 2018 die Taxa Isoptera, Sternorrhyncha und Embioptera erfasst werden, welche bei der Gesamtanalyse, aufgrund möglicher Abweichungen bei der Bestimmung innerhalb der vorherigen Durchgänge, nicht mit einbezogen wurden.

Das Taxon Larven bezeichnet eine Sammelgruppe aller juvenilen Arthropoden, die in den Proben gefangen wurden. Aus den 28 erfassten Taxa wurden 18 bei der genaueren Analyse mit einbezogen. Hierbei wurden Taxa, welche relativ häufig und in fast allen Jahren gefangen wurden, ausgewählt (Abb. 11).

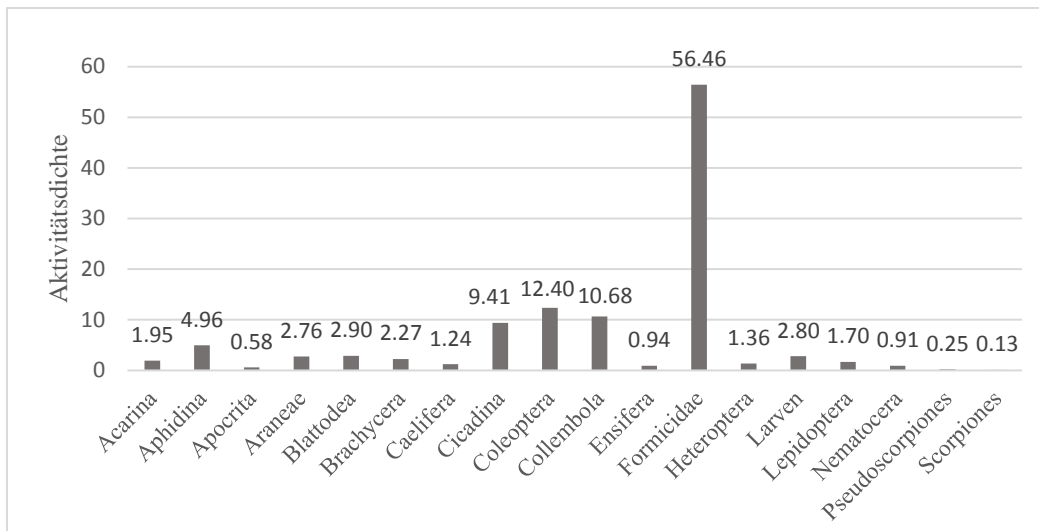


Abb. 11: Durchschnittliche Aktivitätsdichte pro Plot der genauer analysierten Arthropodentaxa

Die Gesamtaktivität aller Arthropoden zeigte keine Abhängigkeit vom Niederschlag der letzten 14 Tage (p -value = 0.66). Da der Anteil an Ameisen verglichen zu den anderen Arthropodentaxa mit bis zu 81.4 % sehr hoch ist, wurden für nachfolgende Untersuchungen Ameisen jeweils getrennt behandelt (Tab. 6).

Tab. 6: Anteil der Formicidae an der Gesamtaktivität

Durchgänge	Aktivität (Formicidae)	Aktivität (Rest)	Anteil % (Formicidae)	Summe aller gefangenen Individuen
2013 (1)	1883	430	81.4	2313
2013 (2)	2406	558	81.2	2964
2014 (1)	440	949	31.7	1389
2014 (2)	2932	2171	57.5	5103
2015 (1)	2188	712	75.4	2900
2015 (2)	4394	2213	66.5	6607
2016 (1)	903	1461	38.2	2364
2016 (2)	1663	1735	48.9	3398
2017 (1)	803	5075	13.7	5878
2017 (2)	612	3172	16.2	3784
2018 (1)	615	308	66.6	923
2018 (2)	300	625	32.4	925
Gesamt	19139	19409	49.7	38548

3.2 Grafische Analyse mittels NMDS

Um die visuelle Darstellung und ein Erkennen möglicher Unterschiede aller Durchgänge zu erleichtern wurden bei der NMDS die Sites A und B zusammengefasst (Abb. 12).

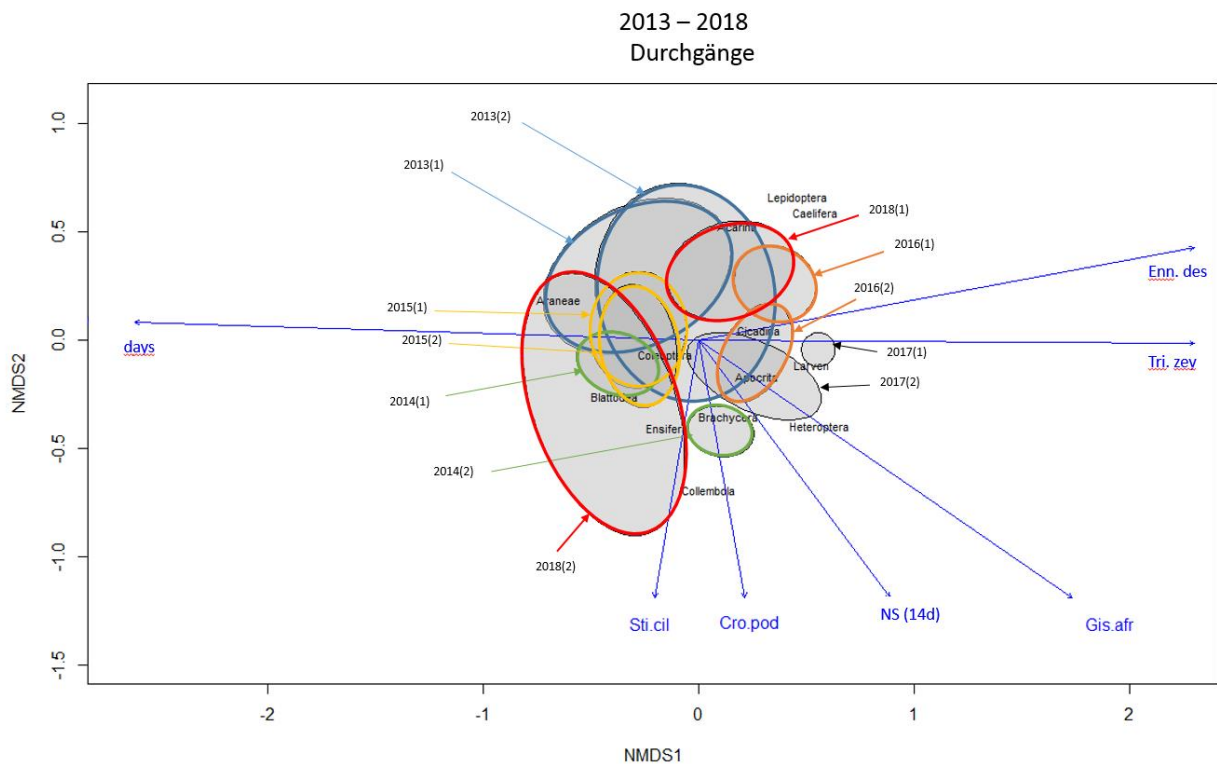


Abb. 12: vollständige NMDS der Durchgänge 2013 bis 2018 mit den Umweltfaktoren: days (Abstand des letzten großen NS (> 5mm) vor Versuchsbeginn), Sti.cil (*Stipagrostis ciliata*), Cro.pod (*Crotalaria podocarpa*), NS (Niederschlag der letzten 14 Tage vor Versuchsbeginn), Gis.afr (*Gisekia africana*), Tri.zey (*Tribulus zeyheri*) und Enn.des (*Enneapogon desvauxii*)

Als Umweltfaktoren wurde zunächst der Niederschlag innerhalb der letzten 14 Tage vor Versuchsbeginn ausgewählt. Zusätzlich wurden dominante Pflanzenarten mit einbezogen.

Basierend auf der Ausrichtung des einjährigen Grases *Enneapogon desvauxii* wurde zusätzlich der Umweltfaktor Anzahl der Tage seit dem letzten für die Vegetation relevanten Niederschlages (> 5mm) berechnet, welcher entgegen dem Umweltfaktor *Enneapogon* und *Tribulus* gerichtet ist.

Betrachtet man die Durchgänge der einzelnen Jahre, so lässt sich bei 2014, 2017 und 2018 ein Unterschied feststellen, wohingegen bei 2013, 2015 und 2016 kein Unterschied in der Arthropodengemeinschaft vorliegt (Tab. 7). Der Grund für diesen Unterschied lässt sich teilweise mit Hilfe einer Niederschlagsdifferenz der letzten 14 Tage erklären, allerdings fällt 2016 bei diesem Ansatz aus dem Rahmen.

Jahre	NMDS Unterschied	NS in mm (1.Durchgang)	NS in mm (2.Durchgang)	NS Differenz
2013	NEIN	0,5	0,5	0
2014	JA	26,5	79,5	+53
2015	NEIN	2,5	1,5	-1
2016	NEIN	48	0	-48
2017	JA	9,5	0,8	-8,7
2018	JA	0	8	+8

Tab. 7: Ergebnisse der NMDS verglichen mit dem Niederschlag

Da der zunächst ausgewählte Wert des Niederschlages in 2016 unpassend erscheint, wurde zusätzlich versuchsweise der Niederschlag 7 bis 21 Tage vor Versuchsbeginn bei der NMDS mit einbezogen. Zusätzlich wurde für alle Plots die Pflanzenartenanzahl ermittelt und ebenfalls aufgetragen (Abb. 13).

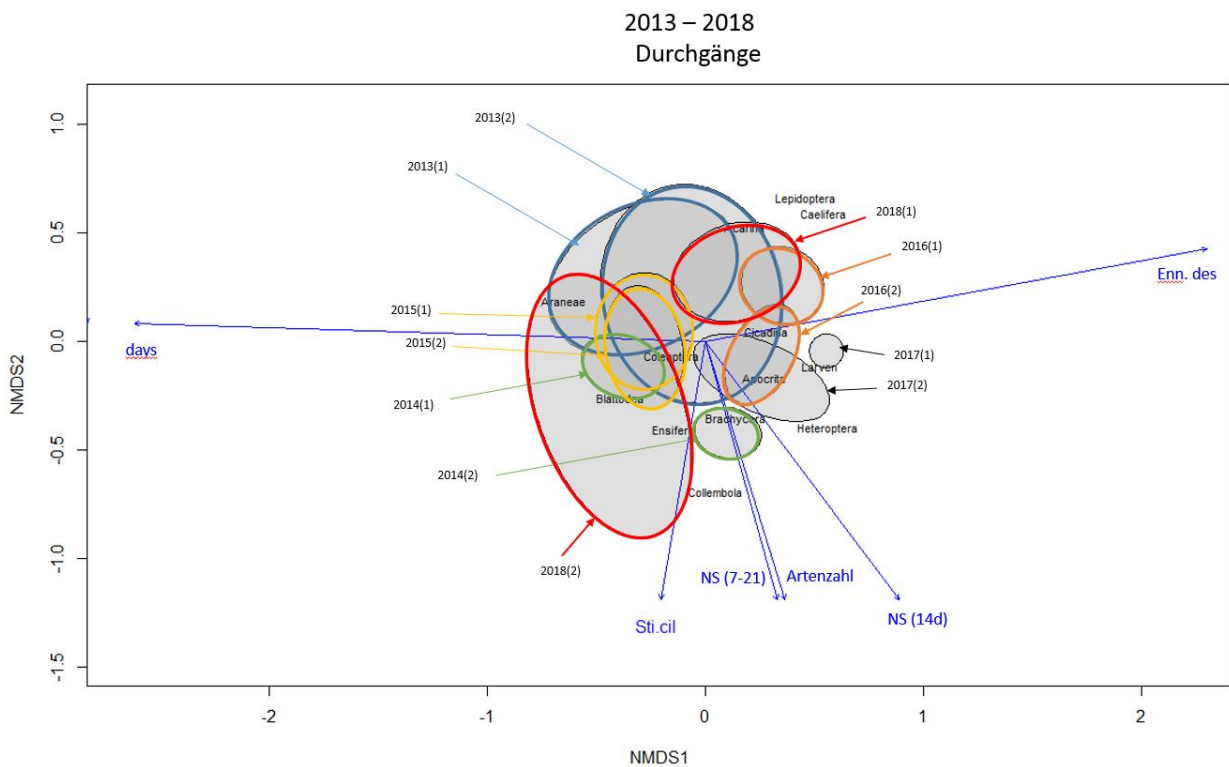


Abb. 13: zweite Iteration der NMDS mit den Umweltfaktoren NS (7-21) = Niederschlag 7 bis 21 Tage vor Versuchsbeginn, days (Abstand des letzten großen NS (> 5mm) vor Versuchsbeginn, NS (14d) = Niederschlag der letzten 14 Tage vor Versuchsbeginn, Artenzahl = Anzahl der erfassten Pflanzenarten pro Plot, *Sti.cil* (*Stipagrostis ciliata*), *Enn.des* (*Enneapogon desvauxii*)

3.3 Biodiversitätsanalyse

Um den Unterschied der Sites A und B abschätzen zu können, wurde die Flora und die Fauna getrennt voneinander betrachtet. Um mögliche Unterschiede der Sites ermitteln zu können, wurde zunächst die α -Diversität mit Hilfe des Simpson Indexes und anschließend für den direkten Vergleich die β -Diversität mit dem Sorensen Similarity Index bestimmt. Aufgrund fehlender Erfassung der Individuenzahlen im Jahr 2017 konnte kein Biodiversitätsindex für diese Durchgänge ermittelt werden. Der ermittelte Simpson Diversitätsindex der Vegetation war im Durchschnitt auf Site A höher als auf Site B. Der Sorensen Similarity Index ergab, dass die beiden Sites im Durchschnitt zu 83,8 % identisch sind (Tab. 8).

Tab. 8: Diversitätsanalyse der Vegetation

Durchschnittswert	A	B
Simpson Diversitäts Index (1-D)	0.644 \pm 0.177	0.543 \pm 0.167
Evenness des Simpson Index	0.261 \pm 0.116	0.190 \pm 0.067
Sorensen Similarity Index in %	83.8 \pm 0.85	

Da die Bestimmung der Arthropoden nicht auf Artniveau erfolgte, konnte kein Sorensen Similarity Index ermittelt werden. Bei dem Vergleich des Diversitätsindex und der Evenness zeigte Site B höhere Werte als Site A (Tab. 9). Der Biodiversitätsindex der Arthropoden korreliert positiv mit dem Biodiversitätsindex der Vegetation ($p = 0.046$).

Tab. 9: Diversitätsanalyse der Arthropodengemeinschaft

Durchschnittswert	A	B
Simpson Diversitäts Index	0.590 \pm 0.224	0.646 \pm 0.181
Evenness des Simpson Index	0.199 \pm 0.103	0.241 \pm 0.118

3.4 Statistische Analyse mit GLM

(A) Substrat

Eine Analyse der Unterschiede des Substrates auf den Sites A und B mit einem U-Test, ergab einen signifikant niedrigeren Anteil an Sand (p -Wert = < 0.001) und Steinen (p -Wert = 0.021) auf Site B. Signifikant höher war der Anteil an Steinchen (p -Wert = < 0.0001) und Felsen (p -Wert = 0.001) auf Site B.

(B) Vegetation

Die Bedeckung der Plots mit krautigen Pflanzen ist signifikant durch den Niederschlag und die Konkurrenz mit Gräser geprägt, wohingegen die Grasbedeckung auch positiv durch den Anteil an Sand und Steinen beeinflusst wird. Zusätzlich hat der Faktor Site einen signifikanten Effekt auf die Grasbedeckung (Tab. 10). Die ermittelten p-Werte sind im Anhang (Tab. 26 und Tab. 27) aufgelistet.

Tab. 10: Auswirkung von Umweltfaktoren auf die Vegetation

	Niederschlag			Konkurrenz		Versuchs-aufbau	Substratstruktur				
	NS	NS2	days	Ckraut	Cgras	Site B	Sand	Stein-chen	Steine	Blöcke	Fels
Ckraut	+	+	-		-			-		-	
Cgras	+	+	-	-		+	+		+		

(C) Arthropoden

Sowohl Niederschlag als auch die Vegetation beeinflussen verschiedene Taxa signifikant auf unterschiedliche Art (Tab. 11).

Während sich ein erhöhter Abstand zum letzten Niederschlag ausschließlich negativ auf die Arthropoden wirkte, hatte die Niederschlagsmenge auf einige Taxa wie Apocrita, Coleoptera und Heteroptera einen signifikant positiven Effekt, wohingegen die Aktivität von anderen (z.B. Acarina, Araneae und Cicadina) durch steigende Niederschlagsmenge abnahm.

Die Vegetation hatte sowohl bei einigen herbivoren Taxa wie Aphidina und Cicadina als auch bei einigen insectivoren wie Araneae und Scorpiones einen signifikanten Effekt.

Die krautige Bedeckung hatte lediglich signifikant positive Effekte auf die Arthropodenaktivität, wohingegen die Bedeckung mit Gräsern bei Taxa wie Caelifera und Coleoptera einen signifikant negativen Effekt aufwies (p-Werte im Anhang Tab. 28 - 45).

Tab. 11: Auswirkungen signifikanter Umweltfaktoren auf Arthropodentaxa Teil 1

	Niederschlag			Vegetation			Versuchsaufbau
	NS (0-14)	NS (14-28)	Tage seit NS	Ckraut	Cgras	Interaktion	Site B
Acarina		+	-		-	+	-
Aphidina		-		+		-	
Apocrita	+	+			-	+	+
Araneae	-		-		+		-
Blattodea	+				+		
Brachycera	-	+	-		-	+	
Caelifera	-		-		-		
Cicadina	-	+	-	+	-	+	
Coleoptera	+	+			-	+	+
Collembola	+	+			-	+	
Ensifera	+	+					-
Formicidae	+		+	-	-	+	
Heteroptera	+	+	-	+	-	+	
Larven		+	-		-	+	
Lepidoptera			-	+			
Nematocera			-	+		-	
Pseudoscorp		-	-				
Scorpiones	-				+		-

Ebenfalls wurde bei dem GLM das Substrat mit einbezogen, wobei mitunter bei den Taxa Apocrita, Heteroptera und Nematocera der Anteil an Sand, Steinchen und Steine einen signifikant positiven Effekt hatte (Tab. 12).

Tab.12: Auswirkungen signifikanter Umweltfaktoren auf Arthropodentaxa Teil 2

	Substratstruktur				
	Sand	Steinchen	Steine	Blöcke	Fels
Acarina					
Aphidina	-	-			
Apocrita	+	+	+		
Araneae				-	
Blattodea					
Brachycera					
Caelifera					
Cicadina					
Coleoptera		-			
Collembola					
Ensifera					
Formicidae					
Heteroptera			+		
Larven					
Lepidoptera					
Nematocera		+	+		
Pseudoscorp.			-		
Scorpiones					

Bei einer genaueren Betrachtung der Interaktion der Bedeckung mit krautigen Pflanzen und Gräsern sind 2 Muster zu erkennen, die mit dem signifikanten Einfluss des Bewuchses zusammenhängen.

Mit einer positiven Interaktion der Vegetation ist ein signifikant negativer Effekt des Grasbewuchses verbunden, allerdings unterscheidet sich die Interaktion abhängig davon, ob der krautige Bewuchs einen signifikanten Effekt hat.

Bei den Taxa Acarina, Apocrita, Brachycera, Coleoptera, Collembola und Larven liegt eine negative Interaktion mit der Grasbedeckung vor, wohingegen die Bedeckung mit krautigen Bewuchs keinen signifikanten Einfluss auf die Aktivitätsdichte hat. Bei minimalem Grasbewuchs hat der krautige Bewuchs keinen Effekt auf die Aktivitätsdichte, bei zunehmendem Grasbewuchs wirkt sich ein krautiger Bewuchs hingegen positiv auf die gefangene Individuenzahl aus (Abb. 14). Die Stärke des Effekts des krautigen Bewuchses bei der Interaktion variiert zwischen den Arthropodentaxa, aber das grundsätzliche Modell bleibt gleich (Interaktionsplots im Anhang Abb. 26 - 36).

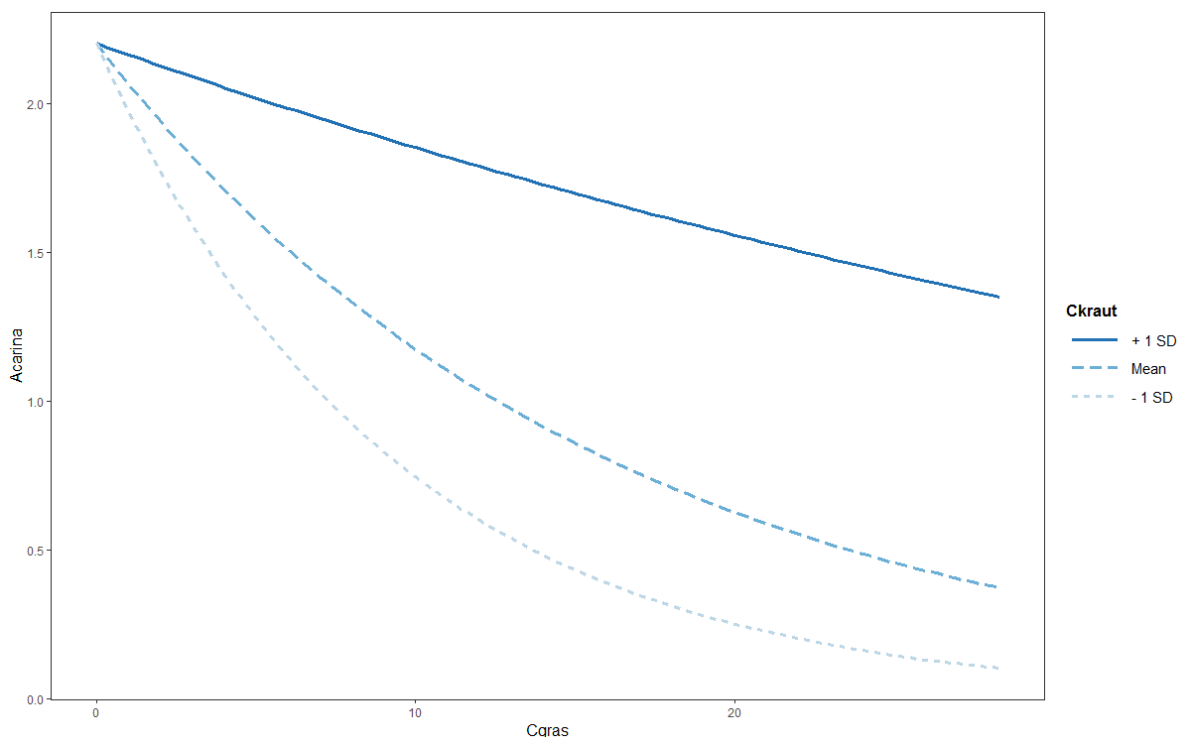


Abb. 14: Interaktionsplot des Bewuchses auf die Aktivitätsdichte von Acarina

Bei den Taxa Cicadina und Heteroptera konnte neben der signifikant positiven Interaktion und dem negativen Effekt des Grasbewuchses auch ein signifikant positiver Effekt des krautigen Bewuchses festgestellt werden. Dies zeigt sich anhand der erhöhten Aktivitätsdichte dieses Taxons bei durchschnittlich erhöhtem krautigem Bewuchs bei minimaler Grasbedeckung (Abb. 15).

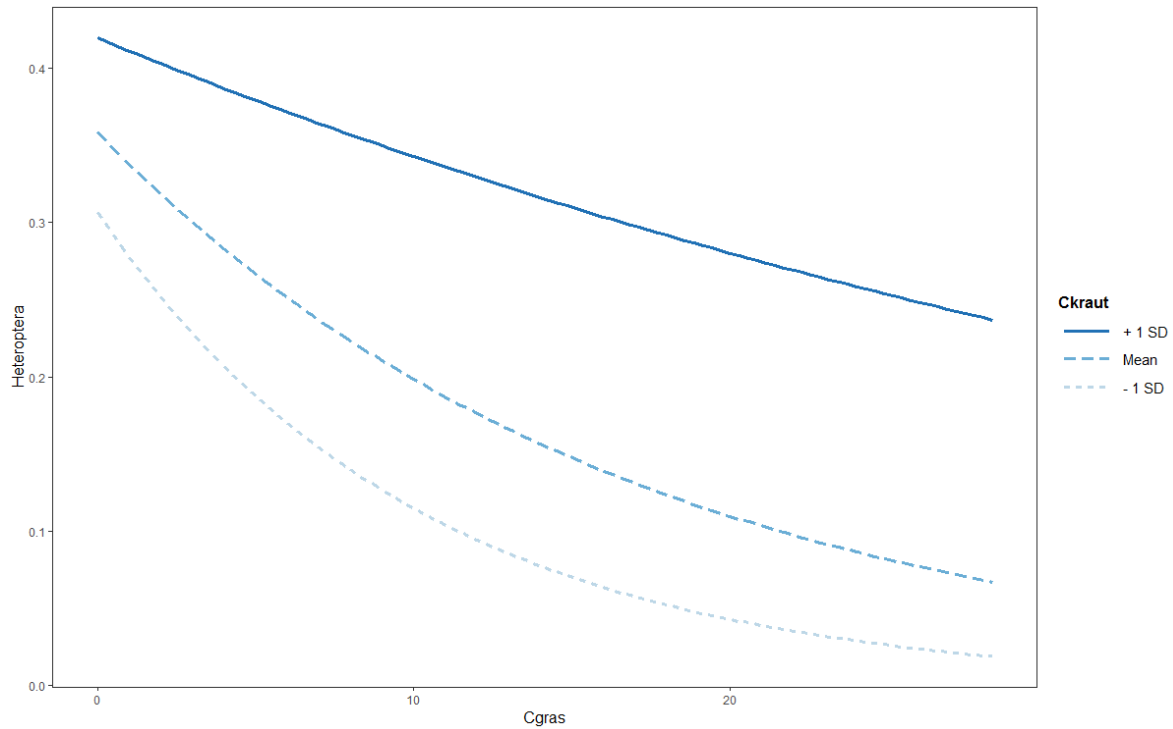


Abb. 15: Interaktionsplot des Bewuchses auf die Aktivitätsdichte von Heteroptera

Die Taxa Aphidina, Formicidae und Nematocera passen nicht in die oben genannten Modelle. Bei Aphidina und Nematocera liegt eine negative Interaktion mit dem Bewuchs vor (siehe Anhang). Bei Formicidae liegt ein positiver Effekt der Interaktion zusammen mit einem negativen Effekt des krautigen Bewuchses vor. Insofern wirkt sich krautiger Bewuchs bei fehlendem Grasbewuchs negativ, bei zunehmendem Grasbewuchs aber positiv auf die Aktivitätsdichte aus (Abb. 16).

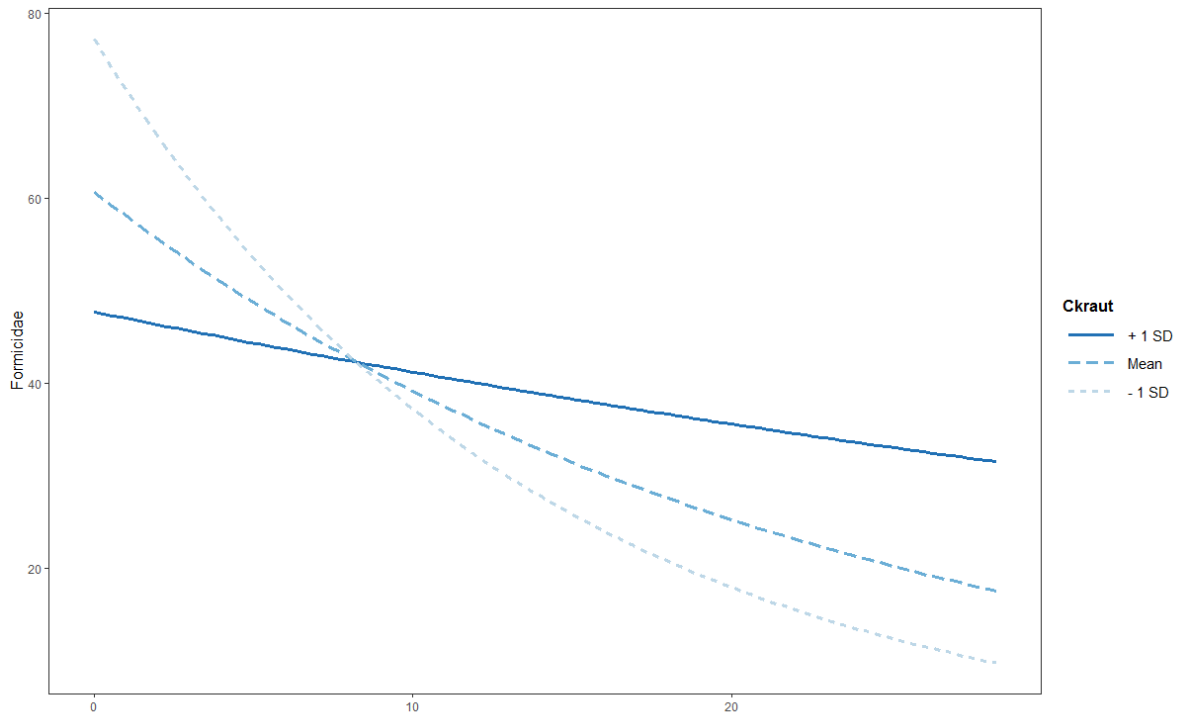


Abb. 16: Interaktionsplot des Bewuchses auf die Aktivitätsdichte von Formicidae

(D) Betrachtung einzelner Taxa

Der signifikant negative Einfluss der Vegetation auf die Aktivität von Ameisen ist besonders deutlich in den Jahren 2013, 2015, 2016 und 2017 ausgeprägt. Der zweite Durchgang von 2014 und beide Durchgänge von 2018 passen jedoch nicht zu diesem Modell (Abb. 17).

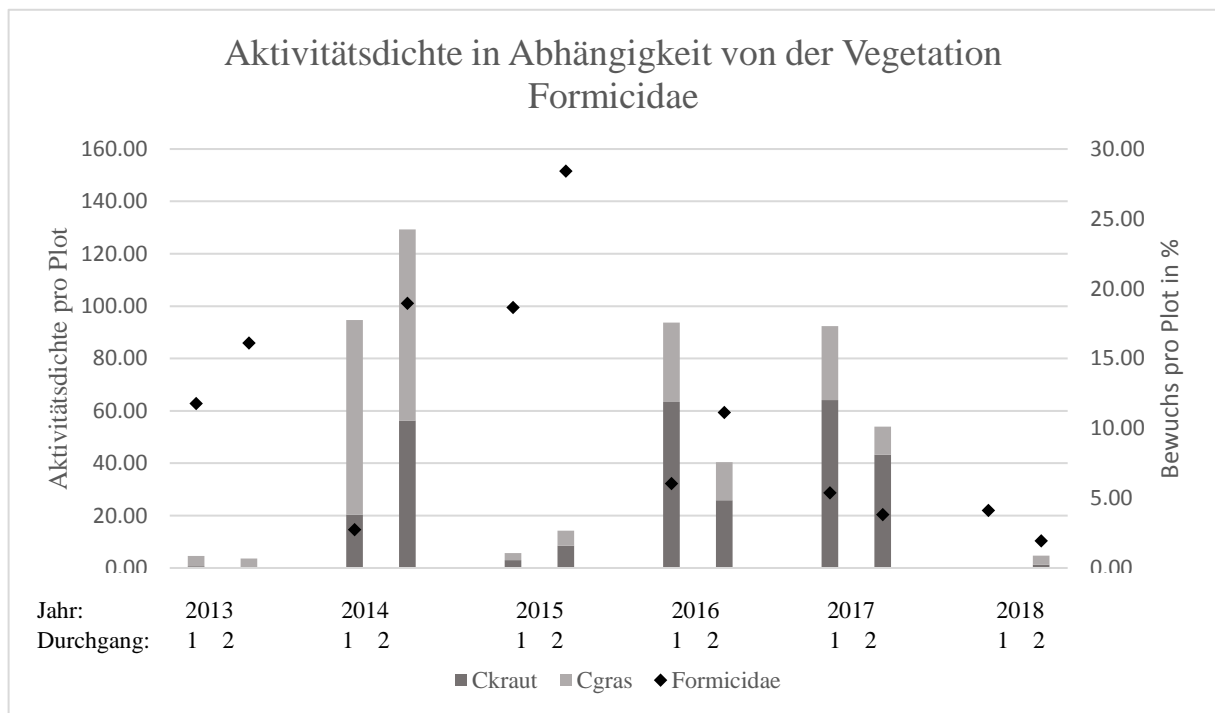


Abb. 17: Aktivitätsdichte von Formicidae in Abhängigkeit von der Vegetation

Die Aktivitätsdichte der Sammelgruppe Araneae ist scheinbar signifikant negativ durch den Niederschlag geprägt (Abb. 18). Allerdings erfolgte bei diesem Modell keine Unterscheidung zwischen Araneae und Solifugae.

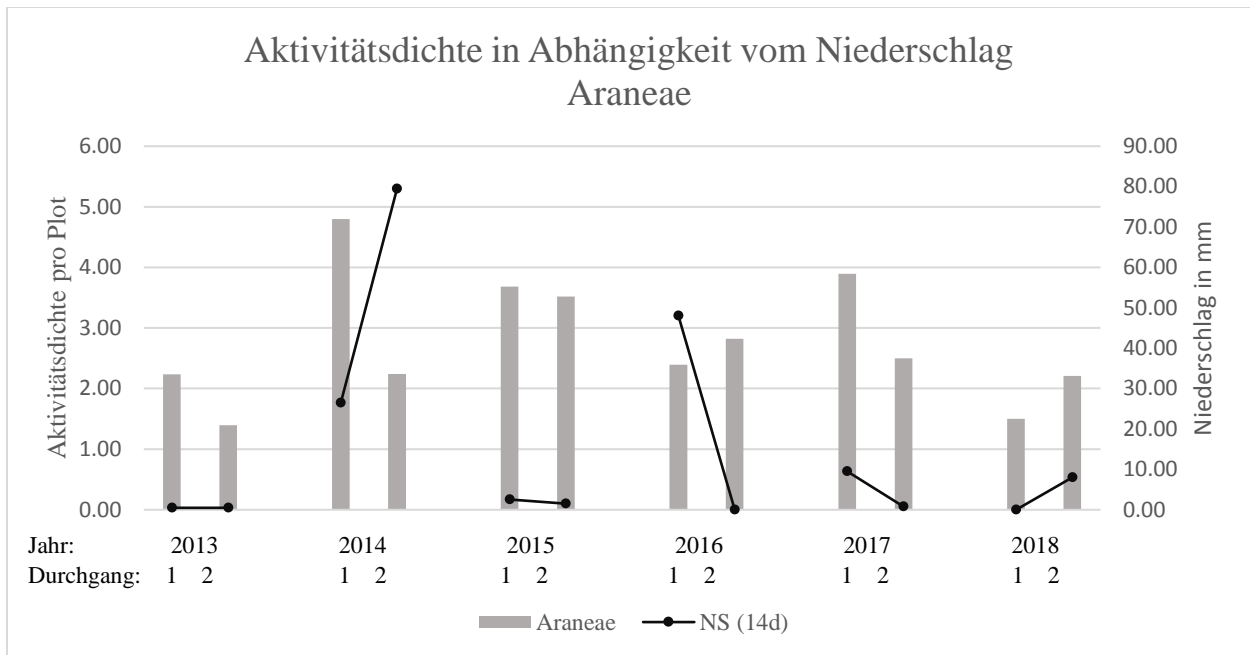


Abb. 18: Aktivitätsdichte von Araneae in Abhängigkeit vom Niederschlag der letzten 14 Tage

Die differenziertere Bestimmung des Taxon Araneae bei den Durchgängen von 2017 und 2018, zeigte, dass die Ordnung Solifugae bis zu 32 % dieses Taxon ausmachte (Abb. 19).

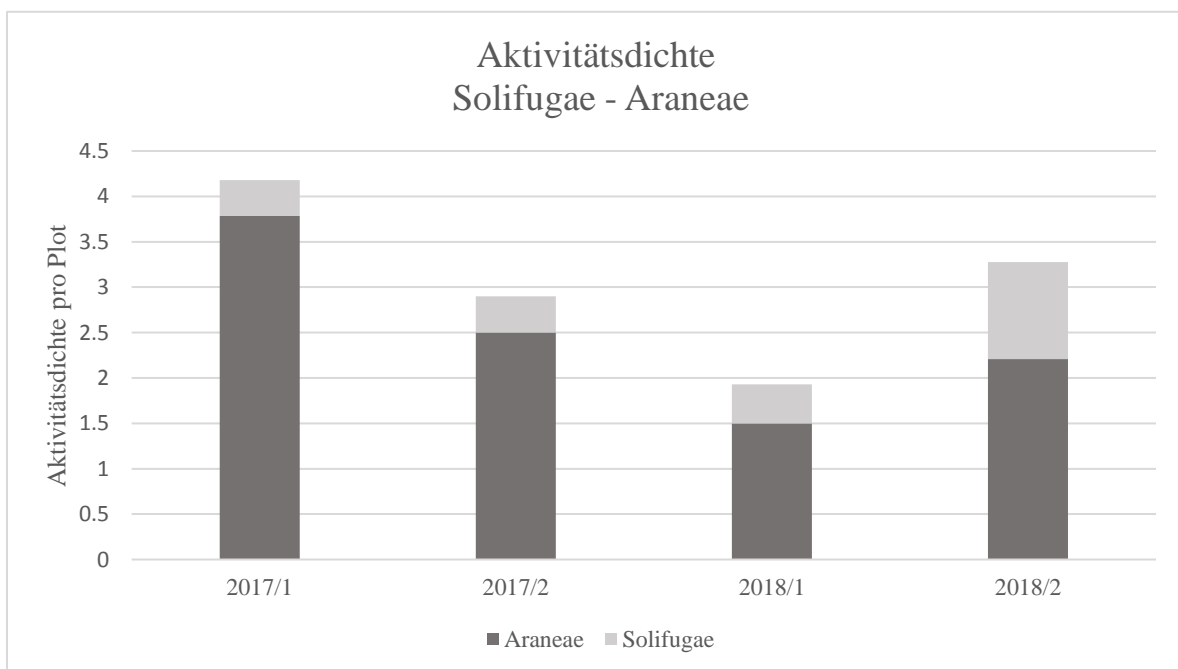


Abb. 19: Aktivitätsdichte von Araneae und Solifugae in den Jahren 2017 und 2018

Eine GLM-Analyse mit dem Datensatz von 2017 und 2018 ergab für Araneae einen stark signifikanten Einfluss des Niederschlages, wohingegen Solifugae vor allem signifikant negativ durch dichten Bewuchs beeinflusst wurde (Tab. 13).

Site B hatte auf beide Taxa einen negativen Effekt, allerdings ließ sich dieser durch keinen Substrattyp signifikant erklären (p-Werte im Anhang Tab. 46 und 47).

Tab. 13: Auswirkung signifikanter Umweltfaktoren auf Araneae und Solifugae (2017 bis 2018)

	Niederschlag			Vegetation			Versuchsaufbau
	NS (0-14)	NS (14-28)	Tage seit NS	Ckraut	Cgras	Interaktion	Site B
Araneae	+	+					-
Solifugae			-	-	-	+	-

Extreme Unterschiede zeigten sich bei der Analyse der Unterteilung des Taxon Collembola in Entomobryomorpha und Symphypleona. Beim ersten Durchgang von 2017 ließen sich durchschnittlich 45 Individuen von Symphypleona pro Plot fangen, wohingegen bei allen anderen Durchgängen durchschnittlich nur 1 Individuum in den Plots erfasst wurde (Abb. 20).

Verglichen dazu ließen sich von dem Taxon Entomobryomorpha relativ konstant durchschnittlich zwischen 6 und 14 Individuen pro Plot fangen. Im zweiten Durchgang von 2018 wurden kaum Individuen von Entomobryomorpha und Symphypleona erfasst.

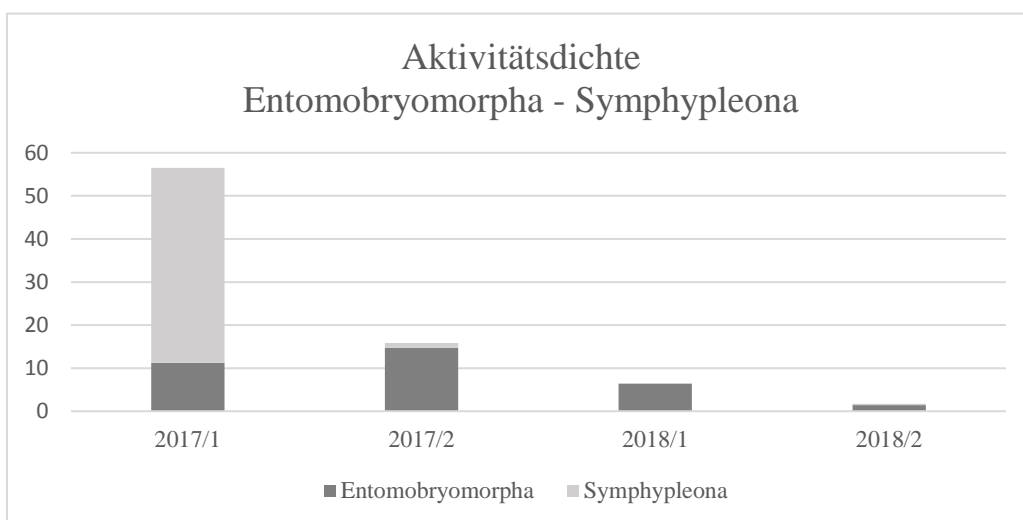


Abb. 20: Aktivitätsdichte von Entomobryomorpha und Symphypleona in den Jahren 2017 und 2018

Die GLM-Analyse der Jahre 2017 und 2018 ergab bei Entomobryomorpha lediglich einen signifikanten Effekt durch den Niederschlag 2 bis 4 Wochen vor Versuchsbeginn, wohingegen Symphypleona signifikant durch Niederschlag, Site und Anteil an Steinen beeinflusst wurde (Tab. 14). Die ermittelten p-Werte sind im Anhang (Tab. 48 und 49) aufgelistet.

Tab. 14: Auswirkung von Umweltfaktoren auf Entomobryomorpha und Symphypleona (2017 bis 2018)

	Niederschlag			Versuchsaufbau	Substrat
	NS (0-14)	NS (14-28)	Tage seit NS	Site B	Steine
Entomobryomorpha		+			
Symphypleona	+	+		-	+

Bei genauerer Betrachtung der Taxa Aphidina und Psocoptera zeigte sich eine extrem hohe Aktivitätsdichte in 2015. Beide weisen ansonsten nur im Jahr 2016 eine höhere Aktivitätsdichte auf. In den anderen Jahren fehlten die Taxa fast vollständig (Abb. 21).

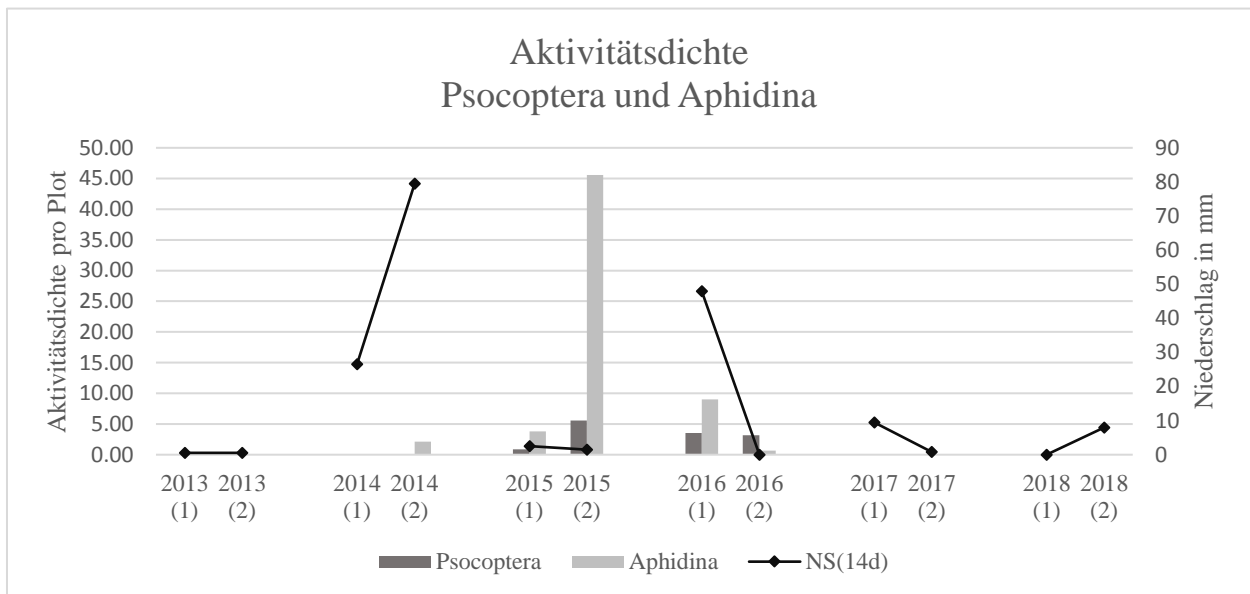


Abb. 21: Aktivitätsdichte von Psocoptera und Aphidina in Abhängigkeit vom Niederschlag

3.5 Versuchsaufbaubewertung

Die Heatmaps der Sites zeigten bei den untersuchten Arthropodentaxa aber auch bei der Vegetation eine nicht homogene Verteilung innerhalb der Plots.

Auf Site A waren lediglich die Umweltfaktoren Sand und Steinchen weitestgehend gleichmäßig auf den Plots verteilt, wohingegen Blöcke nur vermehrt an vereinzelt Plots zu finden waren (Abb. 22 und Abb. 23).

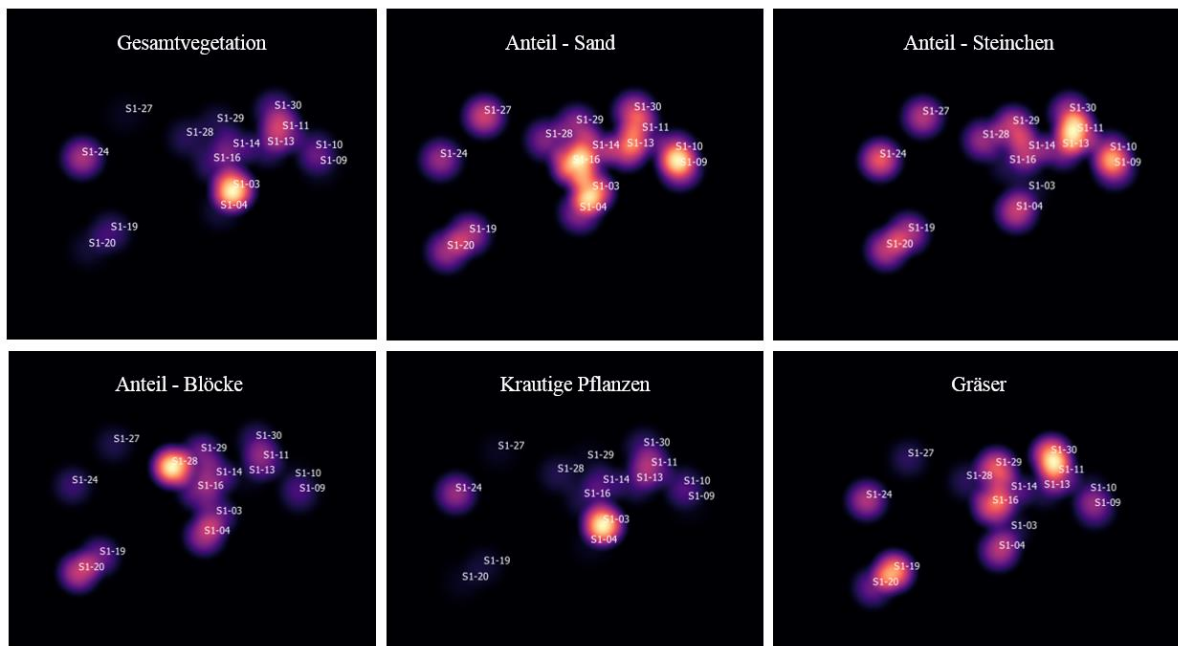


Abb. 22: Heatmap der Umweltfaktoren auf Site A

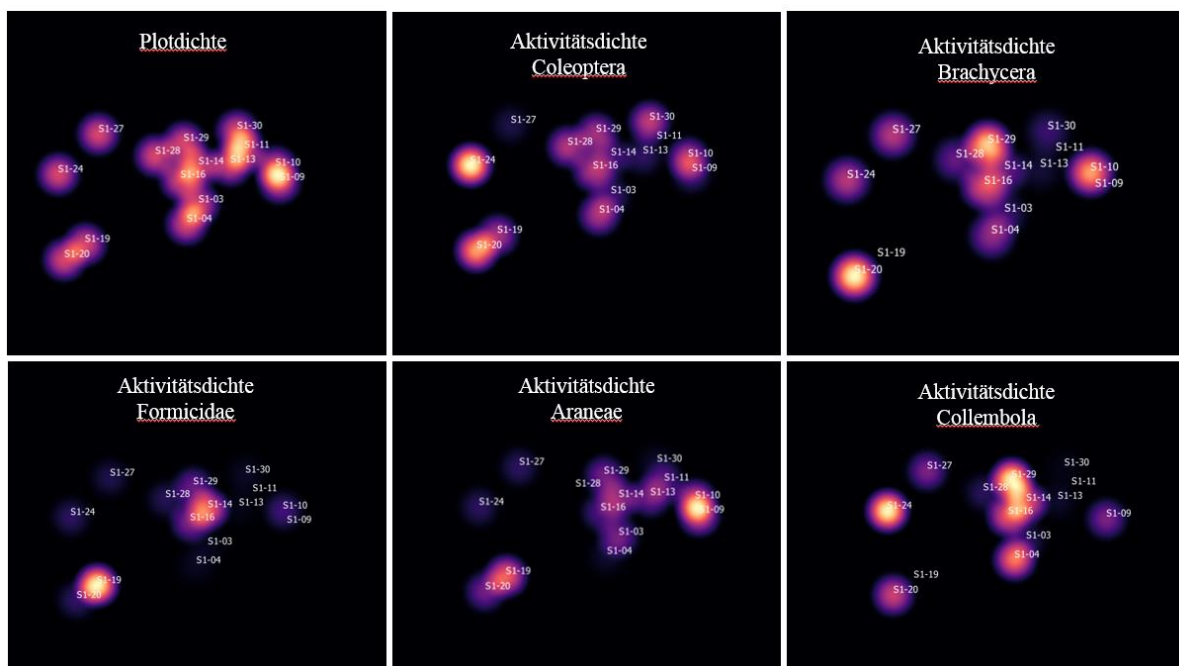


Abb. 23: Heatmap verschiedener Arthropodentaxa auf Site A

Die Heatmaps der Site B zeigten auffällige Unterschiede in der Verteilung des Anteils an Blöcken und der Vegetation (Abb. 24).

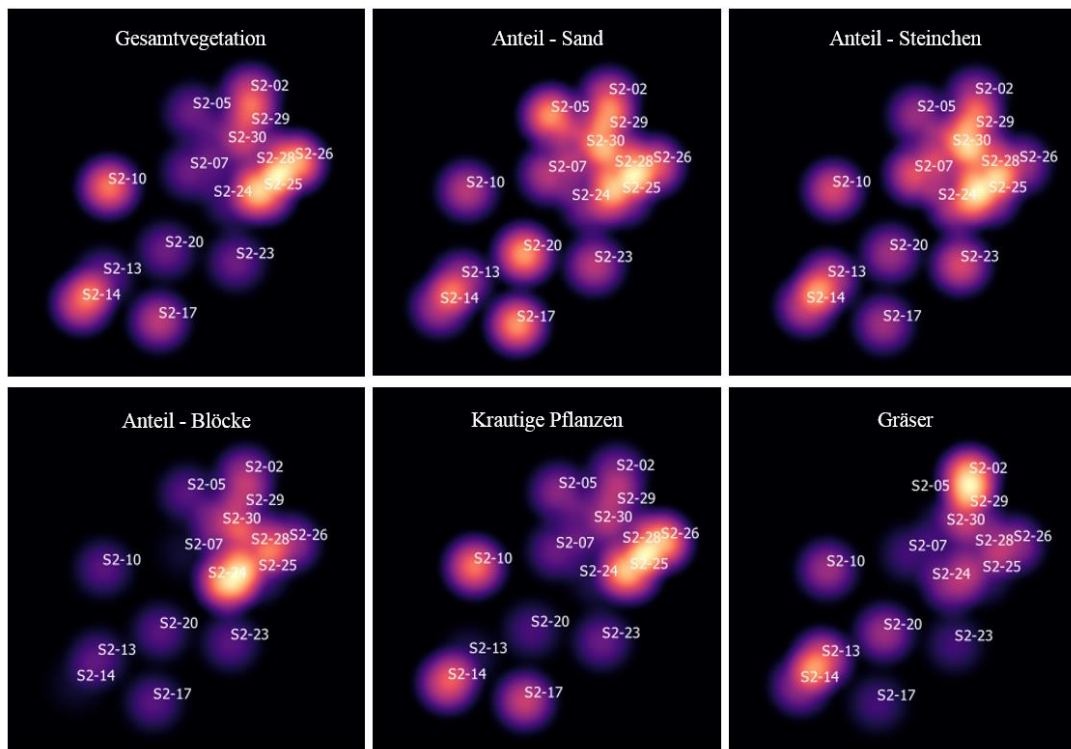


Abb. 24: Heatmap der Umweltfaktoren auf Site B

Die Betrachtung verschiedener Arthropodentaxa wies vor allem bei Collembola, Coleoptera und Araneae große Unterschiede auf (Abb. 25).

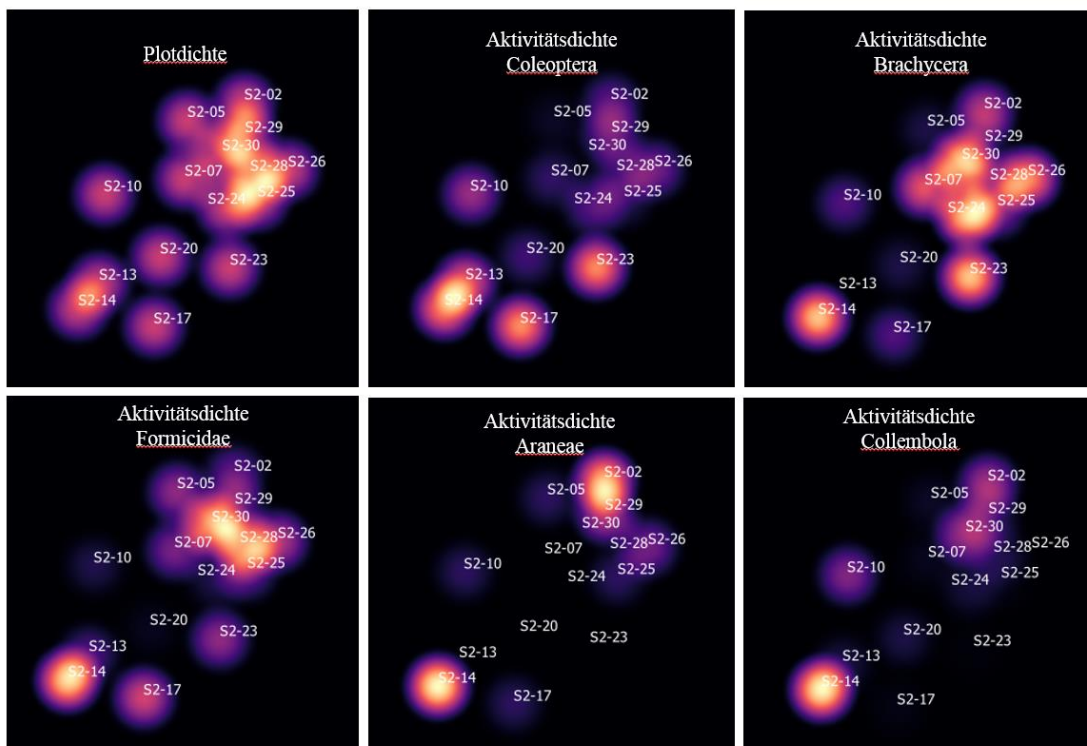


Abb. 25: Heatmap verschiedener Arthropodentaxa auf Site B

4. Diskussion

4.1 Effekte der Vegetation

Die Auswertung der Datensätze zeigt, dass sich krautiger Bewuchs positiv auf die Taxa Aphidina, Cicadina, Heteroptera und Lepidoptera auswirkt. Dies deutet darauf hin, dass sich diese Taxa von krautigen Pflanzen ernähren.

Der Grasbewuchs wirkt sich positiv auf das Taxon Blattodea aus, was ebenfalls auf eine Nahrungspräferenz hindeutet. Der Großteil der anderen Taxa wird negativ durch hohen Grasbewuchs beeinflusst. Eine Möglichkeit ist, dass sich ein dichter Grasbewuchs störend auf das Mikroklima des Bodens auswirkt, wodurch Taxa wie Acarina und Collembola negativ beeinflusst werden könnten. Auch könnte die Mobilität von Taxa wie Coleoptera, Formicidae oder Larven durch Grasbewuchs eingeschränkt werden.

Da der krautige Bewuchs sich auf viele Taxa positiv auswirkt, könnte die Konkurrenz mit Gräser deren negative Effekte auf die Aktivitätsdichten erklären. Diese Auswirkung von Konkurrenz konnte bei der Analyse verschiedener arider Lebensräume bereits beobachtet werden (BLAUM 2008).

Bei den Taxa Acarina, Apocrita, Brachycera, Coleoptera, Collembola und Larven führt Grasbewuchs vermutlich zu Effekten, die in dem Modell nicht berücksichtigt wurden. Diese Effekte könnten Einschränkung der Mobilität, eine veränderte Lebensgemeinschaft der Bodenkruste oder eine Interaktion mit anderen Arthropodentaxa sein. Durch erhöhte Vermischung von krautigen Pflanzen und Gräsern könnte im Vergleich zu einem reinen Grasbewuchs eine größere Struktur innerhalb des Plots geschaffen werden (Abb. 14).

Bei den Taxa Cicadina und Heteroptera deutet die Interaktion auf eine Präferenz von krautigem Bewuchs als Nahrungsquelle hin (Abb. 15). Dies stimmt mit den Ergebnissen von Studien von Cicadina in der südlichen Karoo überein (MILTON & DEAN 1992).

Die Analyse der β -Biodiversität der Vegetation von Site A und B deutet auf eine große Ähnlichkeit der Artenzusammensetzung auf beiden Sites hin (Tab. 8). Deutlich lässt sich ein Zusammenhang zwischen der Zu- und Abnahme der α -Biodiversität der Vegetation und der Arthropoden erkennen, was den starken Einfluss der Pflanzen auf die Aktivitätsdichte der Taxa zeigt (Tab. 9).

4.2 Dynamik Vegetation und Niederschlag

Der kurzfristige Niederschlag hatte bei insgesamt 11 Arthropodentaxa einen signifikanten Effekt (Tab. 11). Es fällt auf, dass im Jahr 2016 trotz großer Unterschiede des kurzfristigen

Niederschlag von 48 mm bei der Analyse mit der NMDS die Arthropodengemeinschaften fast gleich waren. Das widerspricht dem angenommenen Trend. Die Abweichung lässt sich dadurch erklären, dass der Niederschlag vor dem ersten Durchgang in einem Zeitraum von 4 bis 6 Tagen vor Versuchsbeginn fiel, die Vegetation aber nach einem großen Niederschlag 7 Tage zur Entwicklung benötigt (BRENNER 2017). Dies liefert ein Indiz, dass die Arthropodengemeinschaft nicht auf den Niederschlag selbst, sondern auf die dadurch verursachte Vegetation reagiert. Beim kurzfristigen Niederschlag ist der Zeitpunkt vor dem Versuchsbeginn entscheidend für die Reaktion der Arthropodengemeinschaft.

Die Analyse der Vegetation zeigte sowohl bei dem krautigen Bewuchs, als auch bei dem Grasbewuchs einen starken Effekt des Niederschlages (Tab. 10). Der Bewuchs von einjährigen Gräsern nimmt nach Niederschlägen schnell zu, verschwindet aber bei ausbleibenden Niederschlägen bald wieder. Dagegen ist die Reaktion des Bewuchses durch mehrjährige Gräser auf den Niederschlag langsamer, allerdings können diese auch länger davon profitieren (Abb. 13). Der krautige Bewuchs reagiert artspezifisch variabel. Während Arten wie *Tribulus zeyheri* ähnlich wie einjährige Gräser reagieren, verhalten sich Arten wie *Crotalaria podocarpa* ähnlich wie mehrjährige Gräser. Der negative Einfluss des kurzfristigen Niederschlages auf *Cicadina* lässt sich anhand dieser Entwicklung erklären. Hierbei könnte bei hohen kurzfristigen Niederschlägen der krautige Bewuchs, welcher die Aktivitätsdichte von *Cicadina* fördert, stark negativ durch die Konkurrenz mit einjährigen Gräsern beeinflusst werden.

Der längerfristige Niederschlag zeigt bei einem Großteil der Taxa einen positiven Effekt. Dieser Effekt entsteht durch die etablierte Vegetation, die als Nahrungsquelle dient. Der Umweltfaktor Abstand des letzten Niederschlages wirkte sich bei einem Großteil der Taxa negativ aus, weil mit steigendem Abstand die Vegetation zunehmend schwindet (Tab. 10).

4.3 Interaktionen zwischen Arthropoden

Der Effekt anderer Arthropoden auf die jeweilige Aktivität des Taxons ist schwer abschätzbar. Durch Konkurrenz oder Prädation könnten in dem gewählten Modell Signifikanzen entstehen, die zu Fehlinterpretationen führen.

Bestimmte Taxa zeigten auf den Sites unterschiedlich hohe Aktivitätsdichten. Mögliche Erklärungsversuche bei Betrachtung der Verteilung der Vegetation oder des Substrates waren nicht erfolgreich. Der negative Effekt der Site B auf *Scorpiones* könnte dadurch erklärt werden, dass auf der Site B weniger Individuen des Taxons *Ensifera* gefangen wurden, die in das Beutespektrum von Skorpionsarten fallen.

Eine verringerte Aktivitätsdichte von potenziellen Beutetieren auf Plots mit hohem Grasbewuchs könnte zu einer verringerten Aktivitätsdichte von insectivorer Taxa auf diesen Plots führen. Ein Grund für den positiven Effekt des Grasbewuchses auf die insectivoren Taxa Araneae und Scorpiones könnte sich wiederum durch Konkurrenzvermeidung mit anderen räuberischen Taxa einstellen. Es ist bekannt, dass kleinere Skorpionsarten ihre Beutesuche zum Teil auf dicht bewachsene Bereiche beschränken, um den Prädationsdruck großer Arten zu vermeiden (LEEMING 2003).

Kurzfristige Niederschläge haben einen negativen Effekt auf die insectivoren Taxa Araneae und Scorpiones. Möglicherweise hängt dies mit einem erhöhten Nahrungsangebot zusammen, da ein verringerter Jagdaufwand die Gesamtaktivität negativ beeinflussen könnte. Dies verdeutlicht die komplexen Zusammenhänge innerhalb der Arthropodengemeinschaft.

4.4 Betrachtung einzelner Taxa

Bei genauerer Betrachtung der Aktivitätsdichte von Ameisen muss zunächst bedacht werden, dass diese in Staaten leben und ein standortgebundenes Nest haben. Daraus folgt, dass hohe Aktivitätsdichten bei Plots nicht nur mit den dort erfassten Umweltparametern, sondern auch mit der Nähe zu einem Nest zusammenhängen könnten. Eine mögliche Erklärung des positiven Effekts des steigenden Abstands zum Niederschlag könnte eine gesteigerte Nahrungssuche, bedingt durch schwindende Ressourcen sein.

Es besteht die Hypothese, dass Ameisen nur indirekt durch den Niederschlag beeinflusst werden. Stattdessen könnte die Samenproduktivität der Futterpflanzen, einen größeren Effekt auf die Populationsentwicklung haben (DAVIDSON 1977). Das aktive Futtersuchen von Ameisen aus Wüstenregionen variiert von Art zu Art und kann sowohl nur während der Regenphase als auch ganzjährig erfolgen (RISSING 1987). Die grafische Analyse des Taxons Formicidae unterstützt die Hypothese, dass Ameisen durch die Vegetationsproduktivität beeinflusst werden (Abb. 17). Für konkretere Aussagen müsste ein Richtwert des Effekts des Niederschlages auf die Samenproduktivität analysiert und diese quantitativ erfasst werden.

Die Aktivitätsdichte von Ameisen ist bei minimalen Bewuchs am höchsten. Krautiger Bewuchs wirkt sich bei wenig Grasbewuchs negativ, dagegen bei viel Grasbewuchs positiv aus (Abb. 16). Eine mögliche Erklärung für den negativen Effekt könnte in der Beschattung und daraus resultierenden niedrigeren Bodentemperatur sein, welche einen signifikanten Effekt auf die Intensität der Nahrungssuche von Ameisen hat (WALTER & TSCHINKEL 1987). Der positive Effekt könnte dadurch entstehen, dass ein gemischter Bewuchs die Mobilität der Ameisen weniger einschränkt, da offenere Strukturen geschaffen werden.

Bei der getrennten Analyse der Taxa Araneae und Solifugae in den Jahren 2017 und 2018 ist eine abweichende Populationsentwicklung zu verzeichnen (Abb. 19). Die Daten deuten darauf hin, dass das Taxon Solifugae besser an Trockenheit angepasst ist als Araneae und dichte Vegetation meidet (Tab. 13). Die Interaktion mit der Vegetation zeigt, dass möglicherweise ein Zusammenhang mit der Einschränkung der Mobilität oder mit sinkenden Bodentemperaturen durch Beschattung bestehen könnte. Eine Erklärung für die niedrigere Aktivitätsdichte der Araneae auf Site B könnte zusätzlich in Faktoren wie Bodentemperatur, Luftfeuchtigkeit und Vegetationshöhe liegen, deren signifikanter Einfluss in vergleichbaren Studien in Wüstenhabitaten nachgewiesen werden konnte (BONTE et al. 2002).

Die gesonderte Analyse des Taxon Collembola zeigte eine extreme Variabilität der Aktivitätsdichte von Symphypleona (Abb. 20), welche im Gegensatz zu Entomobryomorpha sensitiv auf kurzfristigen Niederschlag reagierte. Beide Ordnungen gelten als überwiegend auf der Bodenoberfläche lebend (SALMON et al. 2014). Der überwiegende Teil der Taxa ist auf die Ernährung von im Boden lebenden Organismen spezialisiert, weshalb die Bodenkruste eine wichtige Rolle für die Klasse Collembola darstellt (RUSEK 1998) und der negative Effekt des Grasbewuchses bei der Gesamtanalyse dadurch erklären werden könnte (Tab. 11). Wichtige Umweltfaktoren, die einen starken Einfluss auf die Dynamik der Collembola ausüben, sind vertikale Strukturierung und pH-Wert der Böden, Lufttemperatur, Niederschlag und Bodenfeuchtigkeit (SALMON et al. 2014). Eine Erfassung dieser Parameter könnte dazu beitragen, die Entwicklung des Taxons besser zu verstehen.

Auffallend ist die extrem hohe Aktivitätsdichte der Taxa Aphidina und Psocoptera im zweiten Durchgang von 2015. Interessanterweise ist die hohe Aktivitätsdichte weder mit dem Niederschlag noch mit der Vegetation gekoppelt, beide Umweltparameter sind in diesem Jahr extrem niedrig (Abb. 17 und Abb. 21). Der letzte große Niederschlag vor diesen Durchgängen fiel im Januar 2015, zwei Monate vor Versuchsbeginn. Möglicherweise handelt es sich bei den gefangenen Aphidina um ein flugfähiges Stadium, welches bei der Migration an diesen Standort gelangte. Derartige Migrationen erfolgen bei europäischen Arten der Ordnung Aphidina regelmäßig in zweijährigen Zyklen über große Distanzen hinweg (KINDLMANN & DIXON 2010). Bedingt durch die geografische Struktur dieses Standorts fallen Niederschläge stark lokal. Insofern ist es durchaus möglich, dass in erreichbarer Nähe ausreichend Regen für ein starkes Ausbilden von Vegetation führte, obwohl bei Rooiklip selbst kein Niederschlag fiel.

Die Auswertung der Daten aller Taxa zeigt, dass eine Verallgemeinerung der Reaktion auf Vegetation und Niederschlag nicht möglich ist. Die verschiedenen Taxa müssen gesondert mit auf die Lebensweise zugeschnittenen Umweltfaktoren betrachtet werden.

4.5 Analyse des Versuchsaufbaus

Bei der Interpretation der Datensätze muss zunächst hinterfragt werden, für welche Taxa der Versuchsaufbau geeignet ist. Grundsätzlich als unproblematisch anzusehen sind Taxa, die recht uniforme ökologische Nischen beanspruchen und bei denen eine vergleichbar niedrige Mobilität vorliegt. In diese Kategorie fallen Acarina, Cicadina, Collembola, Pseudoscorpiones und in ihrem flugunfähigen Stadium Aphidina.

Problematisch für den Versuchsaufbau sind Taxa, die sich hauptsächlich fliegend fortbewegen. Hierzu zählen flugfähige Aphidina, Apocrita, Brachycera, Lepidoptera und Nematocera. Aufgrund ihrer Fortbewegungsart sagen die hier durchgeführten Vegetations- und Substrataufnahmen wenig darüber aus, welches Habitat bevorzugt wird. Hinzu kommt, dass gefangene Individuen von den Fallen angelockt werden, da ein zufälliges Hineinfallen unwahrscheinlich ist. Mögliche Gründe könnten der Glanz der Fangflüssigkeit oder der Geruch sein. Hierbei könnte sowohl eine Alkoholaffinität (PEKÁR 2001), als auch das Anlocken durch den Geruch der in den Fallen befindlichen Tiere die Ursache darstellen.

Die hohe Mobilität der Taxa Araneae, Blattodea, Caelifera, Coleoptera, Ensifera, Heteroptera und Scorpiones könnte ebenfalls problematisch für den Versuch sein. Flächen von 2x2 Meter könnten nur einen kleinen Ausschnitt des präferierten Habitats darstellen, wodurch Vegetationsanalysen zu Missinterpretationen führen könnten. Kritisch muss auch der geringe Abstand von zum Teil nur fünf Metern zwischen den jeweiligen Plots bei aktiven Arten betrachtet werden. Deshalb wird bei dem Taxon Coleoptera zum Beispiel ein Mindestabstand von 25 Metern für statistisch unabhängige Plots postuliert (DIGWEED et al. 1995).

Ein weiteres Problem entsteht bei Taxa, die ein weites Spektrum an ökologischen Nischen einnehmen. Hierzu zählen Apocrita, Brachycera, Coleoptera und Heteroptera, bei denen es teilweise herbivore, insectivore, detrivore und parasitäre Arten gibt. Der Großteil der Wanzen Namibias ist überwiegend herbivor, es gibt aber auch insectivore Arten (JÜRGENS & SCHMIEDEL 2010). Besonders markant ist dieser Unterschied auch bei dem diversen Taxon Coleoptera. Während in Namibia vorkommende Arten der Familie Carabidae räuberisch sind, ernähren sich Arten der Familie Melyridae hingegen überwiegend von Pollen (PICKER et al. 2002). Fasst man derart diverse Gruppe zusammen, werden vielfältige Habitatansprüche vermischt, wodurch statistische Ergebnisse undeutlich werden.

Abschließend müssen die Taxa Araneae und Larven kritisch beurteilt werden, da es sich im engeren Sinne um Sammelgruppen handelt. Bei Araneae wurde bei der Bestimmung die Ordnungen Araneae und Solifugae zusammengefasst. Dies ist aus systematischer Sicht unlogisch, da die Ordnung Solifugae näher mit den Ordnungen Pseudoscorpiones und Scorpiones verwandt ist als mit der Ordnung Araneae. Zusätzlich zeigte die Analyse von 2017 und 2018, dass Solifugae und Araneae auf Niederschlag und Vegetation unterschiedlich reagieren. Beim Vergleich der durchschnittlichen Individualgröße der beiden Ordnungen fällt ebenfalls ein deutlicher Unterschied auf. Bei einer Studie in der Mojave Wüste machten Solifugen 50 % der Biomasse, aber nur 22 % der Gesamtindividuenzahl aller gefangenen räuberischen Arthropoden aus. Dagegen machten Spinnen nur 15 % der Biomasse, aber 60 % der Gesamtindividuen aus (CHEW 1961 & POLIS 1991). Durch diesen Größenunterschied fallen die beiden Ordnungen in unterschiedliche Trophieebenen.

Die Gruppe Larven ist insofern schwierig zu analysieren, da sie eine Zusammenfassung aller Individuen darstellt, die als juvenile Tiere eingestuft werden. Dies bedeutet, dass sowohl räuberische lebende (z.B. Carabidae) als auch herbivore Larven (z.B. Lepidoptera) in eine Gruppe sortiert werden (Polis 1991). Des Weiteren ist dieses Taxon als Indiz für juvenile Individuen ebenfalls nicht unvoreingenommen annehmbar, da holometabole Insekten mit klar von den Imagines unterscheidbaren Larvenstadien (z.B. Lepidoptera) eindeutig dem Taxon zugeordnet werden, während hemimetabole Arten (z.B. Caelifera) zumeist bereits im juvenilen Stadium dem richtigen Taxon zugeordnet werden können. Somit liegt es im Ermessen der bestimmenden Person, diese Individuen entweder bei dem korrekten Taxon oder bei Larven einzuordnen.

Das ausgewählte GLM für die Analyse der Vegetation und der Arthropodengemeinschaft ist robust gegen Abweichungen von der Normalverteilung und ermöglicht das Einbeziehen von kontinuierlichen Variablen und Faktoren. Dennoch sollten die ermittelten Signifikanzen der jeweiligen Umweltparameter mit Vorsicht betrachtet werden.

Bei der Betrachtung mit Hilfe von Heatmaps wird eine starke Variabilität des Umweltparameters Vegetation auf den Plots deutlich (Abb. 22 und 24). Auch scheinen alle dargestellten Taxa ungleichmäßig auf den Sites verteilt zu sein (Abb. 23 und 24). Bei Taxa mit großer Mobilität wie Coleoptera könnte ein geringer Effekt unterschiedlicher Umweltparameter vorliegen. Dies zeigt sich dadurch, dass nahe beisammen liegende Plots trotz unterschiedlicher Umweltparameter eine ähnlich hohe Aktivität aufweisen. Plots mit einer Abmessung von 2x2 Metern könnten somit für die Darstellung der Habitatansprüche von Taxa mit großem

Bewegungsradius problematisch sein. Deshalb müsste für diese entweder der Versuchsaufbau verändert, oder ein Durchschnitt aller Plots pro Site gebildet werden.

Das Fangen mit Barberfallen stellt nicht die Populationsdichte der analysierten Taxa auf den Untersuchungsflächen dar. Skorpione sind generell Ansitzjäger (HADLEY & WILLIAMS 1968). Der Großteil der gefangenen Individuen lässt sich der Gattung *Parabuthus* zuordnen, bei der einige Arten aktiv auf Beutesuche gehen (LEEMING 2003). Allerdings wurden bei den Durchgängen von 2018 in keiner der Proben Skorpione der Gattung *Hottentotta*, die lediglich am Eingang ihrer Höhle auf Beutetiere warten und somit nicht in Barberfallen geraten, gefangen. Zu dieser Gattung gehörte aber ein Großteil der bei nächtlicher Suche mit UV-Lampen gefangenen Skorpione. Hierdurch erscheint die Aktivitätsdichte des Taxon Scorpiones auf den untersuchten Flächen sehr niedrig, obwohl deutlich höhere Populationsdichten vorliegen. Ein weiterer Aspekt ist, dass die Aktivität von Arthropoden stark durch die Temperatur beeinflusst wird, dieser Faktor bei der Datenerfassung aber nicht berücksichtigt wurde.

Grund für extrem niedrige Aktivitätsdichten bei dem zweiten Durchgang von 2018 könnte fehlendem Alkohol in der Fangflüssigkeit der Barberfallen sein. Alkoholaffinität von Arthropoden wurde wiederholt nachgewiesen (PEKAR 2001) und könnte somit verringerte Werte bei diesem Durchgang verursachen. Hinzu kommt, dass bedingt durch den Versuchsaufbau die Proben teilweise in einem fortgeschrittenen Zustand der Zersetzung waren, wodurch bei Taxa mit sehr kleinen Arten wie Acarina und Collembola zum Teil die Bestimmung anhand von Exuvienresten nicht möglich war.

Ein nicht zu vernachlässigendes Problem ist des Weiteren die Abhängigkeit der Variablen Niederschlag, Vegetation und Arthropodentaxa voneinander. Die Unterscheidung, ob der Niederschlag selbst oder nur die daraus entstandene Vegetation die Aktivität steigerte, ist mit den vorhandenen Datensätzen nicht möglich. Der Grund dafür ist, dass sogar Niederschläge einen Tag vor Versuchsbeginn bis zum Ende des Versuches eine Reaktion der Vegetation verursachen, da sich erste Pflanzen bereits innerhalb von 7 Tagen nach Niederschlägen ausbilden (BRENNER 2017). Zusätzlich ist der Effekt anderer Arthropoden auf die jeweilige Aktivität der Taxa schwer abschätzbar, da ein komplexes Wirkungsgefüge von Prädation und Konkurrenz vorliegt.

Durch tägliches Leeren der Fallen mit gleichzeitiger Vegetationsanalyse könnte eine Differenzierung zwischen niederschlags- und vegetationsverursachter Aktivitätssteigerung ermöglicht werden. Eine Erfassung von 10x10 Metern für einzelne Plots könnte eine

repräsentativere Analyse von Habitatpräferenzen, auch von aktiveren Arthropodentaxa, darstellen. Zusätzlich könnte eine erweiterte Erfassung von Umweltparametern zugeschnitten auf einzelne Taxa wie Hangneigung, Bodentemperatur, Bodenfeuchte und Wuchshöhe von Pflanzen helfen, statistische Modelle zu optimieren, um Änderungen in der Aktivitätsdichte besser zu erklären.

4.6 Ausblick

Diese Studie veranschaulicht die Zusammenhänge von Niederschlag, Vegetation und Arthropodenaktivität und unterstützt die Annahme, dass Arthropoden aus ariden Habitaten in hohem Maße abhängig vom Niederschlag und der daraus resultierenden Vegetation sind (RUNDEL & GIBSON 1996). Die Analyse der vollständigen Arthropodengemeinschaft an einem bestimmten Standort ist äußerst komplex und es bedarf einer differenzierten Betrachtung einzelner Taxa mit speziell ausgewählten Umweltfaktoren, um die Dynamik dieses Ökosystems vollständig verstehen zu können. Vielfach ist das derzeitige Wissen über die Dynamik von Arthropoden stark durch Forschungen in Nordamerika, Europa und Asien geprägt, während Analysen der Arten auf der Südhalbkugel zumeist fehlen (DIXON 2012). Die Auswertung zeigt, dass nur ein kleiner Anteil der untersuchten Taxa für den gewählten Versuchsaufbau unproblematisch ist. Um exakte Aussagen der Dynamik einzelner Taxa treffen zu können bedarf es spezifisch zugeschnittener Versuche. Hierbei ist zusätzlich eine differenziertere Unterteilung der Taxa nach ökologischen Kriterien wie Ernährungsweise notwendig.

5. Zusammenfassung

Als Übergangsgebiet von der Namibwüste zur Dornsavanne beinhaltet das Große Escarpment eine Vielzahl unterschiedlicher Ökosystemstrukturen, deren Dynamik kaum erforscht ist. Die Forschungsstation der TUM auf dem Gästefarmgelände Rooiklip liegt 200 km südwestlich von Windhoek knapp unterhalb der Abbruchkante des Escarpments. Das Klima wird durch saisonale, erratisch schwankende Niederschläge und großen Temperaturdifferenzen geprägt. Charakterisiert für das Forschungsgebiet ist eine kurze, niederschlagsbedingte Vegetationsphase von Februar bis April. Die Pflanzengemeinschaft setzt sich aus Gräsern, einjährige Kräutern und nur vereinzelt Büschen zusammen.

Ziel dieser Studie ist es, Veränderungen der Arthropodenaktivität in Abhängigkeit von Niederschlag und Vegetation zu analysieren. Hierfür wurden im Zeitraum von 2013 bis 2018 zwei Testfelder ausgewählt. Auf diesen wurden jeweils 15 Plots für die Platzierung von Barberfallen festgelegt. In jedem Jahr wurden zwei Durchgänge während der Vegetationsphase durchgeführt. Nach sieben Tagen wurden die Fallen geleert und die gefangenen Arthropoden bestimmt und gezählt. Zusätzlich wurden der Niederschlag, die Vegetationsbedeckung und die Substratzusammensetzung erfasst.

Die Analyse der Datensätze zeigte eine starke Abhängigkeit der Arthropodenpopulationen von Niederschlag und Vegetation. Hierbei wirkte sich krautiger Bewuchs auf fünf Taxa signifikant positiv aus, während ein erhöhter Grasbewuchs bei einem Großteil der Taxa negative Effekte zeigte. Lang ausbleibender Niederschlag wirkte sich aufgrund abnehmender Vegetation stark negativ auf die Aktivitätsdichte aus.

Eine konkrete Unterscheidung, ob gesteigerte Aktivitäten durch den Niederschlag oder die Vegetation verursacht wurden, ist aufgrund des gewählten Versuchsaufbaus schwierig, allerdings deuten Indizien darauf hin, dass eine Veränderung der Arthropodengemeinschaft nicht durch den Niederschlag selbst, sondern erst nach ausreichender, dadurch entstandener Vegetation erfolgt. Dies lässt darauf schließen, dass die Arthropodengemeinschaft primär durch die Vegetation und nur sekundär durch den Niederschlag geprägt wird.

6. Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei meinem Betreuer Prof. Dr. Roland Gerstmeier bedanken, dafür dass er mir dieses einmalige Erlebnis in Namibia ermöglicht hat und für seine hervorragende Betreuung. Er stand mit stets mit Rat und Hilfe bei der Ausarbeitung dieser Arbeit beiseite.

Besonderer Dank geht auch an Dr. Thomas Wagner, der mich trotz der sehr kurzfristigen Anfrage sofort bereitwillig mit nach Namibia genommen hat. Auch zurück in München hat er mir mit seinen Kenntnissen bei der statistischen Analyse sehr geholfen und war immer offen für eine Diskussion.

Dank geht auch an Dr. Michael Gebhardt und Dr. Axel Gruppe die mir beide bei der Bestimmung der exotischeren Arthropoden stets mit großem Interesse beigestanden haben. Dr.

Ein besonderes Dankeschön geht an Hannelore Neuffer und Frans van Biljon, dafür sie uns während der Zeit in Namibia Unterkunft geboten haben.

Und selbstverständlich danke ich auch meinen Eltern, dass sie mich auf dieser Reise, die mich bis hin zur Bachelorarbeit geführt hat, immer unterstützt haben.

7. Literaturverzeichnis

- BLAUM N., SEYMOUR C., ROSSMANITH E., SCHWAGER E., JELTSCH F. **2008**: Changes in arthropod diversity along a land use driven gradient of shrub cover in savanna rangelands: identification of suitable indicators. - *Biodiversity and Conservation*, Volume 18 (5), 1187-1199
- BONTE, D., CRIEL P., VAN THOURNOUT I., MAELFAIT J. P. **2003**: Regional and local variation of spider assemblages (Araneae) from coastal grey dunes along the North Sea. - *Journal of Biogeography*, Vol. 30 (6) 901-911
- BRENNER J. **2017**: Vegetationsdynamik nach Niederschlagsereignissen in der Prä-Namib. - Bachelorarbeit TUM
- BURGESS N., J. D'AMICO HALES J., UNDERWOOD E., DINERSTEIN E., OLSON D., ITOUA I., SCHIPPER J., RICKETTS T., NEWMAN K. **2004**: Terrestrial Ecoregions of Africa and Madagascar - A Conservation Assessment. - Island Press 408-409
- BURKE A., WITTNEBEN M. **2008**: A preliminary account of the vegetation of the Auas Mountains. - *Dinteria*, Vol.30, 41-91
- CHEW R. M. **1961**: Ecology of the Spiders of a Desert Community. - *Journal of the New York Entomological Society*, Vol. 69 (1) 5-41
- DAVIDSON D.W. **1977**: Species diversity and community organization in desert seed-eating ants. - *Ecology* Vol.58 (4) 711-724.
- DESMET P. G. **2007**: Namaqualand - A brief overview of the physical and floristic environment. - *Journal of Arid Environments*, Vol. 70 (4) 570-587
- DIGWEED S., CURRIE C.R., CARCAMO H., SPENCE J. R. **1995**: Digging out the "digging-in effect" of pitfall traps: Influences of depletion and disturbance on catches of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). - *Pedobiologia*, Vol. 39 (6) 561
- DIXON A.F.G. **2012**: Aphid Ecology an optimization approach Vol. 2. - Springer Verlag 198-220

- HADLEY N. F., WILLIAMS S. C. **1968**: Surface Activities of Some North American Scorpions in Relation to Feeding. - *Ecology*, Vol. 49 (4) 732-733
- JÜRGENS N., SCHMEIDEL U., HOFFMAN M.T. **2010**: Biodiversity in southern Africa Volume 1: Patterns at local scale – the BIOTA Observatories. - Klaus Hess Publishers, 246-261
- JÜRGENS N., SCHMEIDEL U., HOFFMAN M.T. **2010**: Biodiversity in southern Africa Volume 2: Patterns and Processes at Regional Scale. - Klaus Hess Publishers, 57-63
- KINDLMANN P., DIXON, A.F.G. **2010**: Aphid Biodiversity under Environmental Change. - Springer Verlag, 41-54
- LEEMING J. **2003**: Scorpions of southern Africa. - Struik Nature Verlag, 50
- PEKÁR S **2001**: Differential effects of formaldehyde concentration and detergent on the catching efficiency of surface active arthropods by pitfall traps. - *Pedobiologia*, Vol. 46 (6) 539-547
- PICKER M., GRIFFITHS C., WEAIVING A. **2002**: Field guide to insects of south Africa. - Struik Nature Verlag, 186-258
- POLIS G. A. **1991**: Complex Trophic Interactions in Deserts: An Empirical Critique of Food-Web Theory. - *The American Naturalist*, Vol. 138 (1) 123-155
- PORTER S. D., TSCHINKEL W. R. **1987**: Foraging in *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae): Effects of Weather and Season. - *Environmental Entomology*, Volume 16 (3), 802–808
- CLARK V. R., BARKER N. P., MUCINA L. **2011**: The Great Escarpment of southern Africa: a new frontier for biodiversity exploration. - *Biodiversity and Conservation* Springer Verlag, Vol.20, 2543-2561
- RISSING S.W. **1987**: Annual cycles in worker size of the seed-harvester ant *Veromessor pergandei* (Hymenoptera: Formicidae). – *Behavioral Ecology and Sociobiology* Vol. 20 (2) 117-124.

RUSEK J. **1998**: Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. - Biodiversity and Conservation Vol.7, 1207-1219.

RUNDEL P. W., GIBSON A. C. **1996**: Ecological Communities and Processes in a Mojave Desert Ecosystem. - Cambridge University Press, 214-255

SALMON S., PONGE J. F., GACHET S., DEHARVENG L., LEFEBVRE N., DELABROSSE F. **2014**: Linking species, traits and habitat characteristics of Collembola at European scale. - Soil Biology and Biochemistry, Vol. 75, 73-85

WITTIG R., NIEKISCH M. **2014**: Biodiversität: Grundlagen, Gefährdung, Schutz. - Springer Verlag, 107-110

HANE S. **2015**: Einfluss der Massenausbreitung der krautigen Leguminose *Crotalaria podocarpa* auf Weidegräser und die Arthropodenzusammensetzung in Namibias Escarpment Region. – Master Thesis, Institut für physische Geographie und Landschaftsökologie der Leibniz Universität Hannover, 48

8. Anhang

Tab. 15: monatliche Niederschlagsdaten von 2013 bis 2018

Jahr\Monat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
2013	12.1	4	26.5	0	0	0	0	0	39.5	0	2	114.5	198.6
2014	27.5	82	79.5	4	0	0	0	0	0	5	0	0	198
2015	73	0	4	18.5	0	0	0	0	0	0	0	5.4	100.9
2016	63.9	0	48	3.2	0	22	0	0	0	0	3	0	140.1
2017	5.2	44.5	41.3	8	0	0	0	0	0	0	0	0	99
2018	0	4	2	40	12	0	0	0	0	0	0	0	58
Durchschnitt	30.3	22.4	33.6	12.3	2	3.7	0	0	6.6	0.8	0.8	20	132.4

Tabelle 16: Substratstruktur von Site A

Plot	Sand (> 0.5 cm)	Steinchen (0.5 – 5 cm)	Steine (5 – 15 cm)	Blöcke (15 – 100 cm)	Fels (> 100 cm)
S1-3	80	10	5	5	0
S1-4	40	43	10	7	0
S1-9	55	39	3	3	0
S1-10	54	40	5	1	0
S1-11	30	60	5	5	0
S1-13	60	34	5	1	0
S1-14	50	40	5	5	0
S1-16	80	12	3	5	0
S1-19	45	40	10	5	0
S1-20	42	42	8	8	0
S1-24	40	52	5	3	0
S1-27	53	40	5	2	0
S1-28	35	35	15	15	0
S1-29	40	45	10	5	0
S1-30	52	40	5	3	0

Tabelle 17: Substratstruktur von Site B

Plot	Sand (> 0.5 cm)	Steinchen (0.5 – 5 cm)	Steine (5 – 15 cm)	Blöcke (15 – 100 cm)	Fels (> 100 cm)
S2-2	30	61	3	3	3
S2-5	47	47	3	3	0
S2-7	46	46	5	3	0
S2-10	35	50	10	5	0
S2-13	46	47	3	3	1
S2-14	30	50	5	5	10
S2-17	30	59	5	1	5
S2-20	30	61	3	3	3
S2-23	30	62	3	5	0
S2-24	30	57	5	3	5
S2-25	30	65	2	1	2
S2-26	25	60	5	10	0
S2-28	30	61	3	3	3
S2-29	30	62	5	3	0
S2-30	40	50	5	5	0

Tabelle 18 Aktivitätsdichte der untersuchten Arthropodenordnungen:

Ordnung	Aktivitätsdichte pro Plot	Aktivitätsdichte gesamt	Anteil in %
Acarina	1,9 ± 4,1	660	1,7
Aphidina	5,0 ± 18,6	1638	4,4
Apocrita	0,6 ± 1,2	196	0,5
Araneae	2,8 ± 2,5	934	2,4
Blattodea	2,9 ± 7,5	979	2,5
Brachycera	2,3 ± 3,9	769	2,0
Caelifera	1,2 ± 2,0	419	1,1
Cicadina	9,4 ± 15,1	3189	8,3
Coleoptera	12,4 ± 15,9	4202	10,9
Collembola	10,7 ± 24,3	3621	9,4
Ensifera	0,9 ± 1,6	317	0,8
Formicidae	56,5 ± 65,0	19139	49,7
Heteroptera	1,4 ± 2,6	462	1,2
Larven	2,8 ± 6,7	948	2,5
Lepidoptera	1,7 ± 3,66	576	1,49
Nematocera	0,91 ± 2,18	307	0,8
Pseudoscorpiones	0,25 ± 0,66	84	0,22
Scorpiones	0,13 ± 0,36	45	0,12
total	113,66 ± 90,74	38530	1

Tabelle 19: Simpson Biodiversitäts Index der Vegetation auf Site A und B

Durchgang\Site	A	B
2013/1	0.61274198	0.68724366
2013/2	0.69050335	0.72508075
2014/1	0.67831931	0.33165918
2014/2	0.83488466	0.56120823
2015/1	0.79517487	0.63826082
2015/2	0.55236999	0.31630159
2016/1	0.60615429	0.52778149
2016/2	0.63978437	0.58739204
2018/1	0.21859649	0.3163964
2018/2	0.80809246	0.73751773

Tabelle 20: Evenness der Vegetation auf Site A und B

Durchgang\Site	A	B
2013 (1)	0.19863521	0.24595209
2013 (2)	0.24854252	0.27980244
2014 (1)	0.23912868	0.11509558
2014 (2)	0.46587481	0.17530656
2015 (1)	0.37555488	0.2126479
2015 (2)	0.17184522	0.11251025
2016 (1)	0.19531272	0.16289721
2016 (2)	0.21354731	0.18643139
2018 (1)	0.0984422	0.11252585
2018 (2)	0.40083405	0.29306009

Tabelle 21: Sorensen Similarity Index der Vegetation auf Site A und B

Durchgang	S _s
2013/1	0.91666667
2013/2	0.91666667
2014/1	0.925
2014/2	0.91139241
2015/1	0.7826087
2015/2	0.90909091
2016/1	0.72
2016/2	0.72
2017(1)	0.78571429
2017(2)	0.70588235
2018/1	0.85714286
2018/2	0.90909091

Tabelle 22: Simpson Biodiversitäts Index der Arthropodengemeinschaft auf Site A und B

Durchgang\Site	A	B
2013 (1)	0.25696383	0.41272446
2013 (2)	0.24336858	0.390806
2014 (1)	0.76659221	0.82775478
2014 (2)	0.59303116	0.65681236
2015 (1)	0.43428349	0.39638027
2015 (2)	0.49387174	0.52898144
2016 (1)	0.79057844	0.82648995
2016 (2)	0.68584732	0.7232698
2017 (1)	0.82478655	0.85312246
2017 (2)	0.82477085	0.72717513
2018 (1)	0.36438744	0.56977585
2018 (2)	0.80680466	0.83966755

Tabelle 23: Evenness des Simpson Biodiversitäts Indexes der Arthropodengemeinschaft auf Site A und B

Durchgang\Site	A	B
2013 (1)	0.103525346	0.11351855
2013 (2)	0.09440339	0.10259458
2014 (1)	0.25202042	0.34151038
2014 (2)	0.14454062	0.2081327
2015 (1)	0.09820388	0.12743632
2015 (2)	0.12348649	0.14153724
2016 (1)	0.26528098	0.32018639
2016 (2)	0.18724504	0.20075711
2017 (1)	0.35670778	0.42552457
2017 (2)	0.35667581	0.22908469
2018 (1)	0.1048857	0.23243697
2018 (2)	0.30447696	0.4455029

Tabelle 24: Simpson Biodiversitäts Index der Arthropodengemeinschaft (ohne Formicidae) auf Site A und B

Durchgang\Site	A	B
2013 (1)	0.84623377	0.79838785
2013 (2)	0.73443396	0.7920079
2014 (1)	0.83458439	0.79149451
2014 (2)	0.79070744	0.73759209
2015 (1)	0.80115046	0.78860782
2015 (2)	0.5011365	0.66436696
2016 (1)	0.87251436	0.88297098
2016 (2)	0.81358439	0.75966542
2017 (1)	0.78944587	0.82821331
2017 (2)	0.7893509	0.66757769
2018 (1)	0.78859649	0.3431995
2018 (2)	0.84476218	0.8453799

Tabelle 25: Evenness des Simpson Biodiversitäts Indexes der Arthropodengemeinschaft (ohne Formicidae) auf Site A und B

Durchgang\Site	A	B
2013 (1)	0.50025988	0.38153989
2013 (2)	0.28965706	0.36983653
2014 (1)	0.46502913	0.36892591
2014 (2)	0.36753851	0.29314313
2015 (1)	0.3868406	0.363888
2015 (2)	0.15419664	0.22918803
2016 (1)	0.6033862	0.65729917
2016 (2)	0.4126429	0.32006662
2017 (1)	0.36533634	0.44778251
2017 (2)	0.36517163	0.23140167
2018 (1)	0.3638685	0.11711787
2018 (2)	0.49551764	0.49749725

Tabelle 26: GLM - Ckraut

Ckraut	Estimate	p-wert
Intercept	2.275045	< 2e-16 ***
NS	0.027465	1.09e-13 ***
NS2	0.033146	1.70e-14 ***
days	-0.031101	3.80e-11 ***
Steinchen	-0.023022	7.27e-11 ***
Blöcke	-0.045930	0.0192 *
Cgras	-0.049501	3.23e-05 ***

Tabelle 27: GLM - Cgras

Cgras	Estimate	p-wert
Intercept	-0.871219	0.003930 **
NS	0.039535	< 2e-16 ***
NS2	0.042711	< 2e-16 ***
days	-0.010652	0.000856 ***
Sand	0.008454	0.024019 *
Steinchen	0.035440	0.012803 *
SiteB	0.408461	0.000141 ***
Ckraut	-0.021996	0.001830 **

Tabelle 28: GLM - Acarina

Acarina	Estimate	p-wert
Intercept	0.82879	0.000555 ***
NS2	0.023388	2.56e-06 ***
days	-0.011488	0.010175 *
Cgras	-0.094190	0.003936 **
SiteB	-0.429944	0.029377 *
Cgras:Ckraut	0.006887	0.003121 **

Tabelle 29: GLM - Aphidina

Aphidina	Estimate	p-wert
Intercept	8.609721	6.39e-06 ***
NS2	-0.057738	0.001024 **
Ckraut	0.082311	0.012465 *
Sand	-0.068034	0.002015 **
Steinchen	-0.079235	0.000619 ***
Cgras:Ckraut	-0.023088	0.014524 *

Tabelle 30: GLM - Apocrita

Apocrita	Estimate	p-wert
Intercept	-11.495789	0.001502 **
NS	0.022642	7.88e-05 ***
NS2	0.021150	0.000594 ***
Cgras	-0.069266	0.018253 *
Sand	0.090395	0.011910 *
Steinchen	0.091983	0.014547 *
Steine	0.283266	1.72e-05 ***
SiteB	0.852165	0.002089 **
Cgras:Ckraut	0.006386	0.001347 **

Tabelle 31: GLM - Araneae

Araneae	Estimate	p-wert
Intercept	1.559498	< 2e-16 ***
NS	-0.009846	0.000288 ***
days	-0.006333	0.000435 ***
Cgras	0.036479	0.000155 ***
Blöcke	-0.044675	0.013759 *
SiteB	-0.394827	3.66e-05 ***

Tabelle 32: GLM - Blattodea

Blattodea	Estimate	p-wert
Intercept	0.350310	0.07325 .
NS	0.014890	0.00305 **
Cgras	0.056352	0.00575 **

Tabelle 33: GLM - Brachycera

Brachycera	Estimate	p-wert
Intercept	1.161658	1.04e-07 ***
NS	-0.014936	0.020825 *
NS2	0.021806	6.13e-06 ***
days	-0.023867	2.47e-08 ***
Cgras	-0.088900	0.000452 ***
Cgras:Ckraut		3.12e-07 ***

Tabelle 34: GLM - Caelifera

Caelifera	Estimate	p-wert
Intercept	1.755706	< 2e-16 ***
NS	-0.017408	0.001209 **
days	-0.047438	< 2e-16 ***
Cgras	-0.099049	0.000105 ***

Tabelle 35: GLM - Brachycera

Brachycera	Estimate	p-wert
Intercept	2.852822	< 2e-16 ***
NS	-0.023109	1.03e-05 ***
NS2	0.023182	1.92e-10 ***
days	-0.040447	< 2e-16 ***
Ckraut	0.020716	0.002199 **
Cgras	-0.083921	0.000187 ***
Cgras:Ckraut	0.003854	0.043132 *

Tabelle 36: GLM - Coleoptera

Coleoptera	Estimate	p-wert
Intercept	2.018590	< 2e-16 ***
NS	0.014375	0.000123 ***
NS2	0.033746	< 2e-16 ***
Cgras	-0.073234	2.69e-05 ***
Steinchen	-0.013053	0.013944 *
SiteB	0.802955	5.45e-08 ***
Cgras:Ckraut	0.003345	0.016676 *

Tabelle 37: GLM - Collembola

Collembola	Estimate	p-wert
Intercept	0.731919	0.01494 *
NS	0.037092	3.18e-08 ***
NS2	0.054656	5.23e-12 ***
Cgras	-0.096238	0.00166 **
Cgras:Ckraut	0.005379	0.00633 **

Tabelle 38: GLM - Ensifera

Ensifera	Estimate	p-wert
Intercept	-1.045415	9.23e-07 ***
NS	-0.365621	0.0282 *
NS2	0.025441	5.27e-13 ***
SiteB	0.033000	3.75e-10 ***

Tabelle 39: GLM - Formicidae

Formicidae	Estimate	p-wert
Intercept	3.886607	< 2e-16 ***
NS	0.013359	0.000685 ***
NS2	0.005641	0.017634 *
Ckraut	-0.036464	0.033964 *
Cgras	-0.064024	0.008124 **
Cgras:Ckraut	0.004420	0.030008 *

Tabelle 40: GLM - Heteroptera

Heteroptera	Estimate	p-wert
Intercept	-1.991970	1.83e-05 ***
NS	0.038621	3.23e-08 ***
NS2	0.060442	1.23e-10 ***
days	-0.031759	0.000660 ***
Ckraut	0.023704	0.046381 *
Cgras	-0.086198	0.000882 ***
Steine	0.081644	0.000496 ***
Cgras:Ckraut	0.005914	0.000281 ***

Tabelle 41: GLM - Larven

Larven	Estimate	p-wert
Intercept	-0.777796	0.13331
NS	0.089268	2.04e-13 ***
NS2	-0.050268	1.59e-05 ***
Cgras	-0.096712	0.00475 **
Cgras:Ckraut	0.007361	0.01970 *

Tabelle 42: GLM - Lepidoptera

Lepidoptera	Estimate	p-wert
Intercept	0.588900	0.000223 ***
days	-0.021025	2.97e-05 ***
Ckraut	0.053843	2.88e-09 ***

Tabelle 43: GLM - Nematocera

Nematocera	Estimate	p-wert
Intercept	0.204909	0.75866
days	-0.228154	1.43e-08 ***
Ckraut	0.047578	0.00691 **
Steinchen	0.025814	0.00934 **
Steine	0.084672	0.01070 *
Ckraut:Cgras	-0.010402	0.00050 ***

Tabelle 44: GLM - Pseudoscorpiones

Pseudoscorpiones	Estimate	p-wert
Intercept	-1.855672	1.44e-14 ***
NS2	-0.018441	0.0434 *
days	0.014663	1.35e-05 ***

Tabelle 45: GLM - Scorpiones

Scorpiones	Estimate	p-wert
Intercept	-1.98225	<2e-16 ***
Cgras	0.04869	0.0197 *
SiteB	-0.64400	0.0399 *

Tabelle 46: GLM - Araneae (2017-2018)

Araneae (2017-2018)	Estimate	p-wert
Intercept	0.834764	2.61e-06 ***
NS	0.044586	0.02266 *
NS2	0.012447	0.00353 **
SiteB	-1.168230	1.21e-08 ***

Tabelle 47: GLM - Solifugae (2017-2018)

Solifugae (2017-2018)	Estimate	p-wert
Intercept	0.693536	0.00867 **
days	-0.011393	0.00546 **
Ckraut	-0.158597	0.00710 **
Cgras	-0.330694	0.03495 *
SiteB	-0.904605	0.00407 **
Ckraut:Cgras	0.039876	0.01187 *

Tabelle 48: GLM - Entomobryomorpha (2017-2018)

Entomobryomorpha (2017-2018)	Estimate	p-wert
Intercept	1.35245	0.000775 ***
NS2	0.03056	0.006538 **

Tabelle 49: GLM - Symphypleona (2017-2018)

Symphypleona (2017-2018)	Estimate	p-wert
Intercept	-4.26610	4.87e-05 ***
NS	0.36681	3.28e-13 ***
NS2	0.10985	6.28e-06 ***
Steine	0.07455	0.00259 **
SiteB	-0.59241	0.00176 **

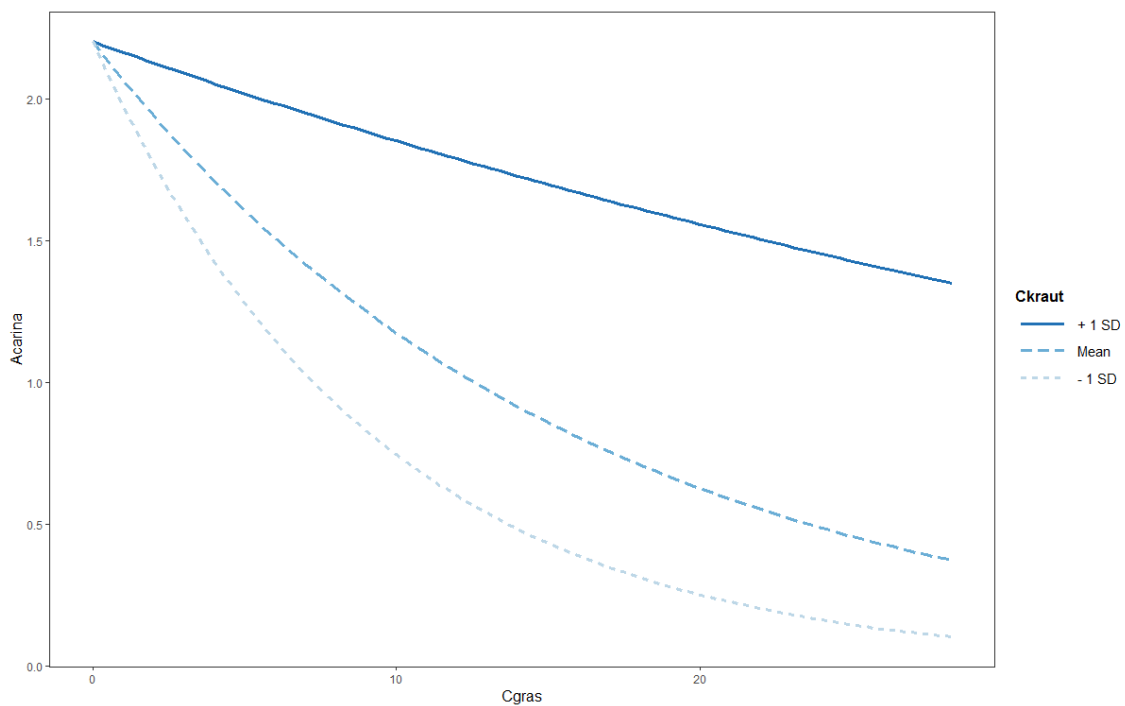


Abbildung 26: Interaktionsplot - Acarina

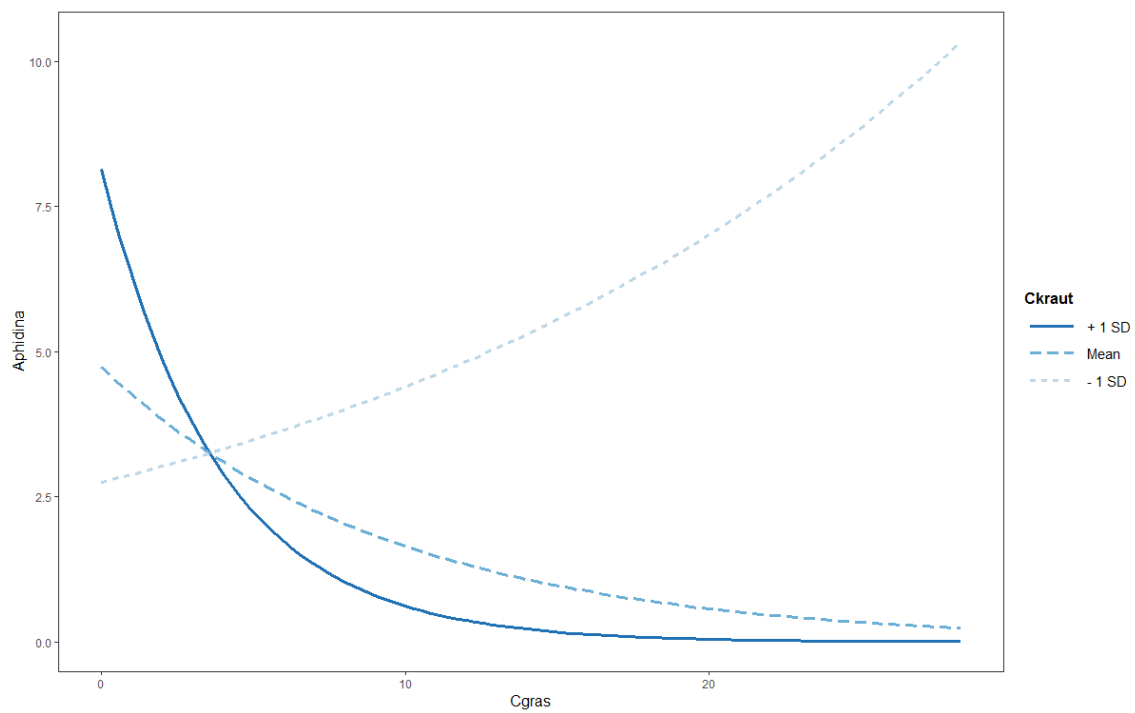


Abbildung 27: Interaktionsplot - Aphidina

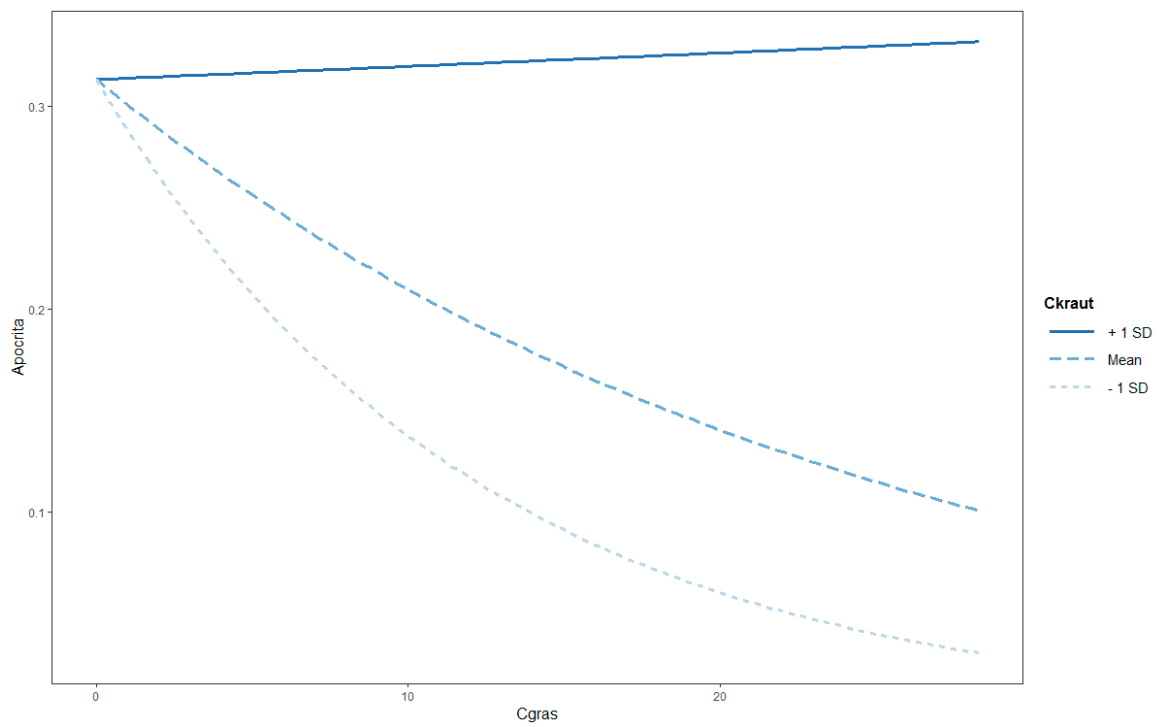


Abbildung 28: Interaktionsplot - Apocrita

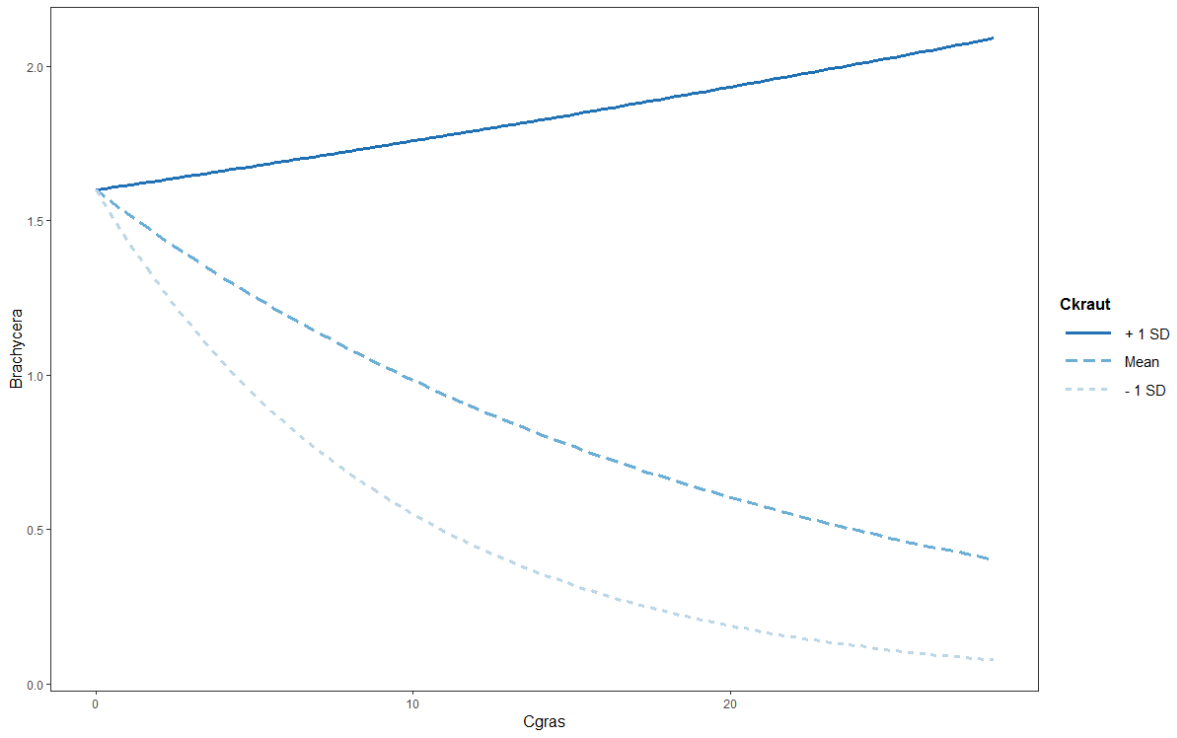


Abbildung 29: Interaktionsplot - Brachycera

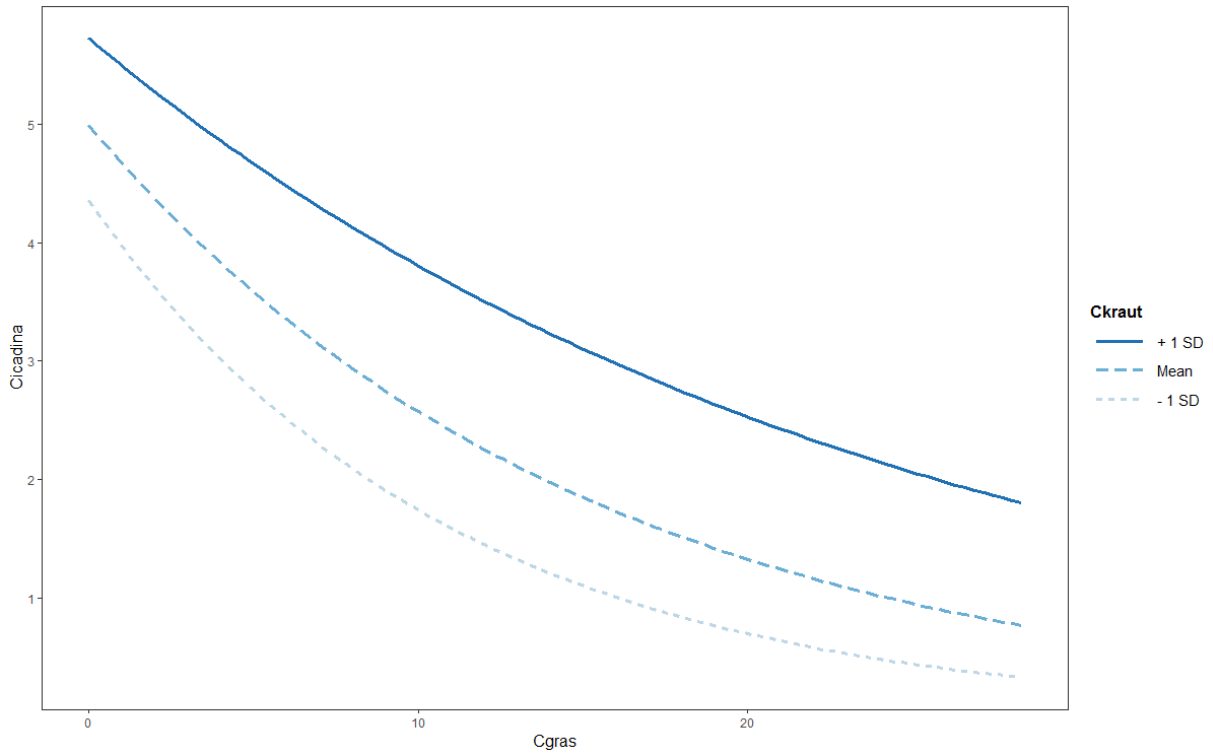


Abbildung 30: Interaktionsplot - Cicadina

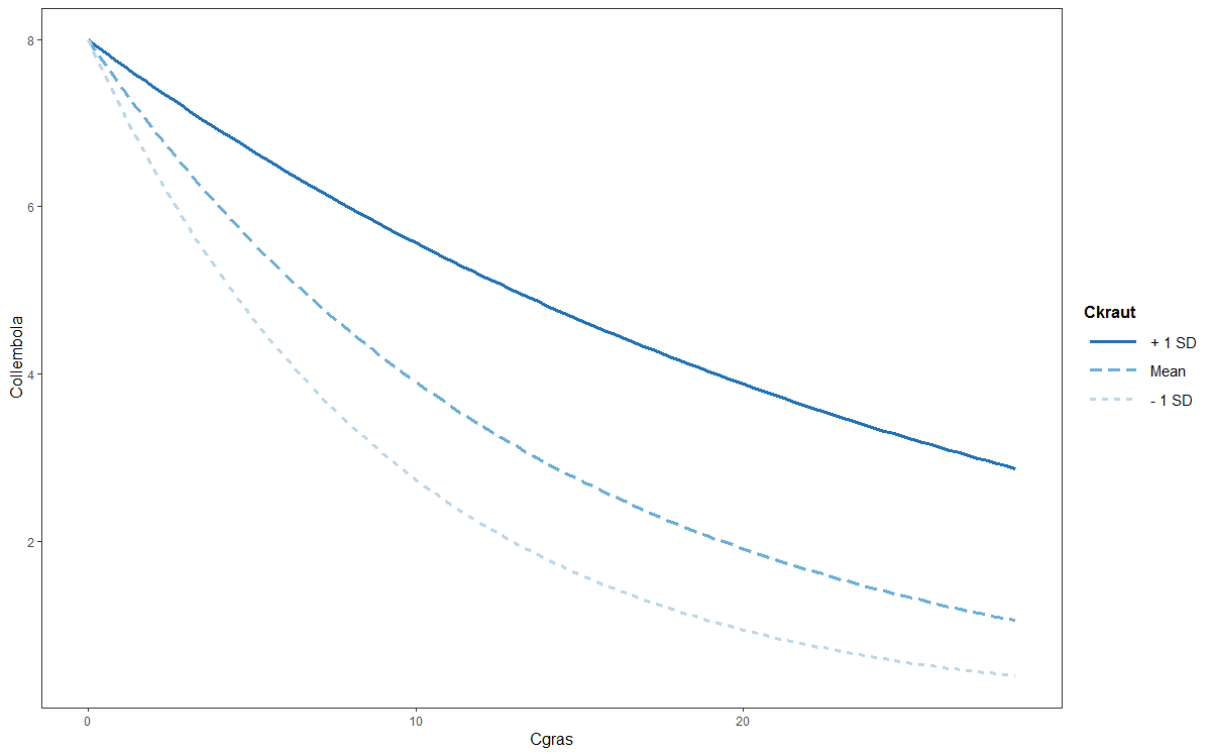


Abbildung 31: Interaktionsplot - Collembola

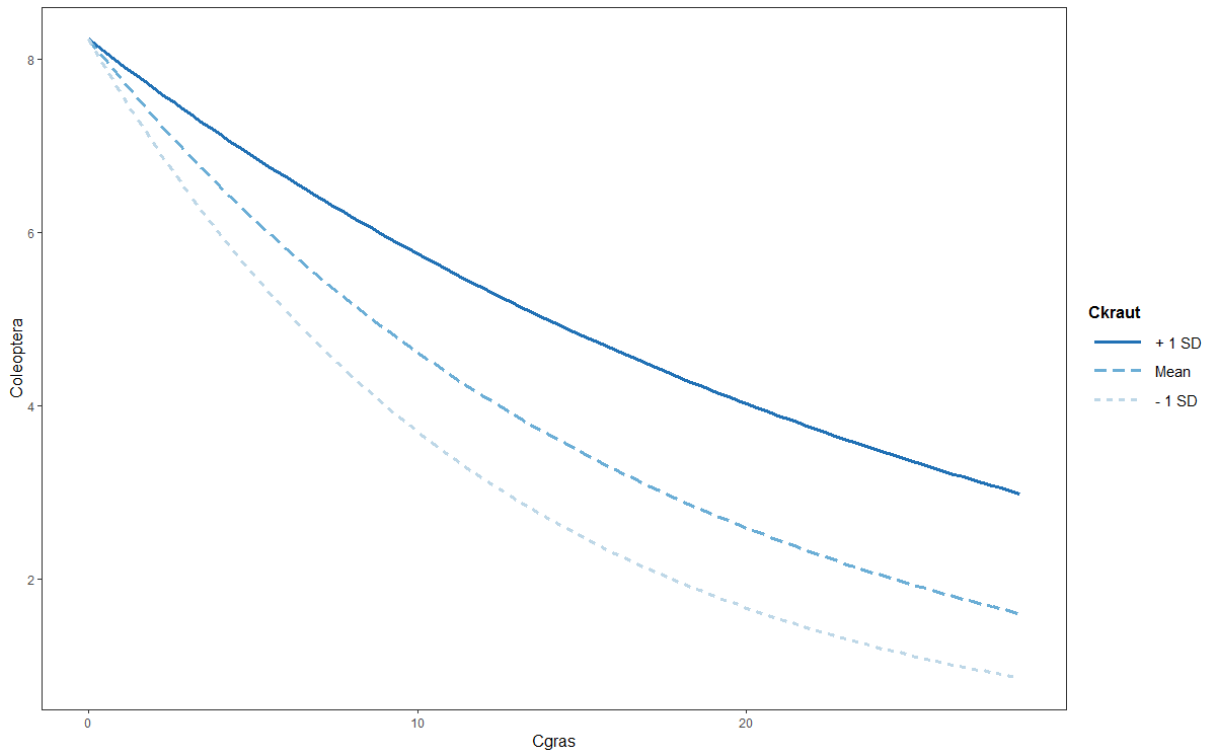


Abbildung 32: Interaktionsplot - Coleoptera

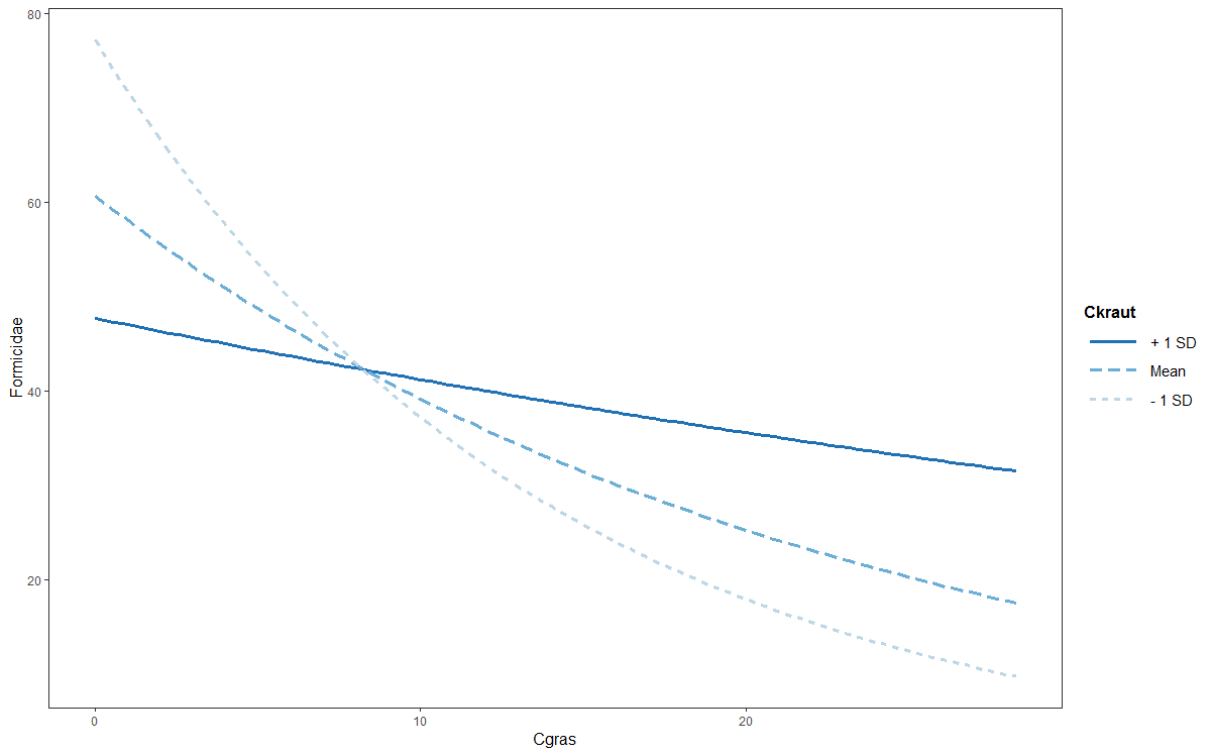


Abbildung 33: Interaktionsplot - Formicidae

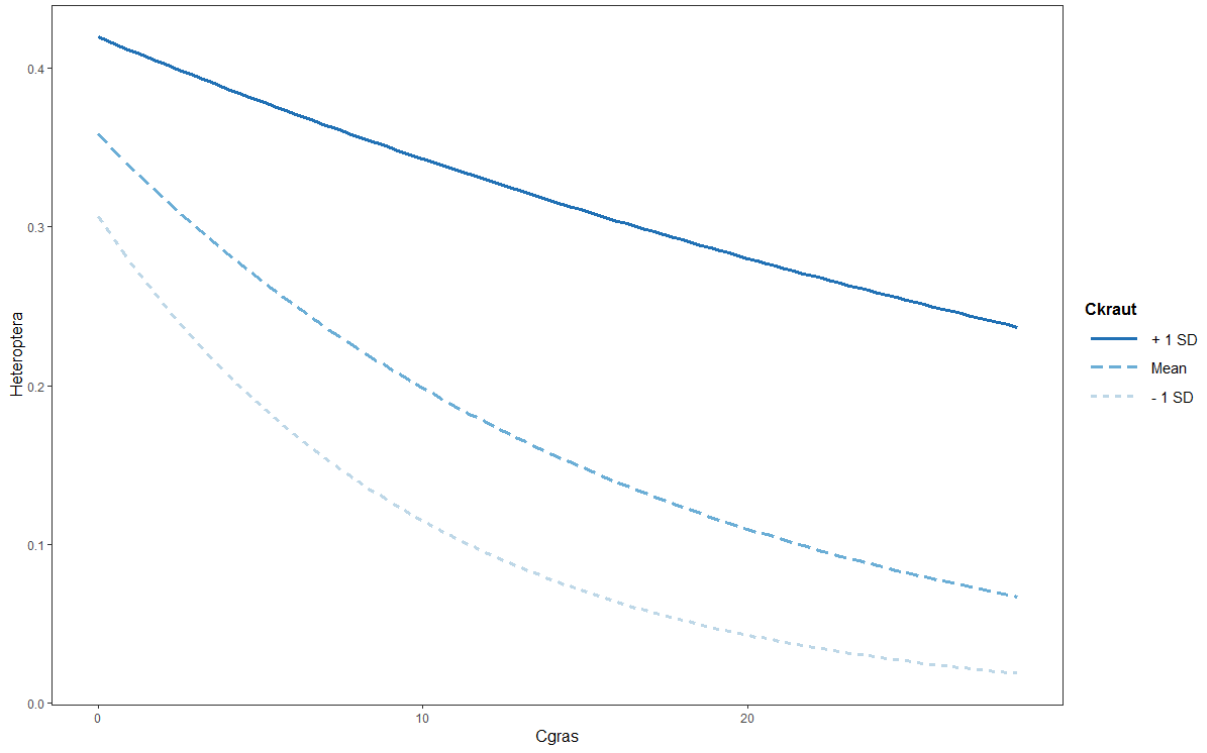


Abbildung 34: Interaktionsplot - Heteroptera

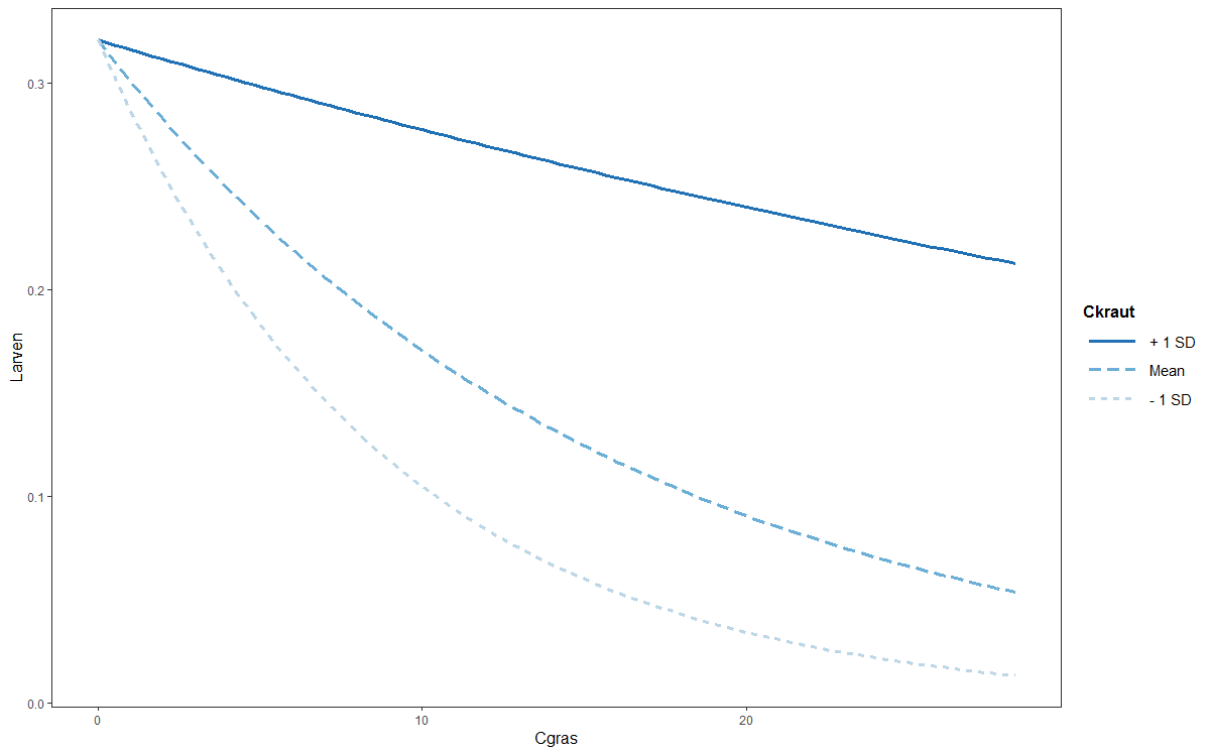


Abbildung 35: Interaktionsplot - Larven

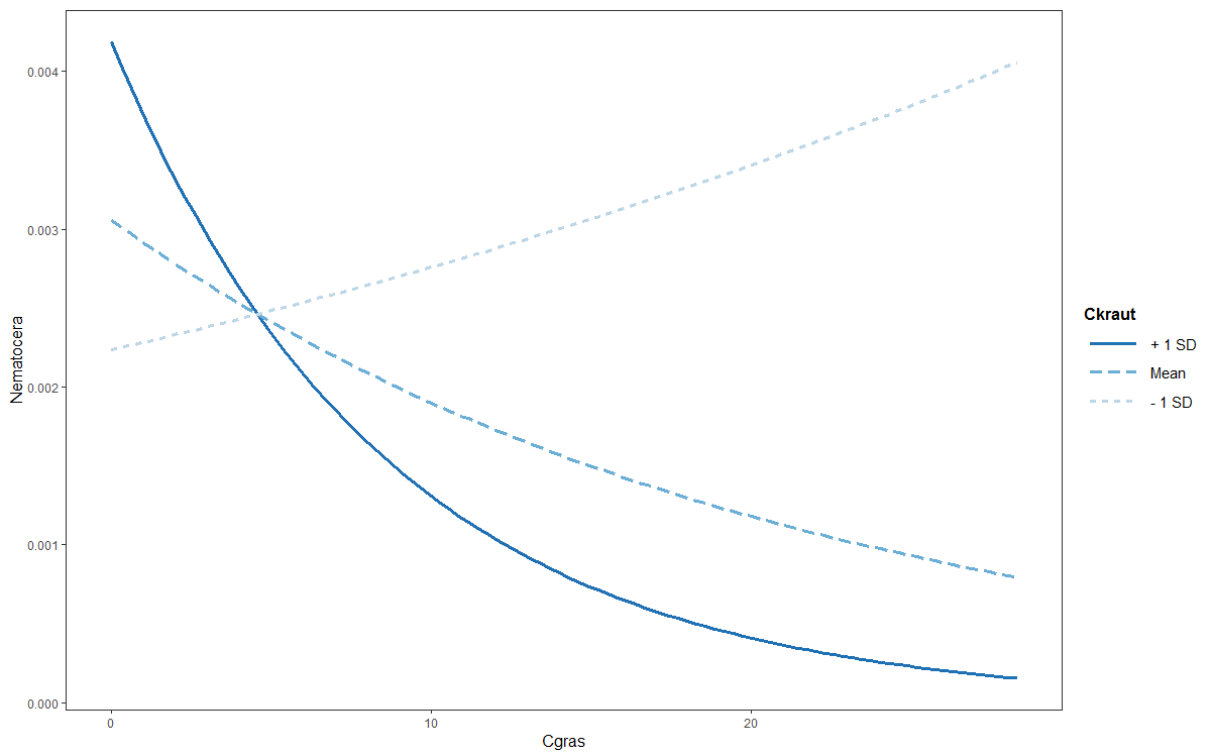


Abbildung 36: Interaktionsplot - Nematocera

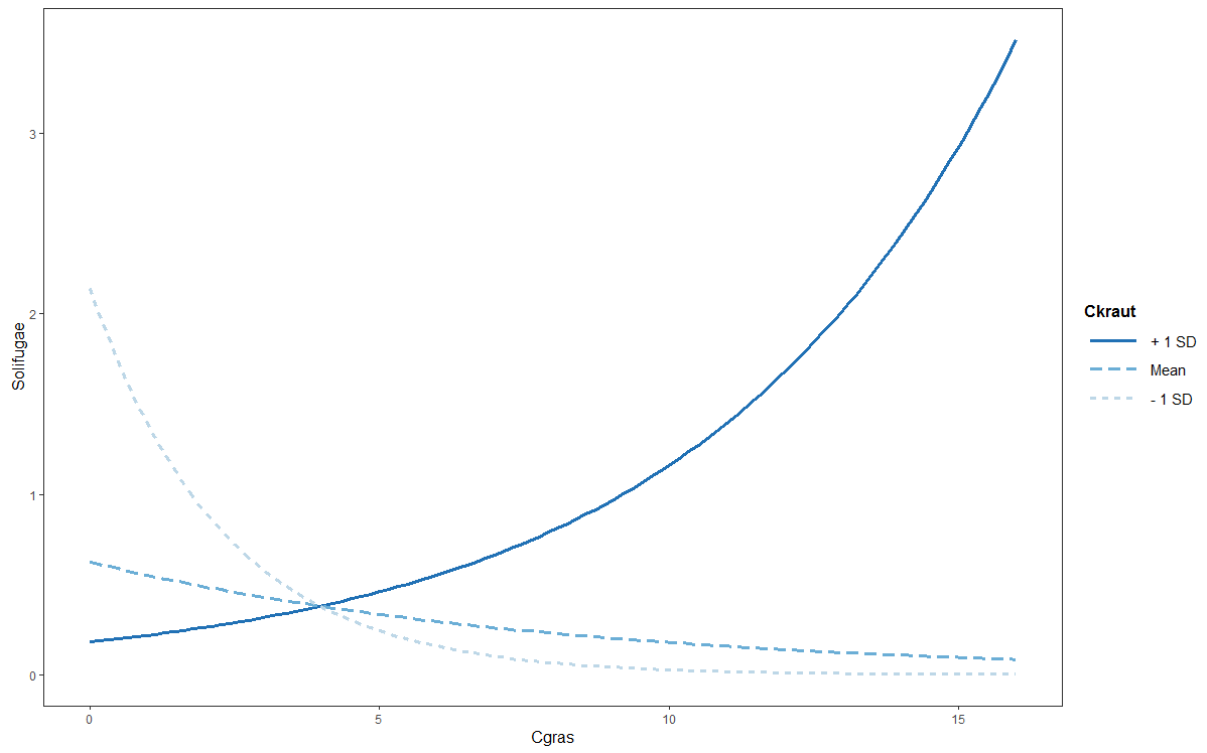


Abbildung 38: Interaktionsplot - Solifugae



Abbildung 37: Barberfalle auf Versuchsfläche