

Auswirkungen verschiedener Schnittverfahren auf die Vegetation von ungedüngten Fromental- und Magerwiesen

Bericht 2017



Brugg, 30. Mai 2018


AGROFUTURA
AGRONOMIE · ÖKONOMIE · ÖKOLOGIE

Mit der Unterstützung von:

SWISSLOS
Basel-Landschaft
SWISSLOS
Kanton Aargau

 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU
Office fédéral de l'environnement OFEV
Ufficio federale dell'ambiente UFAM
Uffizi federal d'ambient UFAM

 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD
Bundesamt für Landwirtschaft BLW

Bild Titelseite: Versuchsfläche in Biberstein im Juni 2016, Foto: Lisa Spühler

Bearbeitung

Jonas Landolt
Agrofutura AG
Stahlrain 4
5200 Brugg
Tel. direkt 056 500 10 69
Email: landolt@agrofutura.ch

Projektleitung

Manfred Lüthy
Agrofutura AG
Stahlrain 4
5200 Brugg
Tel. direkt 056 500 10 58
Email: luethy@agrofutura.ch

Auftraggeber

Kanton Aargau (Abteilung Land-
schaft und Gewässer BVU)
Kanton Basel-Landschaft
Bundesamt für Umwelt BAFU
Bundesamt für Landwirtschaft
BLW

Zusammenfassung

Ausgangslage

Extensiv genutzte Wiesen sind flächenmässig die grössten Biodiversitätsförderflächen in der Schweizer Landwirtschaft und gehören zu den artenreichsten Lebensräumen der Schweiz. Dem entsprechend ist ihre Bedeutung für den Naturschutz im Landwirtschaftsgebiet besonders gross. Um diese Artenvielfalt zu erhalten ist eine regelmässige Bewirtschaftung zwingend. Heute wird ein Grossteil dieser Flächen auf Grund der Vorgaben in der Direktzahlungsverordnung in der ersten Schönwetterperiode nach dem 15. Juni gemäht, was zu einer starken räumlich-zeitlichen Homogenisierung der Landschaft führt. Um die negativen Folgen für Flora und Fauna zu verkleinern, wird eine Flexibilisierung des Schnittzeitpunkts diskutiert.

Vorgehen

In dieser Untersuchung wurden auf einer Fromentalwiese in Anwil BL und einer Magerwiese mit zwei Schnitten in Biberstein AG verschiedene Schnittregime während sechs Jahren angewendet und die Veränderungen der Vegetation durch Erhebungen des Deckungsgrads festgehalten. Die Schnittzeitpunkte der Heuschnittverfahren lagen am 25. Mai, 15. Juni und 15. Juli. Zudem gab es drei Verfahren, welche jedes dritte Jahr von diesen fixen Schnittzeitpunkten abwichen. Auf der Magerwiese mit zwei Schnitten wurde ausserdem der Emdschnittzeitpunkt variiert. Ein Drittel der Flächen wurde nicht geemdet, ein Drittel früh Mitte August und ein Drittel spät Mitte September. Die Emdschnittverfahren fanden innerhalb der Heuschnittverfahren statt, es handelt sich also um ein sogenanntes „split-plot“-Design. Zusätzlich zu den Deckungsgradaufnahmen wurde auch die Phänologie der einzelnen Arten vor jedem Schnitt erhoben.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zu den Heuschnittverfahren zeigen, dass beide Wiesentypen sehr resilient sind gegenüber den Veränderungen des Heuschnittzeitpunkts. Veränderungen auf Vegetationsniveau sind bisher kaum feststellbar. Einzig die spät geschnittenen Flächen in der Fromentalwiese beginnen sich von den anderen Verfahren abzugrenzen. Einzelne Arten zeigen jedoch auf beiden Wiesentypen Veränderungen des Deckungsgrades, welche auf die Heuschnittverfahren zurückzuführen sind. Die Emdschnittverfahren, welche nur in Biberstein Teil des Versuchs waren, führten im Unterschied zu den Heuschnittverfahren zu klaren Veränderungen der Vegetation, insbesondere wenn diese in Artengruppen eingeteilt wurde. Von einem Auslassen des Emdschnitts profitierten vor allem die grosswüchsigen Gräser wie *Bromus erectus* und *Arrhenatherum elatius* auf Kosten der kleinen Kräuter, zum Beispiel *Linum catharticum* und *Leucanthemum vulgare*, und Leguminosen, wie *Medicago lupulina* und *Trifolium pratensis*. Das Auslassen des zweiten Schnitts führt also nachweislich zu einer Vergrasung der Wiese wodurch gleichzeitig die kleinen Kräuter und Leguminosen im Unterschied zu den geemdeten Flächen abnehmen. Ein später Emdschnitt Mitte September führte zur gegenteiligen Entwicklung. Vor allem kleine Gräser und Seggen, sowie Leguminosen nahmen im Unterschied zu den anderen zwei Verfahren, kein Emdschnitt und Emdschnitt Mitte August, zu. Untersuchungen im Rahmen einer Bachelorarbeit der Uni Basel zeigten, dass das Blütenangebot zwischen den Emdschnittverfahren stark variiert und dass das Blütenangebot der spät geemdeten Flächen unabhängig vom Heuschnittzeitpunkt am höchsten ist. Die Erhebungen der Phänologie ergaben, dass bis Ende Mai kaum Arten versamen konnten, Mitte Juni gut die Hälfte und Mitte Juli nahezu alle.

Diskussion

Die Ergebnisse zum Emdschnittzeitpunkt bestätigen die bisherige Vermutung, dass ein zweiter Schnitt auf Magerwiesen mit zwei Schnitten sehr wichtig ist, um eine Vergrasung des Bestandes und eine Abnahme der Kräuter zu verhindern. Eher überraschend kam das Ergebnis zum deutlichen Unterschied zwischen dem Emdschnittzeitpunkt Mitte August und Mitte September. Hierbei handelt es sich um eine neue Erkenntnis, wobei keine vergleichbaren wissenschaftlichen Untersuchungen bekannt sind. Der Grund für diese Ergebnisse liegt mit grosser Wahrscheinlichkeit bei der Lichtkonkurrenz im Frühling: Je höher die Vegetation

im Herbst, desto weniger Licht erreicht im Frühling den Boden. Die hier dargestellten Erkenntnisse ergeben neue Möglichkeiten um vergraste Bestände aufzuwerten und das Blütenangebot zu erhöhen. Da die Erkenntnisse zum Emdschnittzeitpunkt nur für die Magerwiese mit zwei Schnitten vorliegen, ist noch unklar, ob sie sich auch auf nährstoffreichere Wiesen übertragen lassen. Da jedoch die ökologischen Prinzipien bezüglich Lichtverfügbarkeit im Frühling in diesen Wiesen ähnlich sind, ist anzunehmen, dass auch dort ein später Schnitt für die Kräuter vorteilhaft ist.

Ausblick

Die dargestellten Resultate zeigen, dass der Versuch wertvolle Ergebnisse zum Einfluss der Schnittzeitpunkte liefert. Mit grosser Wahrscheinlichkeit ist der Entwicklungsprozess, welcher durch die verschiedenen Schnittverfahren eingesetzt hat noch nicht abgeschlossen und es ist davon auszugehen, dass sich die Unterschiede in den kommenden Jahren noch wesentlich akzentuieren werden. Deshalb kann angenommen werden, dass im Laufe einer zweiten Versuchsperiode 2018 bis 2024 insbesondere die Auswirkungen der verschiedenen Verfahren auf die einzelnen Arten zunehmen werden. Dadurch werden auch die Unterschiede der Pflanzenbestände zwischen den Verfahren grösser. Eine Bestätigung und Vertiefung der bisherigen Ergebnisse ist wichtig, um zu stichfesten Rückschlüssen auf die Bewirtschaftung zu kommen und gegebenenfalls in der Praxis Änderungen anzustreben. Bereits jetzt kann allerdings festgehalten werden, dass ein später Emdschnitt Vorteile mit sich bringt, welche insbesondere durch die klimatisch bedingte, immer länger werdende Vegetationsperiode von Bedeutung sein kann.

Danksagung

Wir möchten uns ganz herzlich beim Swisslos-Fonds Aargau, Swisslos-Fonds Basel-Landschaft, dem Bundesamt für Landwirtschaft BLW und dem Bundesamt für Umwelt BAFU für die finanzielle Unterstützung bedanken, welche dieses Projekt ermöglichte. Auch der Abteilung Landschaft und Gewässer BVU des Kantons Aargau und dem Landwirtschaftliche Zentrum Ebenrain, Baselland sei für die Unterstützung vielmals gedankt. Zudem möchten wir uns bei den Bewirtschaftern der beiden Wiesen, Markus Nadler und Rolf Schaffner, für das zur Verfügung stellen der Wiesen und die reibungslose Zusammenarbeit bedanken. Marco Bertschinger und Ursina Studer danken wir für ihr Interesse am Versuch und den Wissensgewinn, welcher durch ihre Arbeiten zum Blütenangebot entstand. Für die Hilfe bei der Statistikauswertung möchten wir Sabine Güsewell von der ETH Zürich ganz besonders danken. Zuletzt sei allen Agrofutura Mitarbeitenden gedankt, welche zum Gelingen des Projekts durch Hilfe im Feld oder bei der Erarbeitung dieses Berichtes beigetragen haben.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Danksagung	5
1 Einleitung	12
2 Fragestellung	13
2.1 Veränderungen der Vegetation und der Artenzusammensetzung:	13
2.2 Versammlungsmöglichkeit auf Grund der Schnittzeitpunkte:	13
3 Methoden	14
3.1 Versuchsflächen	14
3.1.1 Fromentalwiese in Anwil BL	14
3.1.2 Magerwiese mit zwei Schnitten in Biberstein AG (Abbildung 2)	14
3.2 Versuchsdesign	15
3.2.1 Fromentalwiese, Anwil	15
3.2.2 Magerwiese mit zwei Schnitten, Biberstein	15
3.3 Aufnahmemethoden	16
3.3.1 Vegetationsaufnahmen	16
3.3.2 Phänologische Aufnahmen	16
3.3.3 Nomenklatur	17
3.4 Methodenanpassungen	17
3.5 Dateneingabe und -auswertung	17
4 Ergebnisse	20
4.1 Anwil	20
4.1.1 Vegetation	20
4.1.2 Versammlungsmöglichkeit	25
4.1.3 Korrelation zwischen Phänologie und Entwicklung der Arthäufigkeiten	25
4.2 Ergebnisse Biberstein	26
4.2.1 Vegetation	26
4.2.2 Phänologie: Versammlungsmöglichkeit	32
4.2.3 Korrelation zwischen Phänologie und Entwicklung der Arthäufigkeiten	33
5 Diskussion	34
5.1 Anwil	34
5.2 Biberstein	35
5.3 Rückschlüsse auf die Bewirtschaftung	36
5.4 Ausblick	37
5.5 Vorschlag für eine Weiterführung des Versuchs mit angepasstem Versuchsdesign	37
5.5.1 Neues Versuchsdesign für die Fromentalwiese	38
5.5.2 Neues Versuchsdesign für die Magerwiese mit zwei Schnitten	38
6 Literatur	40

7	Anhang	41
7.1	Anhang 1: Artenlisten für Anwil und Biberstein	41
7.2	Anhang 2 Deckungsgrad Anwil im zeitlichen Verlauf	46
7.3	Anhang 3: Deckungsgrad Anwil 2017.....	50
7.4	Anhang 4: Deckungsgrad zeitlicher Verlauf Biberstein	51
7.5	Anhang 5: Deckungsgradänderungen Biberstein Heuschnitt.....	57
7.6	Anhang 6: Deckungsgradänderung Biberstein Emdschnitt	61
7.7	Anhang 7: Versammlungsmöglichkeiten in Anwil.....	67
7.8	Anhang 8: Versammlungshäufigkeit in Biberstein	68

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Fromentalwiese in Anwil BL. Die Wege zwischen den Plots sind bereits ausgemäht.14
- Abbildung 2: Magerwiese mit zwei Schnitten in Biberstein AG14
- Abbildung 3: Versuchsdesign in Anwil. Wh steht für Wiederholung und wird auch Block genannt.15
- Abbildung 4: Versuchsdesign in Biberstein. Wh steht für Wiederholung und wird auch Block genannt.15
- Abbildung 5: HKA mit der Einfärbung der Vegetationsaufnahmen (Punkte) nach Versuchsjahren:die zeitliche Entwicklung der Plots. Die Achse 1 (erste Hauptkoordinate) erklärt den grössten Teil der Datenstreuung (Varianz). Durch das Einfärben der Vegetationsaufnahmen nach Jahren, wird ersichtlich, dass die zeitliche Entwicklung massgeblich für die Verteilung der Punkte auf der ersten Hauptkoordinate (Achse 1) verantwortlich ist.....20
- Abbildung 6: HKA mit der Einfärbung der Vegetationsaufnahmen (Punkte) nach den Heuschnittverfahren. Durch das Einfärben der Punkte nach Heuschnittverfahren zeigt sich, dass sich die blauen Punkte (Verfahren D und E, spät) von den anderen Verfahren vor allem auf der zweiten Hauptkoordinate (vertikale Achse) abgrenzen.....20
- Abbildung 7: HKA mit unterschiedlichen Symbolen für die Wiederholungen (Blöcke). Auf den ersten zwei Hauptkoordinaten und auch auf den HKA 3 und 4, hier nicht dargestellt, ist keine Differenzierung nach Blöcken ersichtlich. Es gibt also keinen Art-Gradienten zwischen den Blöcken, was aber nicht heisst, dass die Wiese homogen ist.....20
- Abbildung 8: HKA mit dem gemittelten Wert der Ähnlichkeiten der Vegetationsaufnahmen pro Jahr und pro Verfahren. Die einzelnen Jahre sind mit Strichen verbunden, um die zeitliche Entwicklung (von links nach rechts) darzustellen. Die Punkte ganz links sind das Jahr 2012, ganz rechts 2016, analog zu den Jahreszahlen in Abbildung 9. Man beachte die parallele Entwicklung der Plots und die Verfahren D und E (blau), welche sich bereits zu Beginn etwas von den anderen Verfahren unterscheiden, sich dann aber weiter von diesen entfernen.21
- Abbildung 9: HKA analog zur Abbildung 8, aber mit der Achse 3, anstelle der Achse 2 in der Vertikalen. Dadurch sind die Abstände der Punkte auf der x-Achse (horizontal) gleich. Auf der y-Achse (vertikal) unterscheiden sie sich allerdings im Vergleich zur Abbildung 8. Die Achse 3 erklärt 8.4% der Streuung der Daten, weshalb mit dieser Grafik untersucht wird, ob diese Streuung mit den Schnittverfahren in Verbindung gebracht werden kann. Allerdings ist eine mehr oder weniger parallele Entwicklung der Verfahren zu erkennen. Es ist also keine Erklärung für die Streuung auf Achse 3 zu finden.21
- Abbildung 10: HKA 2012-2016 mit den Arten, deren Korrelation mit den Ordinationsachsen mind. 0.6 beträgt. Die Artpfeile nach oben und unten stehen für Arten, deren Deckung in den Plots der Pfeilrichtung besonders hoch ist. Pfeile nach links zeigen Arten, welche abgenommen haben. Pfeile nach rechts Arten, welche zugenommen haben.22
- Abbildung 11: HKA analog zu Abbildung 10 aber für die Jahre 2015-16. Bei Arten, welche eher in früh geschnittenen Flächen vorkommen (rot) zeigen die Pfeile nach rechts und bei Arten, welche eher in spät geschnittenen Flächen vorkommen (blau), zeigen die Pfeile nach links unten.....22
- Abbildung 12: Zeitliche Entwicklung zwischen 2012 und 2016 der 10 Arten, welche eine Korrelation von mindestens 0.6 mit den Ordinationsachsen aufweisen. Man beachte die grossen jährlichen Schwankungen des Deckungsgrad der einzelnen Arten!. Die Verfahren sind alle gemäss der Legende bei *Centaurea jacea* gekennzeichnet: grau=DZV, blau= spät, rot= früh.....23
- Abbildung 13: Entwicklung des Deckungsgrad der einzelnen Arten in Anwil: Differenz der wurzeltransformierten Deckungen der Jahre 2012–13 und 2015–16 für Pflanzenarten in den drei Gruppen von Heuschnittverfahren (Schnittzeitpunkt überwiegend nach Direktzahlungsverordnung DZV, Ende Mai (früh) oder Mitte Juli (spät)), für Arten mit signifikanten Unterschieden zwischen den drei Verfahrensgruppen ($p < 0.05$). Dargestellt sind die Mittelwerte \pm Standardfehler (SE) der Deckungsgradänderung..24
- Abbildung 14: Entwicklung des Deckungsgradvon Artengruppen in Anwil nach gruppierten Schnittzeitpunktverfahren. Mittelwerte \pm SE (Standardfehler) für die summierte Differenz der

wurzeltransformierten Deckungen der Jahre 2012–13 und 2015–16 (Summe aller Arten einer Gruppe) und p-Werte der Varianzanalyse für den Vergleich der drei Verfahrensgruppen.	25
Abbildung 15: Phänologie Anwil: In dieser Grafik ist die Versamungshäufigkeit aller Arten aufgeführt, welche über die gesamte Versuchsdauer in mindestens einem Verfahren eine Versamung von über 50% hatten, Das sind also Arten, welche im besten Verfahren mindestens jedes zweite Jahr versamen konnten..	25
Abbildung 16: Phänologie Mittelwerte Anwil: Mittelwerte und Standardfehler der Arten in Abbildung 15.	25
Abbildung 17: Korrelationen zwischen den Deckungsänderungen von 2012–13 bis 2015–16 und dem Anteil der Flächen und Jahre mit Versammlungsmöglichkeit vor dem Heuschnitt in Anwil. Die Korrelationen wurden für jede einzelne Pflanzenart berechnet. Der Boxplot zeigt die Verteilung der Korrelationen für alle Pflanzenarten. Die horizontalen Linien entsprechen den Grenzen für eine signifikante Korrelation bei n = 21. Korrelationen innerhalb der Grenzen sind nicht signifikant. Korrelationen ausserhalb der Grenzen sind nur dann signifikant, wenn tatsächlich 21 Datenpunkte vorliegen.	26
Abbildung 18: HKA mit unterschiedlichen Symbolen für die drei Blöcke (Wiederholungen). Es ist eine deutliche Differenzierung der Blöcke ersichtlich: Die Punkte der einzelnen Blöcke bilden Cluster, was auf einen Gradienten in der Wiese hinweist.	27
Abbildung 19: HKA mit der Einfärbung der Vegetationsaufnahmen nach Jahren zur Darstellung der zeitlichen Entwicklung. Eine zeitliche Entwicklung ist klar ersichtlich, da sich die Punkte nach den einzelnen Jahren gruppieren.	27
Abbildung 20: HKA mit der Einfärbung der Vegetationsaufnahmen nach Heuschnittverfahren. Es ist keine klare Abgrenzung ersichtlich. Einzig das Verfahren D mit einem späten Schnitt (blaue Punkte) hebt sich etwas von den restlichen Punkten ab.	27
Abbildung 21: HKA mit den Mittelwerten der Ähnlichkeiten pro Verfahren und pro Jahr. Die zeitliche Entwicklung wird dargestellt in dem die Mittelwerte pro Verfahren zwischen den einzelnen Jahren mit Linien verbunden werden. Man beachte die parallele Entwicklung der Verfahren auf der Achse 2 sind die Punkte nach der zeitlichen Entwicklung aufgespannt. Wie in Abbildung 22 sind die Punkte zu oberst das Jahr 2012 und ganz unten 2016.	27
Abbildung 22: Wie Abbildung 21, aber mit den Ordinationsachsen 2 und 3. Da in der Vertikalen ebenfalls die Achse 2 aufgetragen ist, sind die Punkte vertikal an der gleichen Stelle. Horizontal sind sie allerdings verschoben, weil Achse 3 anstelle von Achse 1 verwendet wurde. Man beachte die parallele Entwicklung der Verfahren und die geringe Distanz zwischen den Verfahren D (spät) und F (früh).	27
Abbildung 23: HKA mit den Arten, welche die Differenzierung der Blöcke verursachen: Für diese Grafik wurden die Mittelwerte aller Plots eines Blocks pro Jahr berechnet. Die Achse 2 stellt die zeitliche Entwicklung dar, wobei zu oberst die Daten aus dem Jahr 2012 sind und zu unterst das Jahr 2016. Der Pfeil von <i>Bromus erectus</i> zeigt, dass die Art zu Beginn häufiger war. Auf der Achse 1 ist die Differenzierung der Blöcke mit den korrelierenden Arten (mind. 0.6) zu sehen.	28
Abbildung 24: HKA für die Heuschnittverfahren und die mit den Ordinationsachsen korrelierenden Arten (Korrelation von mind. 0.6). Die Artpfeile zeigen in die Richtung mit erhöhtem Deckungsgrad. Die Abgrenzung des Verfahrens D, kommt also vor allem durch <i>Euphorbia verrucosa</i> zu Stande.	28
Abbildung 25: Zeitliche Entwicklung der Deckungsgrade in Biberstein: Differenz der wurzeltransformierten Deckungen der Jahre 2012–13 und 2015–16 für Pflanzenarten in den drei Emdschnittverfahren. Aufgeführt sind für Arten mit signifikanten Unterschieden zwischen den Emdschnittverfahren ($p < 0.05$). Dargestellt sind die Mittelwerte \pm Standardfehler (SE).	29
Abbildung 26: Entwicklung der Häufigkeiten von Artengruppen in Biberstein. Dargestellt sind die Mittelwerte \pm Standardfehler (SE) für die summierte Differenz der wurzeltransformierten Deckungen der Jahre 2012–13 und 2015–16 (Summe aller Arten einer Gruppe) und p-Werte der Varianzanalyse für den Vergleich der drei Emdschnittverfahren.	30
Abbildung 27: Zusammengesetztes Foto der Fläche B2 anfangs Juni 2016 in Biberstein. Links ist die nicht geemdete Fläche (viel Gras), in der Mitte die früh geemdete Fläche und rechts die spät geemdete Fläche (hohes Blütenangebot).	30

Abbildung 28: Das Blütenangebot aller Versuchsflächen Ende Mai 2017. Die Buchstaben geben wiederum die Heuschnitte an (grob: A-C: DZV, D-E: Mitte Juli: F-G: Ende Mai) und die Zahlen und Farben die Emdschnitte (1: kein Emd, 2: Emdschnitt früh, 3: Emdschnitt spät).	31
Abbildung 29: Deckungsgradänderung mit dem Heu- und Emdschnitt bei <i>Bromus erectus</i> . Es ist keine Interaktion erkennbar, das heisst die zwei Schnittzeitpunkte beeinflussen sich gegenseitig nicht. Der Deckungsgrad von <i>Bromus erectus</i> hat sich primär aufgrund des Emdschnitts verändert.	31
Abbildung 30: Deckungsgradänderung mit dem Heu- und Emdschnitt bei <i>Centaurea scabiosa</i> . Es ist eine klare Interaktion ersichtlich. Ein später Heuschnitt (D und E) kombiniert mit einem späten Emdschnitt oder keinem Emdschnitt hat zu einer Zunahme von <i>Centaurea scabiosa</i> geführt, während ein später Heuschnitt und ein früher Emdschnitt zu einer Abnahme geführt hat.	31
Abbildung 31: Versammlungshäufigkeit der Arten mit > 50% Versammlung im besten Verfahren für den Heuschnitt in Biberstein über die gesamte Versuchsdauer: Mit anderen Worten sind hier die Arten aufgeführt, welche im besten Verfahren im Durchschnitt mindestens jedes zweite Jahre versamen konnten.	32
Abbildung 32: Versammlungshäufigkeit der Arten mit > 50% Versammlung im besten Verfahren für den Emdschnitt in Biberstein. Gleiches Prinzip wie in Abbildung 31 aber für die Emdschnittverfahren. Durch einen späten Emdschnitt bleibt den Arten mehr Zeit für den zweiten Aufwuchs, so dass die Zeit zum Versamen eher reicht als beim frühen Emdschnitt. Da nicht alle Arten im zweiten Aufwuchs nochmals blühen, sind es weniger Arten als im Heuschnitt (Abbildung 31).	32
Abbildung 33: Mittelwerte der Versammlungshäufigkeit aller Arten vor dem Heu- und vor dem Emdschnitt. Bei den Daten vor Heuschnitt (schwarz) handelt es sich um die Mittelwerte der Abbildung 31. Die Daten „Vor Emdschnitt“ betreffen die Versammlungsmöglichkeit zwischen dem Heuschnitt und dem Emdschnitt. Durch einen späten Heuschnitt (D und E) bleibt weniger Zeit für den zweiten Aufwuchs. Man beachte die daraus resultierende, gegenläufige Entwicklung, welche zu einem Mittelwert mit weniger starken Amplituden führt.	32
Abbildung 34: Mittelwerte der Versammlungshäufigkeit aller Arten vor dem Heu-(im Folgejahr) und vor dem Emdschnitt. Die blaue Linie ist der Mittelwerte der Arten aus Abbildung 32. Die schwarze Linie zeigt, dass der Emdschnitt keine Auswirkungen auf die Versammlungshäufigkeit im Folgejahr hat.	32
Abbildung 35: Korrelationen zwischen den Deckungsgradänderungen von 2012–13 bis 2015–16 und dem Anteil der Flächen und Jahre mit Versammlungsmöglichkeit vor dem Heuschnitt und Emdschnitt in Biberstein. Die Korrelationen wurden für jede einzelne Pflanzenart berechnet. Die Boxplots zeigen die Verteilung der Korrelationen für alle Pflanzenarten. Die horizontalen Linien entsprechen den Grenzen für eine signifikante Korrelation bei $n = 21$. Korrelationen innerhalb der Grenzen sind nicht signifikant. Korrelationen ausserhalb der Grenzen sind nur dann signifikant, wenn tatsächlich 21 Datenpunkte vorliegen.	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Testergebnisse zur Wirkung der Heuschnittverfahren, des zeitlichen Trends ("Jahr") und der Blöcke (Wiederholungen) auf die Artenzusammensetzung in der Versuchsfäche Anwil, basierend auf Redundanzanalysen verschiedener Teildatensätze. Die Spalten "Varianz" und "% Varianz" geben an, welcher Teil der gesamten Variation der Arthäufigkeiten durch jeden Faktor erklärt wird. Der F-Wert ist ein Mass für die Stärke der Effekte. Der p-Wert wurde durch zufällige Permutation (Erklärung siehe Kapitel 3.5) der Plots und der Jahre (innerhalb der Plots) erhalten. Die Blöcke wurden entweder als Faktor ins Modell eingeschlossen (Tabelle 1a) oder bei den Permutationen berücksichtigt (Tabelle 1b und 1c), indem die Plots nur innerhalb ihres Blockes permutiert wurden. Signifikante Ergebnisse sind fett dargestellt.	21
Tabelle 2: Ergebnisse der Einweg-Varianzanalyse für den Vergleich der Deckungsgradiententwicklung einzelner Pflanzenarten. Differenz der wurzeltransformierten Deckungen der Jahre 2012–13 und 2015–16 zwischen den sieben Heuschnittverfahren und zwischen drei Gruppen von Verfahren (Schnittzeitpunkt überwiegend nach Direktzahlungsverordnung DZV, Ende Mai oder Mitte Juli). Nur Arten mit mindestens einem p-Wert unter 0.05 sind dargestellt.	24
Tabelle 3: Testergebnisse zur Wirkung der Verfahren ("Schnitt", "Emd"), des zeitlichen Trends ("Jahr") und der Blöcke auf die Artenzusammensetzung in der Versuchsfäche Biberstein (2012–2016), basierend auf einer Redundanzanalyse. Es sind keine p-Werte angegeben, da eine genaue Bestimmung aufgrund des komplexen Designs nicht möglich war. Hier sollten die F-Werte interpretiert werden, mit "signifikanten" Einflüssen bei F-Werten über 2–4 (je nach Freiheitsgraden). Auf Grund der F-Werte sind deutliche hoch signifikante Unterschiede zwischen den drei Blöcken und ein deutlicher zeitlicher Trend zu finden (fett dargestellt). Zudem ist ein schwacher Effekt des Schnitts sichtbar.	28
Tabelle 4: P-Werte der Zweiweg-Varianzanalysen aufgrund von gemischten Modellen, vgl. Methoden. Arten bei denen nur einer der zwei Tests signifikant war, sind grau eingefärbt. <i>Salvia pratensis</i> ist blau, weil eine Interaktion zwischen dem Heu- und dem Emdschnitt vorliegt.....	29

Abkürzungsverzeichnis

AG	Aargau
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFF	Biodiversitätsförderflächen
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
DZV	Direktzahlungsverordnung
HKA	Hauptkoordinatenanalyse
TWW	Trockenwiesen und -weiden

1 Einleitung

Extensiv genutzte Wiesen gehören zu den floristisch artenreichsten Lebensräumen der Schweiz. Dem entsprechend ist ihre Bedeutung für den Naturschutz im Landwirtschaftsgebiet besonders gross (Oppermann, 2003). Zudem machen extensiv genutzte Wiesen den grössten Anteil Biodiversitätsförderflächen (BFF) aus (BAFU, 2014). Durch die Direktzahlungsverordnung (DZV) werden den Landwirten Vorgaben zur Bewirtschaftung der Wiesen gemacht. Unter anderem werden der Zeitpunkt des Heuschnitts, ein Düngungsverbot und die Heuaufbereitung vorgeschrieben (BLW, 2017). Zum Zeitpunkt des zweiten Schnitts macht die DZV keine Vorgaben. Im Mittelland liegt der Heuschnittzeitpunkt in den allermeisten Fällen am 15. Juni und ein Grossteil der Wiesen wird gleich in der ersten Schönwetterperiode nach diesem Datum gemäht. Dies führt zu einer starken räumlich-zeitlichen Homogenisierung der Graslandschaft im Mittelland mit negativen Folgen sowohl für die Flora als auch für die Fauna. Dass das starre Schnittregime gemäss DZV nicht in jedem Fall optimal ist für die Erhaltung und Steigerung des Naturschutzwerts von extensiven Wiesen, wird seit längerem diskutiert (u.a. Agrofutura-Tagung „Vom Gessler-Heu zum Tellen-Heu“, 2005). Wie das Schnittregime ausgestaltet werden muss, um die Effektivität der BFF für die Biodiversität der Wiesen zu erhöhen, ist deshalb eine sehr wichtige Fragestellung.

Mehrere Studien untersuchten die Folgen eines späteren Schnittzeitpunkts auf verschiedene Invertebraten-Gruppen (Humbert, 2012a) und Pflanzen. Eine Meta-Analyse zur Pflanzenvielfalt zeigte, dass die Pflanzenvielfalt durch ein verspätetes Mähen zunahm (Humbert, 2012b). Die Wirkungsmechanismen die zu diesem Ergebnis führten sind vielfältig. Einerseits ermöglicht ein spätes Mähen das Absamen vieler Arten, was zu einer Erhöhung der Artenzahl führen kann. Andererseits ermöglicht eine längere Wachstumsperiode grosswachsenden, konkurrenzstarken Arten sich stärker auszubreiten, was zu einer Abnahme der Arten führen kann. Neue Untersuchungen zu einem späten ersten Heuschnitt fanden über einen Zeitraum von 5 Jahren keine Veränderung der Pflanzendiversität gegenüber dem Schnittzeitpunkt am 15. Juni (van Klink, 2017). Die hier aufgeführten Untersuchungen fokussieren vor allem auf eine Verschiebung des Schnittzeitpunkts nach hinten und auf die Artendiversität. Da verschiedene Pflanzenarten unterschiedliche Lebenszyklen aufweisen und auch ihr „naturschützerischer Wert“ unterschiedlich gross ist, sollte nicht nur die Artendiversität, sondern die Arten einzeln beziehungsweise in Artengruppen betrachtet werden.

Während zum Heuschnittzeitpunkt einige Untersuchungen vorliegen, gibt es keine uns bekannten Studien, welche die Effekte von unterschiedlichen Emdschnittzeitpunkten untersuchen. Erhebungen zur Qualitätssicherung der BFF, welche im Rahmen des Programms Labiola (früher Beve) im Kanton AG jeweils vor einer neuen Vertragsperiode durchgeführt worden sind (Peter et al., 2010), nährten den starken Verdacht, dass insbesondere auf Magerwiesen das Auslassen des Emdschnitts zu einer Zunahme der dominanten Grasarten führt und die Kräuter tendenziell abnehmen. Wissenschaftliche Untersuchungen, welche das Auslassen des Emdschnitts auf Magerwiesen mit zwei Schnitten untersuchen, fehlen allerdings. Die Langzeitstudie von Köhler et al. (2004) untersuchte zwar auch unterschiedliche Unternutzungsszenarien, allerdings war die intensivste Nutzungsform ein jährlicher Schnitt, gefolgt von einer Mahd jedes zweite Jahr. Ihre Ergebnisse zeigen, einerseits dass die Artenvielfalt durch eine Unternutzung eher abnahm und andererseits, dass auch von Verfahren mit einer nicht alljährlichen Mahd Arten von naturschützerischem Wert profitierten.

Mit der hier vorliegenden Untersuchung soll gezeigt werden, welche Auswirkungen eine Verschiebung des Schnittzeitpunktes nach vorne oder hinten verglichen mit dem 15. Juni auf die Zusammensetzung der Flora hat und welche Arten bis zum entsprechenden Schnittzeitpunkt bereits Versamen konnten. Zudem wird untersucht, welche Bedeutung der zweite Aufwuchs und der Emdschnitt, sowie dessen Zeitpunkt, haben.

2 Fragestellung

Mit dem vorliegenden Versuch sollen einerseits Fragen zu Veränderungen der Artenzusammensetzung, andererseits Fragen zu den Versammlungsmöglichkeiten der Wiesenpflanzen beantwortet werden. Die hier aufgeführten Fragen wurden gegenüber dem ursprünglichen Wortlaut im Versuchsbeschrieb leicht angepasst: Die Fragen wurden thematisch gruppiert, wertende Fragen (ideal, unerwünscht etc.) wurden durch neutrale ersetzt und gewisse Fragen wurden etwas anders formuliert oder präzisiert. Inhaltlich wurden aber keine Veränderungen vorgenommen. Fragen, welche den Emdschnitt betreffen, gelten nur für die Fläche in Biberstein, da nur dort die Vegetation vor dem Emdschnitt erhoben wurde, siehe Kapitel 3 Methoden.

2.1 Veränderungen der Vegetation und der Artenzusammensetzung:

Verändert sich die Vegetation auf Grund einer Verschiebung des Heuschnittzeitpunkts vom 15. Juni nach hinten auf den 15. Juli und nach vorne auf den 25. Mai?

Verändert sich die Vegetation auf Grund des Emdschnitts und dessen Zeitpunkt (Biberstein)?

Falls ja, welche Arten(-gruppen) nehmen zu, welche ab?

Welche Auswirkungen haben gelegentliche Abweichungen (alle 3 Jahre) von den frühen und späten Heuschnittzeitpunkten?

2.2 Versammlungsmöglichkeit auf Grund der Schnittzeitpunkte:

Wie beeinflusst der Schnittzeitpunkt die Möglichkeit einer Versammlung?

Welche Rolle spielt der zweite Aufwuchs für die Versammlungsmöglichkeit (Biberstein)?

Besteht ein Zusammenhang zwischen der Versammlungsmöglichkeit und der Entwicklung des Deckungsgrad der einzelnen Arten?

3 Methoden

3.1 Versuchsflächen

Die Fromentalwiese befindet sich in Anwil (Kanton Basel-Landschaft) und die Magerwiese mit zwei Schnitten in Biberstein (Kanton Aargau). Mit der Auswahl der Flächen wurde dem Umstand Rechnung getragen, dass zwei kantonale Fachstellen respektive die entsprechenden Lotteriefonds als Hauptgeldgeber in diesem Projekt involviert sind. Beide Wiesen sind sowohl Biodiversitätsförderflächen (BFF) gemäss DZV als auch Teil von kantonalen Bewirtschaftungsverträgen. Bewusst wurden Wiesen mit zwei verschiedenen Nährstoffniveaus (Fromentalwiese und Magerwiese mit zwei Schnitten) ausgewählt. Weitere Anforderungen an die Wiesen waren ein möglichst homogener Pflanzenbestand, sowie ein kantonaler Bewirtschaftungsvertrag.

3.1.1 Fromentalwiese in Anwil BL

Diese Wiese entstand 1994 durch Ansaat auf ehemaligem Ackerland (Parzelle Nr. 1490, "Grossacker", Abbildung 1). Sie hat sich innerhalb von gut 20 Jahren zu einer schönen Fromentalwiese entwickelt. Sie wird als extensive Wiese mit kantonalem Vertrag über Ökobeiträge (Vertragsobjekt Nr. 1214) mit folgenden Auflagen bewirtschaftet: keine Düngung, Schnitt ab 15.6., keine Beweidung, bei jedem Schnitt 10% abwechselnd stehen lassen.



Abbildung 1: Fromentalwiese in Anwil BL. Die Wege zwischen den Plots sind bereits ausgemäht.

Koordinaten der Eckpunkte:

638066/254968, 638067/254883, 638045/254968, 638051/254882

Abgemessene Versuchsfläche:

85m x 20m = 17a

Exposition:

Nord, schwach geneigt, Höhe: ca. 620 m ü. M.

Pflanzenbestand:

Fromentalwiese (Arrhenatheretum), 24er Bestand nach Kartierschlüssel AG

Bewirtschafter:

Rolf Schaffner, Reizackerhof, Anwil

3.1.2 Magerwiese mit zwei Schnitten in Biberstein AG

Die Versuchsfläche gehört zur Parzelle Nr. 149 „Gmeirüti“ in Biberstein AG und ist Teil eines Bewirtschaftungsvertrages (Abbildung 2). Die Bewirtschaftungsauflagen sind: ein erster Schnitt ab dem 15. Juni, zweiter Schnitt vorgeschrieben, bei jedem Schnitt 5-10% stehen lassen, keine Herbstweide. Die Wiese gehört zu einem Naturschutzgebiet von kantonaler Bedeutung (NKB) und einem TWW-Objekt.



Abbildung 2: Magerwiese mit zwei Schnitten in Biberstein AG. Die Wege sind bereits ausgemäht.

Koordinaten der Eckpunkte:

648969/252711, 649075/252674, 648973/252742, 649088/252710

Abgemessene Versuchsfläche:

120m x 40m = 48a

Exposition: Süd, Neigung:

mittlere Neigung, Höhe: , ca. 580 m ü. M.

Pflanzenbestand:

Trespenwiese (Mesobrometum), 24*14er Bestand nach Kartierschlüssel AG

Bewirtschafter:

Markus Nadler, Sonnenhof, Biberstein

3.2 Versuchsdesign

Der Versuch ist als Blockdesign mit sieben verschiedenen Verfahren (Treatments) in 3 Wiederholungen (Blöcken) konzipiert (Abbildung 3). Am Standort der Magerwiese mit zwei Schnitten in Biberstein werden zusätzlich noch drei Subtreatments („split-plot design“) im Emdschnitt durchgeführt. Eine Untersuchungseinheit (Plot) hat eine Grösse von 5 x 10m (Abbildung 3 und Abbildung 4). Die Anordnung der Behandlungen innerhalb eines Blocks wurde randomisiert, also zufällig gewählt. An beiden Orten wurde mit einem Balkenmäher gemäht und von Hand gezettet und zusammengereicht.

3.2.1 Fromentalwiese, Anwil

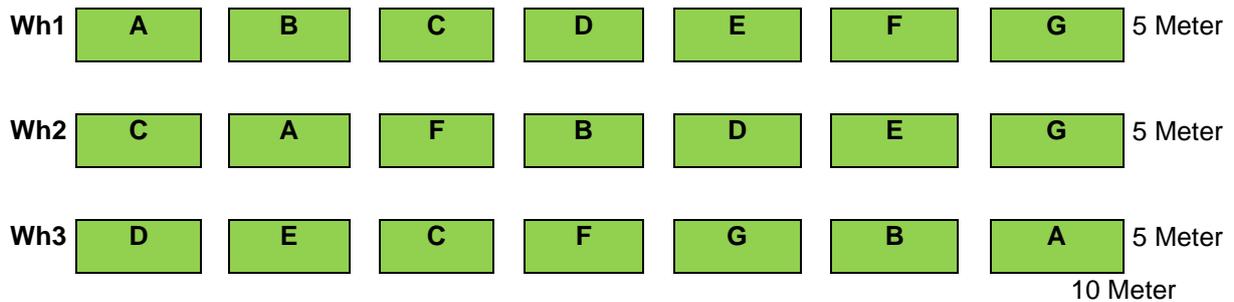


Abbildung 3: Versuchsdesign in Anwil. Wh steht für Wiederholung und wird auch Block genannt.

3.2.2 Magerwiese mit zwei Schnitten, Biberstein

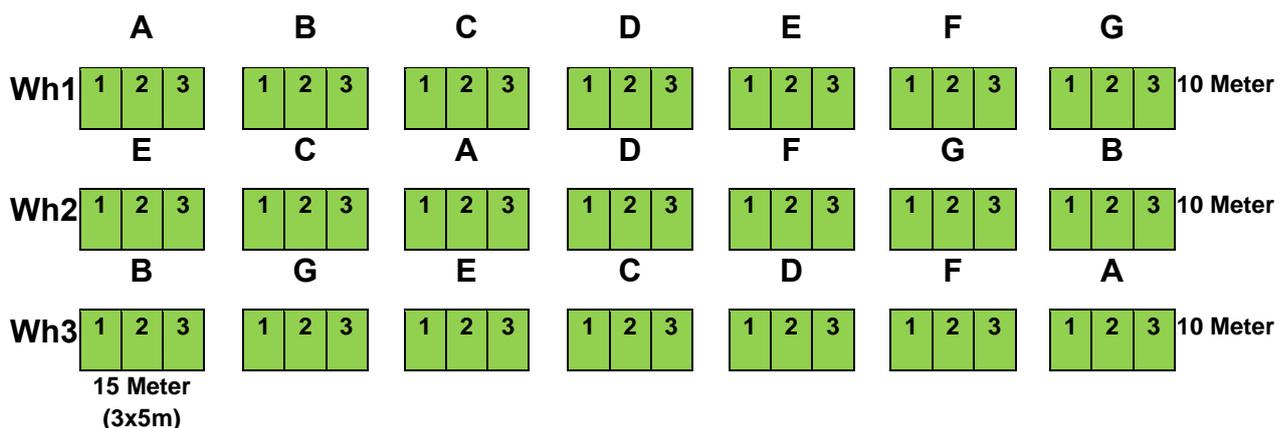


Abbildung 4: Versuchsdesign in Biberstein. Wh steht für Wiederholung und wird auch Block genannt.

Verfahren im Heuschnitt (Anwil und Biberstein):

A	SZP fix (entspricht DZV-Regelung)
B	SZP fix mit zweimaliger früher Nutzung in 6 Jahren
C	Zeitpunkt Heuschnitt nach Schnittriefe mit Intervall zum Emdschnitt von mind. 8 Wochen
D	Später Heuschnitt Mitte Juli (Extremvariante)
E	Später Heuschnitt Mitte Juli mit zweimaligem frühem Heuschnitt in 6 Jahren
F	Früher Heuschnitt im Mai (Extremvariante)
G	Früher Heuschnitt im Mai mit zweimaliger später Nutzung in 6 Jahren

Verfahren im Emdschnitt Biberstein:

1	kein Emdschnitt	2	Emdschnitt früh	3	Emdschnitt spät
---	-----------------	---	-----------------	---	-----------------

Die hier gezeigte Farbwahl wird im ganzen Bericht so verwendet.

3.3 Aufnahmemethoden

3.3.1 Vegetationsaufnahmen

Die Vegetations- und Phänologieaufnahmen wurden von 2012 bis 2016 jährlich in allen Flächen durchgeführt (Repeated measures). Ursprünglich waren nur jedes zweite Jahr Vegetationsaufnahmen geplant, auf Grund der Veränderungen des Pflanzenbestandes von Jahr zu Jahr, war es aber von Vorteil jährliche Deckungsgradaufnahmen zu machen. Im Jahr 2017 waren ebenfalls ursprünglich nur Phänologieaufnahmen geplant. Um allerdings Phänologieaufnahmen aller Arten zu machen, wäre der Aufwand nahezu gleich gross gewesen, wie eine normale Aufnahme inklusive Deckungsgrad. Deshalb wurden nur die häufigsten Arten erhoben, dafür mit Deckungsgrad und Phänologie. Auf allen Untersuchungseinheiten wurde die Artenzusammensetzung jeweils kurz vor dem Schnitt der ersten Flächen in der zweiten Maihälfte mit der Braun-Blanquet-Aufnahmemethode erfasst.

Die folgende adaptierte Braun-Blanquet-Skala (Braun-Blanquet 2013) wurde zur Erhebung des Deckungsgrad benutzt:

Symbol	Individuenzahl	Deckung
r	selten, ein Exemplar	deutlich < 1%
+	wenige (2-5) Expl.	bis 1%
1	viele (6-50) Expl.	bis 5%
2m	sehr viele > 50 Expl.	bis 5%
2a	beliebig	5-15%
2b	beliebig	15-25%
3	beliebig	26-50%
4	beliebig	51-75%
5	beliebig	75-100%

3.3.2 Phänologische Aufnahmen

Die phänologischen Phasen wurden immer kurz vor dem Schnittzeitpunkt der jeweiligen Flächen erhoben. Falls eine Art mehrere Blühstufen zeigte, wurde der Median gewählt, sprich der Wert, welcher etwa in der Mitte der Extremwerte lag. Wenn eine Art also einerseits Blütenknospen zeigte und andererseits bereits fruchtete, wurde die Stufe 6 oder 7 verwendet.

Angewendete Skala (nach Dierschke 1995):

Stufe	Grasartige	Kräuter
0	ohne erkennbaren Blütenstand	ohne Blütenknospen
1	Blütenstand erkennbar	Blütenknospen erkennbar
2	Blütenstand sichtbar, nicht entfaltet	Blütenknospen stark geschwollen
3	Blütenstand entfaltet	kurz vor der Blüte
4	erste Blüten stäubend	beginnende Blüte
5	bis 25% stäubend	bis 25% erblüht
6	bis 50% stäubend	bis 50% erblüht
7	Vollblüte	Vollblüte
8	abblühend	abblühend
9	völlig verblüht	völlig verblüht
10	fruchtend	fruchtend
11	Ausstreuen der Samen	Ausstreuen der Samen bzw. Abwerfen der Früchte

3.3.3 Nomenklatur

Die Nomenklatur der botanischen Artnamen richtet sich nach derjenigen der Flora Helvetica (Lauber et al., 2012).

3.4 Methodenanpassungen

Gegenüber dem ursprünglich eingegebenen Projektbeschrieb mussten einige kleinere methodische und konzeptionelle Aspekte den Gegebenheiten der Versuchsflächen angepasst werden:

Da aus Bewirtschaftungsgründen (vertragliche Regelung und auch praktischer Aspekt) auf beiden Wiesen keine Beweidung erlaubt und auch nicht praktiziert wird, musste auf das vierte Subtreatment „Herbstweide“ verzichtet werden (siehe 1. Jahresbericht 2013). Ausserdem wurde das Verfahren C (Zeitpunkt Heuschnitt nach Schnittriefe) ab 2015 zeitgleich mit dem Verfahren A gemäht. Einerseits lag der Zeitpunkt der Schnittriefe meist kurz nach dem 15. Juni und somit am Termin für das Verfahren A, andererseits waren die Zeitfenster für die Mahd auf Grund der Witterung oft bereits ziemlich eng, so dass es schwierig war einen zusätzlichen Schnitttermin einzuplanen.

3.5 Dateneingabe und -auswertung

Die Vegetationsaufnahmen wurden bis 2015 im Feld mit Protokollblättern erhoben und anschliessend mit dem Programmpaket VEGEDAZ (Küchler, 2008) digitalisiert. Zur Auswertung wurden diese Daten als Textdatei exportiert. Ab 2016 wurden die Daten im Feld direkt digital erhoben und nicht mehr über VEGEDAZ importiert. Die Auswertung der Daten fand mit dem Statistikprogramm R (R Team, 2016) statt. Für die statistische Auswertung der Daten wurden wir durch Sabine Güsewell vom Institut für Integrative Biologie der ETH Zürich unterstützt. Zur Auswertung der Deckungsgradaufnahmen wurde die erweiterte Braun-Blanquet-Skala folgendermassen in numerische Werte umgewandelt:

r → 0.1, + → 0.5, 1 → 1, 2m → 1.5, 2a → 2, 2b → 2.5, 3 → 3, 4 → 3.5, 5 → 4

Die numerischen Werte wurden zusätzlich wurzeltransformiert, damit Arten mit hoher und tiefer Maximaldeckung ein ähnliches Gewicht in der Datenanalyse erhalten. In diesem Bericht sind alle Deckungsgrade in der transformierten Form angegeben.

Zur **graphischen Darstellung** der Unterschiede in der Artenzusammensetzung wurden **Hauptkoordinatenanalysen** durchgeführt. Die entsprechenden Ergebnisse sind ab Abbildung 5 zu sehen. Als Grundlage diente jeweils eine Bray-Curtis-Distanzmatrix der Vegetationsaufnahmen. Zur Erstellung dieser Matrix wird anhand einer Formel die Ähnlichkeit zwischen Vegetationsaufnahmen berechnet und dann in der Matrix gespeichert. In der Hauptkoordinatenanalyse werden anschliessend neue Variablen gesucht, welche die berechneten Ähnlichkeiten und Unterschiede der Vegetationsaufnahmen möglichst gut erklären. Diese Variablen werden Hauptkoordinaten genannt und erklären einen unterschiedlich grossen Anteil der Streuung der Daten (Varianz). Dabei erklärt die erste Hauptkoordinate den grössten Teil der Varianz, die zweite den zweitgrössten Teil und so weiter. Die Hauptkoordinaten sind eine künstliche Grösse und keine messbaren Werte. Mit ihrer Hilfe kann aber graphisch analysiert werden ob sich eine Differenzierung der Artenzusammensetzung nach gewissen Faktoren zeigt. Dazu werden die Hauptkoordinaten als Achsen eines Koordinatensystems verwendet. In unserem Fall werden dann die Vegetationsaufnahmen der Plots als Punkte ins Koordinatensystem gezeichnet. Durch das Einfärben der Punkte nach unterschiedlichen Parametern, kann darauffolgend visuell analysiert werden, ob diese Parameter die Streuung der Punkte verursachen. Hier wurde für die ersten vier Hauptkoordinaten graphisch betrachtet, ob sich eine Differenzierung der Artenzusammensetzung nach Schnittverfahren, Jahr oder Block zeigt. Für die Analyse der zeitlichen Entwicklung wurden die Koordinaten pro Heuschnittverfahren und Jahr gemittelt und über die Versuchsjahre mit Linien verbunden.

Die **Signifikanz der Unterschiede** zwischen Schnittverfahren, Jahren und deren Interaktion wurde mit **Redundanzanalysen und Permutationstests** geprüft. Die Redundanzanalyse kann als eingeschränkte Form der Hauptkoordinatenanalyse angesehen werden. Sie ermöglicht eine statistische Aussage zur Variation der Daten in Abhängigkeit der erklärenden Variablen, in unserem Fall die Jahre und Schnittverfahren. Beim Permutationstest werden die Vegetationsaufnahmen x-mal zufällig den Verfahren zugeordnet, um anschliessend aussagen zu können, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass die effektiv gefundene Zuordnung der Vegetationsaufnahmen zu den Verfahren nicht zufällig zustande kam. Für diese Analysen wurden die Jahre

als numerische Variable einbezogen, d.h. es wurde geprüft, ob ein zeitlicher Trend vorliegt. Die Unterschiede zwischen einzelnen Jahren wurden nicht getestet, weil diese zum Beispiel stark von der Witterung beeinflusst sein können. Wie oben erwähnt wurde auch die Signifikanz von Interaktionen getestet. Interaktionen können bei Versuchen mit zwei oder mehr unabhängigen Variablen auftreten. In unserem Fall sind das: die Versuchsjahre, das Heuschnittverfahren und das Emdschnittverfahren. Von einer Interaktion spricht man, wenn der Effekt einer der beiden Variablen abhängig ist vom Effekt der anderen Variablen. Wenn also beispielsweise der Effekt der Emdschnittverfahren bei den Heuschnittflächen vom 15. Juli stärker ist als bei den Heuschnittflächen vom 25. Mai liegt eine Interaktion vor. Die Interaktion ist in diesem Fall, dass das Ergebnis der Emdschnittverfahren abhängig ist von einer zweiten Variablen: dem Heuschnittverfahren. Interaktionen werden mit einem „*“ oder „x“ zwischen den Variablen angegeben.

Das Versuchsdesign wurde bei den Permutationstests für die Versuchsfläche Anwil wie folgt berücksichtigt:

- Die Blöcke (Wiederholungen 1-3) wurden entweder als zusätzlicher, additiver Faktor ins Modell aufgenommen (Versuchsflächen werden ganz zufällig zugeordnet und die Blöcke sind ein Faktor wie die Verfahren und die Jahre), oder als Straten bezeichnet, so dass die Versuchsflächen nur innerhalb ihres Blockes zufällig zugeordnet (= permutiert) werden. Die zwei Möglichkeiten ergaben jeweils ähnliche Ergebnisse.
- Die über die Jahre wiederholten Aufnahmen pro Versuchsfläche wurden zum Test der Schnittverfahren jeweils gemeinsam permutiert, während sie zum Test des zeitlichen Trends jeweils innerhalb ihrer Versuchsfläche permutiert wurden, sprich die Vegetationsaufnahmen der verschiedenen Jahre eines Plots wurden diesem Plot zufällig zugeordnet.

Bei der Versuchsfläche Biberstein führte die zusätzliche Ebene der Emdverfahren zu einem komplexen Design, für welches keine passende Permutation definiert werden konnte. Verschiedene Varianten der Permutationen ergaben teilweise sehr verschiedene Signifikanzen, während der von jedem Faktor erklärte Variationsanteil und die F-Werte immer gleich waren. Aus diesem Grund wird auf die Angabe von p-Werten verzichtet, und die Interpretation der F-Werte empfohlen. Der F-Wert gibt an, ob sich die Mittelwerte der Verfahren unterscheiden. Grob weisen F-Werte über 2-4 auf einen signifikanten Effekt hin.

Für die **Veränderung der Deckungen von 2012-13 bis 2015-16** wurden die wurzeltransformierten numerischen Werte der jeweils zwei Jahre gemittelt und die Differenz gebildet. Differenzen von zwei Nullwerten (die Art war in keinem der vier Jahre anwesend) wurden als fehlende Werte behandelt. Für die Versuchsfläche Anwil wurden die Veränderungen mit einer Einweg-Varianzanalyse (Anova = Analysis of variance) zwischen den sieben Heuschnittverfahren verglichen. Ausserdem wurden drei Gruppen von Verfahren verglichen: DZV = A/B/C, spät Mitte Juli = D/E, früh Ende Mai = F/G. Bei einer Anova wird untersucht, ob die Mittelwerte der Verfahren, unter Berücksichtigung der Streuung (Varianz), vom Gesamtmittelwert verschieden sind. Neben den einzelnen Arten wurden sowohl in Anwil als auch in Biberstein Artengruppen verglichen. Es wurden die folgenden fünf Artengruppen gebildet: Grosswüchsige Gräser, Kleinwüchsige Gräser und Seggen, Grosswüchsige Kräuter, Kleinwüchsige Kräuter, Leguminosen. Die Zugehörigkeit der einzelnen Arten ist in Anhang 1 angegeben.

Für die Versuchsfläche Biberstein wurden die Veränderungen mit einem gemischten Modell (mixed design Anova oder split-plot Anova) zwischen den sieben Heuschnittverfahren und drei Emdverfahren verglichen. Dieses Modell kann zwei Faktoren, die sogenannten „fixen Effekte“ und die „Zufallseffekte“ berücksichtigen und wird typischerweise verwendet um das Split-Plot-Design auszuwerten. In unserem Fall wird einer dieser Faktoren für die Vergleiche zwischen den Heuschnittverfahren verwendet und der andere Faktor für die Vergleiche innerhalb der Heuschnittverfahren, sprich zwischen den Emdschnittverfahren. Da mit dieser Methode in einem Modell zwei Faktoren berücksichtigt werden können, wird es gemischtes Modell genannt. Ein ähnlicher Test wurde mit drei Gruppen (DZV: A-C, spät Mitte Juli: D-E, früh Ende Mai: F-G) von Heuschnittverfahren durchgeführt.

Da die Tests für zahlreiche Arten durchgeführt wurden, ist auch in Abwesenheit jeglicher echter Behandlungseffekte mit einigen "signifikanten" Unterschieden zwischen den Verfahren zu rechnen, und zwar grob bei jedem 20. Test, falls die Signifikanzgrenze bei $p < 0.05$ gesetzt wird, und falls die einzelnen Tests voneinander unabhängig sind. Wenn also 56 Arten (Anwil) oder 60 Arten (Biberstein) geprüft werden, ist durchschnittlich mit ca. drei falschen Signifikanzen zu rechnen; es können aber auch etwas mehr oder weniger sein. Eine Korrektur der p-Werte, um die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten jeglicher falscher Signifikanzen auf 1% zu reduzieren, würde bei den zahlreichen Arten dazu führen, dass auch echte Unterschiede

praktisch unmöglich nachzuweisen wären. Deshalb wurde auf eine Korrektur verzichtet. Bei der Interpretation ist aber zu berücksichtigen, dass ein Teil der "signifikanten" Unterschiede möglicherweise zufällig ist.

Auswertung der Phänologie-Daten

Es wurde postuliert, dass sich eine Art in einer Versuchsfläche wahrscheinlich versamen kann, wenn sie zum Aufnahmezeitpunkt die Stufe 10 oder 11 erreicht hat. Die erhobenen Stufen wurden also in Werte von 0 (Stufe ≤ 9) oder 1 (Stufe ≥ 10) umgewandelt. Dann wurden die folgenden zwei Masse für die Möglichkeit der Versamung berechnet:

- A) Für jedes Heuschnittverfahren und jede Art: Prozentualer Anteil der Aufnahmeflächen in denen eine Versamung über die gesamte bisherige Versuchsdauer möglich war.
- B) Für jedes Heuschnittverfahren und jedes Jahr: Wert 1, falls Versamung in mindestens einer Versuchsfläche möglich war, Wert 0 andernfalls.

4 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse gegliedert in einen Teil zur Vegetation und einen Teil zur Phänologie vorgestellt. Die Ergebnisse der Versuchsstandorte Anwil und Biberstein werden separat aufgeführt.

4.1 Anwil

4.1.1 Vegetation

Insgesamt wurden in Anwil 78 Pflanzenarten gefunden. Die Artenliste befindet sich im Anhang 1, dort sind auch die Abkürzungen der Artnamen zu finden. Wie in Kapitel 3.5 (Datenauswertung) beschrieben, wurden zur graphischen Analyse und Repräsentation der Daten Hauptkoordinatenanalysen durchgeführt. Die Methode und Interpretation der Grafiken wird dort beschrieben. Man beachte, dass in den drei nachfolgenden Grafiken (Abbildung 5, Abbildung 6 und Abbildung 7) die Achsen immer dieselben sind und dass sich die einzelnen Punkte immer an der gleichen Stelle befinden, aber unterschiedlich eingefärbt werden. Die Hauptkoordinatenanalyse (HKA) der Daten von 2012-2016 in Abbildung 5 zeigt, dass sich die Punktwolken der einzelnen Jahre im Laufe der Zeit von links nach rechts verschieben. Das heisst, es gibt eine zeitliche Entwicklung auf der ersten Hauptkoordinate, die in der Grafik als Achse 1 (horizontal) angegeben ist. Die erste Hauptkoordinate/Achse erklärt jeweils den grössten Anteil der Streuung der Daten (Varianz). In Abbildung 6 wurden die Punkte nach den Heuschnittverfahren eingefärbt und es ist ersichtlich, dass sich die zwei späten Heuschnittverfahren D und E (blau) von den anderen Verfahren auf der zweiten Hauptkoordinate (Achse 2, vertikal) abgrenzen. Die drei Verfahrenswiederholungen (Blöcke) zeigen keine Abgrenzung auf den vier ersten Ordinationsachsen (Abbildung 7). Es gibt also keine systematischen Unterschiede in der Artenzusammensetzung der Blöcke. Abgebildet sind nur die ersten zwei Ordinationsachsen.

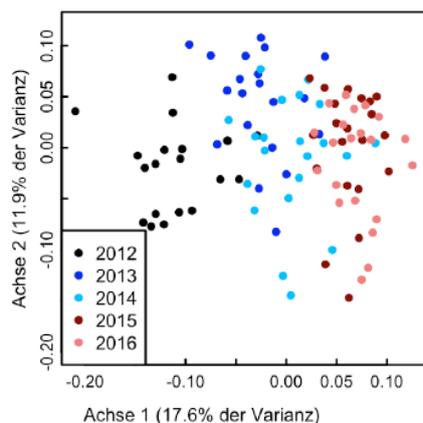


Abbildung 5: HKA mit der Einfärbung der Vegetationsaufnahmen (Punkte) nach Versuchsjahren: die zeitliche Entwicklung der Plots. Die Achse 1 (erste Hauptkoordinate) erklärt den grössten Teil der Datenstreuung (Varianz). Durch das Einfärben der Vegetationsaufnahmen nach Jahren, wird ersichtlich, dass die zeitliche Entwicklung massgeblich für die Verteilung der Punkte auf der ersten Hauptkoordinate (Achse 1) verantwortlich ist.

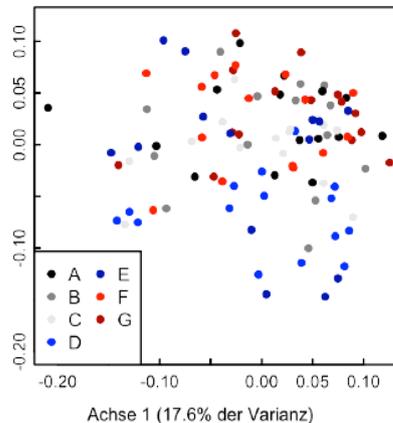


Abbildung 6: HKA mit der Einfärbung der Vegetationsaufnahmen (Punkte) nach den Heuschnittverfahren. Durch das Einfärben der Punkte nach Heuschnittverfahren zeigt sich, dass sich die blauen Punkte (Verfahren D und E, spät) von den anderen Verfahren vor allem auf der zweiten Hauptkoordinate (vertikale Achse) abgrenzen.

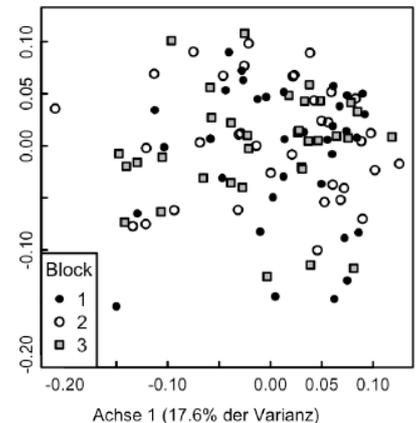


Abbildung 7: HKA mit unterschiedlichen Symbolen für die Wiederholungen (Blöcke). Auf den ersten zwei Hauptkoordinaten und auch auf den HKA 3 und 4, hier nicht dargestellt, ist keine Differenzierung nach Blöcken ersichtlich. Es gibt also keinen Art-Gradienten zwischen den Blöcken, was aber nicht heisst, dass die Wiese homogen ist.

Für die Abbildung 8 und Abbildung 9 wurde der Mittelwert der Ähnlichkeit der Vegetation der drei Wiederholungen pro Verfahren und pro Jahr berechnet und alle Punkte eines Verfahrens wurden mit Linien verbunden, um die zeitliche Entwicklung darzustellen. Bereits 2012 (Punkte ganz links) zeigen die Verfahren entlang der zweiten (Abbildung 8) und dritten (Abbildung 9) Ordinationsachse Unterschiede, die sich im Laufe der Zeit aber noch leicht verstärken. Insgesamt verlief die zeitliche Entwicklung der Vegetation in den Heuschnittverfahren (Mittelwerte der drei Versuchsflächen) aber weitgehend parallel.

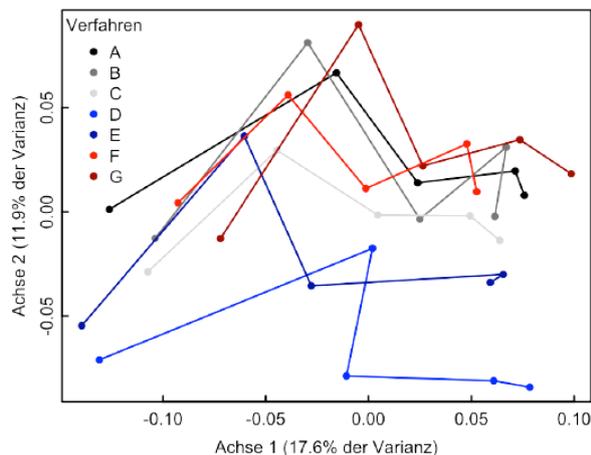


Abbildung 8: HKA mit dem gemittelten Wert der Ähnlichkeiten der Vegetationsaufnahmen pro Jahr und pro Verfahren. Die einzelnen Jahre sind mit Strichen verbunden, um die zeitliche Entwicklung (von links nach rechts) darzustellen. Die Punkte ganz links sind das Jahr 2012, ganz rechts 2016, analog zu den Jahreszahlen in Abbildung 9. Man beachte die parallele Entwicklung der Plots und die Verfahren D und E (blau), welche sich bereits zu Beginn etwas von den anderen Verfahren unterscheiden, sich dann aber weiter von diesen entfernen.

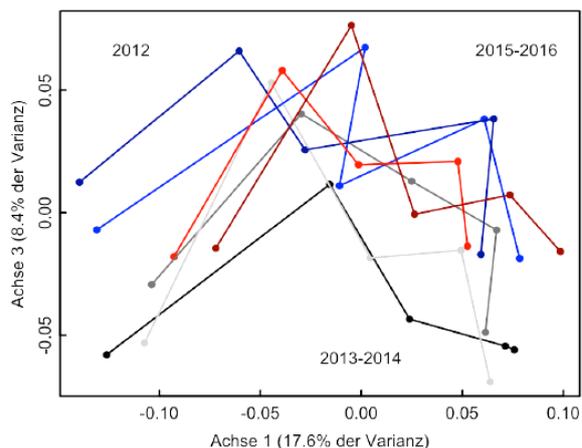


Abbildung 9: HKA analog zur Abbildung 8, aber mit der Achse 3, anstelle der Achse 2 in der Vertikalen. Dadurch sind die Abstände der Punkte auf der x-Achse (horizontal) gleich. Auf der y-Achse (vertikal) unterscheiden sie sich allerdings im Vergleich zur Abbildung 8. Die Achse 3 erklärt 8.4% der Streuung der Daten, weshalb mit dieser Grafik untersucht wird, ob diese Streuung mit den Schnittverfahren in Verbindung gebracht werden kann. Allerdings ist eine mehr oder weniger parallele Entwicklung der Verfahren zu erkennen. Es ist also keine Erklärung für die Streuung auf Achse 3 zu finden.

Die qualitative Interpretation mit Hilfe der Hauptkoordinatenanalysen wird durch die Ergebnisse der Redundanzanalyse unterstützt (Tabelle 1): Es gibt einen hoch signifikanten zeitlichen Trend "Jahr" (Tabelle 1a, 1b und 1c, fett) und einen schwach signifikanten Unterschied zwischen den Schnittverfahren in den Jahren 2015–2016 (Tabelle 1c, fett & kursiv). Für die ganze Periode 2012–2016 ist der Heuschnitt knapp nicht signifikant (Tabelle 1a und 1b). Hingegen ist die Interaktion SchnittverfahrenxJahr in allen Fällen klar nicht signifikant. Das Schnittverfahren hatte also nicht je nach Jahr unterschiedliche Auswirkungen.

Tabelle 1: Testergebnisse zur Wirkung der Heuschnittverfahren, des zeitlichen Trends ("Jahr") und der Blöcke (Wiederholungen) auf die Artenzusammensetzung in der Versuchsfläche Anwil, basierend auf Redundanzanalysen verschiedener Teildatensätze. Die Spalten "Varianz" und "% Varianz" geben an, welcher Teil der gesamten Variation der Arthäufigkeiten durch jeden Faktor erklärt wird. Der F-Wert ist ein Mass für die Stärke der Effekte. Der p-Wert wurde durch zufällige Permutation (Erklärung siehe Kapitel 3.5) der Plots und der Jahre (Permutation innerhalb der Plots) erhalten. Die Blöcke wurden entweder als Faktor ins Modell eingeschlossen (Tabelle 1a) oder bei den Permutationen berücksichtigt (Tabelle 1b und 1c), indem die Plots nur innerhalb ihres Blockes permutiert wurden. Signifikante Ergebnisse sind fett dargestellt.

1a) Anwil, 2012-2016 mit Block als Faktor im Modell

	df	Varianz	% Varianz	F-Wert	p-Wert
Heuschnitt	6	0.66	12.2	2.72	0.072
Jahr	1	0.72	13.3	17.94	0.001
Heuschnitt*Jahr	6	0.23	4.3	0.95	0.134
Block	2	0.22	4.1	2.73	0.189
Rest	89	3.58	66.2		
Total		5.41	100		

1b) Anwil, 2012-2016 mit Permutationen innerhalb der Blöcke

	df	Varianz	% Varianz	F-Wert	p-Wert
Heuschnitt	6	0.66	12.2	2.62	0.098
Jahr	1	0.72	13.3	17.29	0.001
Heuschnitt*Jahr	6	0.23	4.3	0.91	0.163

1c) Anwil, 2015-2016 mit Permutationen innerhalb der Blöcke

	df	Varianz	% Varianz	F-Wert	p-Wert
Heuschnitt	6	1.188	26.6	1.99	0.044
Jahr	1	0.214	4.8	2.15	0.001
Heuschnitt*Jahr	6	0.273	6.1	0.46	0.554
Rest	28	2.784	62.4		

Die zeitliche Entwicklung der Heuschnittverfahren, welche in den vorangegangenen Analysen als Ergebnis resultierte, beruht auf der Zu- und Abnahme einiger Arten. Arten, deren Korrelation mit den Ordinationsachsen mindestens 0.6 beträgt und somit die Unterschiede zwischen den Plots verursachen, sind in Abbildung 10 (für 2012-2016) und Abbildung 11 (für 2015-2016) eingezeichnet. Die Verteilung der Punkte in Abbildung 10 entspricht der Abbildung 8. Dem entsprechend ist auf der x-Achse auch hier die erste Hauptkoordinate aufgeführt, welche die zeitliche Entwicklung darstellt. Abbildung 11 zeigt hingegen eine andere Verteilung, da es sich nur um die Jahre 2015-2016 handelt. Die Pfeile zeigen immer in die Richtung mit höherem Deckungsgrad das heisst, die ungefähr horizontalen Pfeile nach links in Abbildung 10 sind Arten, deren Deckungsgrad abgenommen hat (z.B. *Bromus erectus* und *Rhinanthus alectorolophus*). Pfeile nach rechts sind Arten, welche zugenommen haben (z.B. *Trisetum flavescens*). Pfeile nach oben und unten zeigen die Tendenz dieser Arten in den entsprechenden Plots häufiger vorzukommen, sie sind aber nicht mit der zeitlichen Entwicklung korreliert. In Anhang 2 ist die zeitliche Entwicklung für alle Arten, welche in mehr als 6 Plots Vorkommen, aufgeführt. Neben den in Abbildung 10 aufgeführten Arten zeigen weitere Arten eine Zunahme des Deckungsgrad, welche unabhängig von den Schnittverfahren ist: *Briza media*, *Daucus carota*, *Festuca rubra*, *Heracleum sphondylium*, *Lathyrus pratensis*, *Linum catharticum*, *Lysimachia nummularia*, *Poa pratensis*, *Silaum silaus*, *Vicia sativa* (Anhang 2). Deren Korrelation mit den Ordinationsachsen ist aber kleiner als 0.6, weshalb sie nicht in Abbildung 10 aufgeführt sind. Es gibt also auch Entwicklungen in der Wiese, welche nicht mit den Schnittverfahren in Verbindung gebracht werden können.

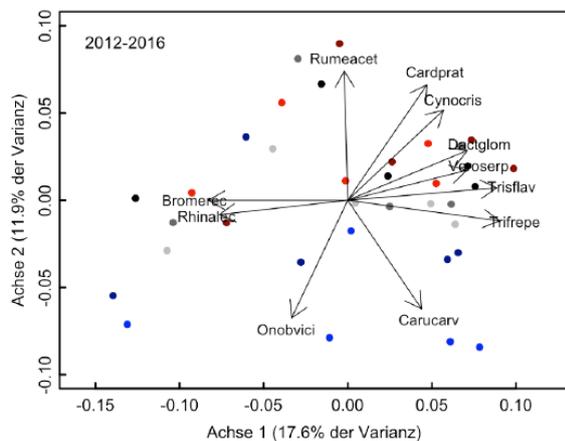


Abbildung 10: HKA 2012-2016 mit den Arten, deren Korrelation mit den Ordinationsachsen mind. 0.6 beträgt. Die Artspfeile nach oben und unten stehen für Arten, deren Deckung in den Plots der Pfeilrichtung besonders hoch ist. Pfeile nach links zeigen Arten, welche abgenommen haben. Pfeile nach rechts Arten, welche zugenommen haben.

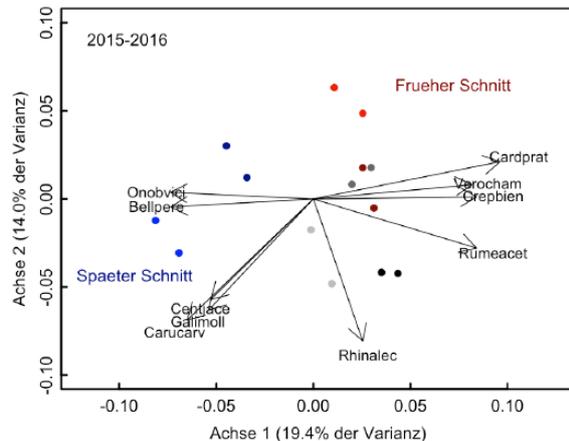


Abbildung 11: HKA analog zu Abbildung 10 aber für die Jahre 2015-16. Bei Arten, welche eher in früh geschnittenen Flächen vorkommen (rot) zeigen die Pfeile nach rechts und bei Arten, welche eher in spät geschnittenen Flächen vorkommen (blau), zeigen die Pfeile nach links unten.

Obwohl für die gesamte Vegetation in den Versuchsflächen noch keine klaren Trends erkennbar sind (Abbildung 8), reagieren gewisse Arten auf die unterschiedlichen Schnittzeitpunkte. Abbildung 11 zeigt Arten, deren Korrelation mit den Ordinationsachsen mindestens 0.6 beträgt. Diese Arten sind also hauptsächlich für die Unterschiede in der Hauptkoordinatenanalyse verantwortlich. Gewisse Arten kommen häufiger in spät geschnittenen Flächen vor (Pfeile nach links), andere eher in früh geschnittenen Flächen (Pfeile nach rechts). Da bereits zu Beginn Unterschiede in der Artenzusammensetzung bestanden (Abbildung 8), muss die Entwicklung der einzelnen Arten betrachtet werden. Abbildung 12 zeigt die Entwicklung der zehn Arten, welche in Abbildung 11 auf Unterschiede durch die Schnittverfahren hinweisen: *Onobrychis viciifolia* nahm in den früh geschnittenen Flächen ab und in den spät geschnittenen Flächen zu. Die Deckung von *Bellis perennis* schwankt in den früh geschnittenen Flächen stärker und nimmt in den spät geschnittenen Flächen tendenziell zu. *Centaurea jacea* nimmt primär in den spät geschnittenen Flächen zu. *Rhinanthus alectorolophus* nimmt in allen Flächen ab, in den früh geschnittenen allerdings stärker, als in den spät geschnittenen. *Carum carvi* und *Galium mollugo* zeigen starke Schwankungen mit einer Tendenz zu einer stärkeren Zunahme in spät geschnittenen Flächen. *Rumex acetosa* zeigt bereits zu Beginn Unterschiede zwischen den Verfahren. Diese bleiben erhalten und verändern sich nicht auf Grund der Schnittverfahren. Die Deckung von *Cardamine pratensis* und *Veronica chamaedrys* verändert sich über die Jahre und zeigt einen Trend zur Zunahme in früh geschnittenen Flächen und zur Abnahme in spät geschnittenen Flächen.

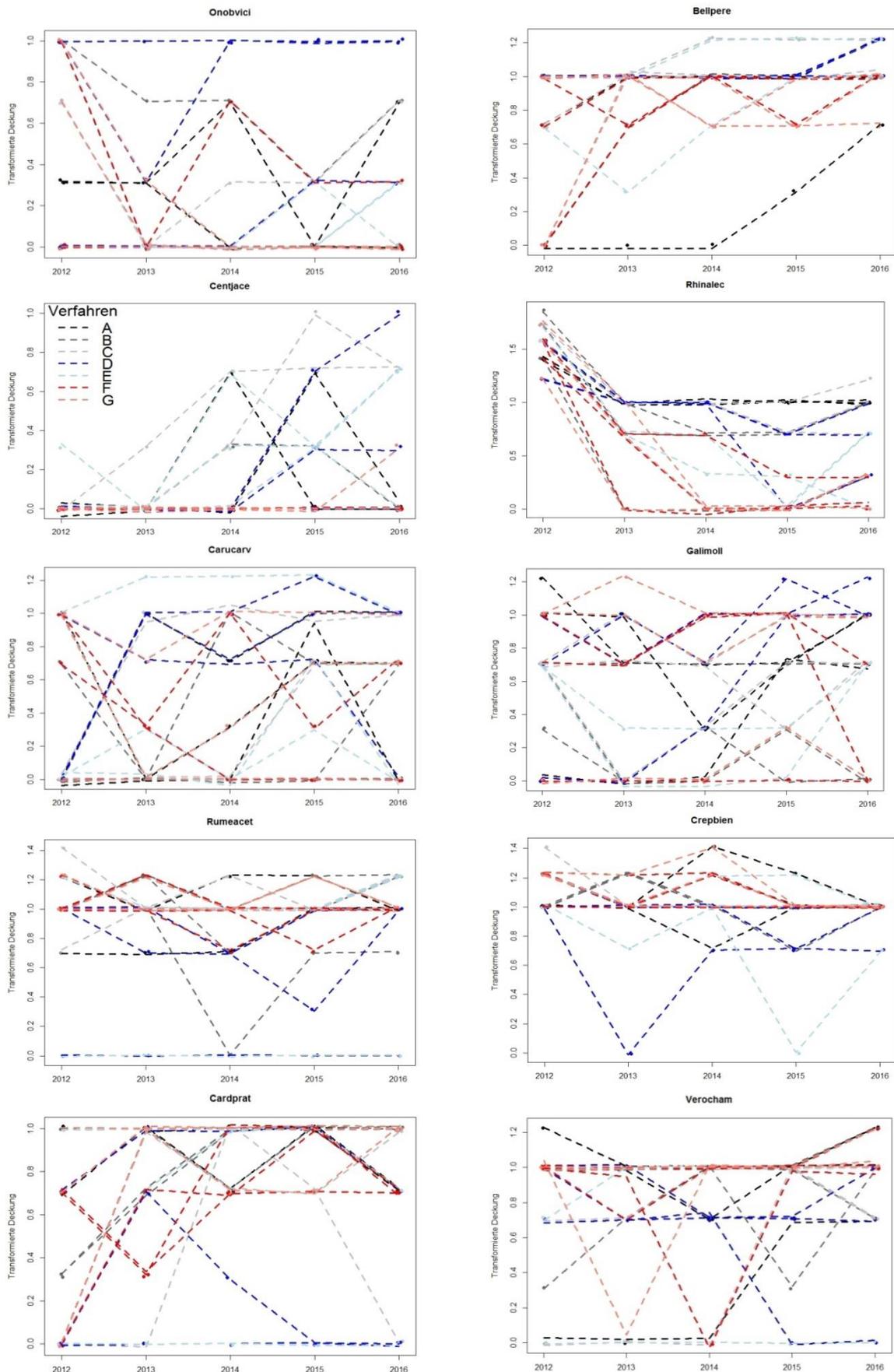


Abbildung 12: Zeitliche Entwicklung zwischen 2012 und 2016 der 10 Arten, welche eine Korrelation von mindestens 0.6 mit den Ordinationsachsen aufweisen. Man beachte die grossen jährlichen Schwankungen des Deckungsgrad der einzelnen Arten!. Die Verfahren sind alle gemäss der Legende bei *Centaurea jacea* gekennzeichnet: grau=DZV, blau= Mitte Juli, rot= Ende Mai.

Die in Abbildung 12 dargestellten Entwicklungen zeigen deutlich, wie gross die jährlichen Schwankungen sind. Im Jahr 2017 wurde nur eine Auswahl von 9 Arten erhoben, welche in allen Flächen vorkommen. Der Grossteil der erhobenen Arten zeigt keine Unterschiede zwischen den Schnittverfahren. *Leucanthemum vulgare* und *Tragopogon pratensis* sind allerdings in den früh gemähten Flächen weniger stark vertreten. *Crepis biennis* zeigt in den am 15. Juni geschnittenen Flächen die grösste Deckung (Anhang 3).

Um den soeben beschriebenen jährlichen Schwankungen (Abbildung 12) und den anfänglichen Unterschieden zwischen den Plots gerecht zu werden (Abbildung 8), wurde zusätzlich die Entwicklung der Deckungsgrade analysiert in dem für alle Arten die Differenz der Deckungsgrade (→ Berücksichtigung der anfänglichen Unterschiede) aus den Mittelwerten (→ Berücksichtigung der jährlichen Schwankungen) von 2012/13 und 2015/16 berechnet wurde. Zudem wurden die Verfahren sowohl einzeln als auch gruppiert nach DZV (Verfahren A-C), früh Ende Mai (F-G) und spät Mitte Juli (D-E) verglichen. Von den 56 getesteten (genügend häufigen) Pflanzenarten zeigten 11 Arten bei einem der beiden Vergleiche (einzeln oder gruppiert) signifikante Unterschiede (p-Wert unter 0.05, Tabelle 2) zwischen den Deckungsgradänderungen der einzelnen Verfahren. Bei fünf dieser Arten war der p-Wert nur knapp und nur in einem Vergleich unter 0.05. Dies spricht für eine Entwicklung, welche noch nicht abgeschlossen ist oder für Zufallsergebnisse (in Tabelle 2 grau), siehe Erklärung in den Methoden. Bei den anderen sechs Arten war der p-Wert in beiden Vergleichen unter 0.05, und mindestens in einem Fall unter 0.01. Bei diesen sechs Arten sind zufällige Ergebnisse sehr unwahrscheinlich. Ihr Deckungsgrad hat sich also auf Grund der Verfahren verändert.

Tabelle 2: Ergebnisse der Einweg-Varianzanalyse für den Vergleich der Deckungsgradentwicklung einzelner Pflanzenarten.

Differenz der wurzeltransformierten Deckungen der Jahre 2012–13 und 2015–16 zwischen den sieben Heuschnittverfahren und zwischen drei Gruppen von Verfahren (Schnittzeitpunkt überwiegend nach Direktzahlungsverordnung DZV, Ende Mai oder Mitte Juli). Nur Arten mit mindestens einem p-Wert unter 0.05 sind dargestellt.

Art lateinisch	Art deutsch	p-Wert für Vergleich der Verfahren	p-Wert für Vergleich der gruppierten Verfahren (nur DZV: A, B, C, spät: D, E und früh: F, G)
<i>Anthoxantum odoratum</i>	Ruchgras	0.048	0.004
<i>Cerastium fontanum</i>	Gemeines Hornkraut	0.007	0.001
<i>Dactylis glomerata</i>	Knautgras	0.006	0.001
<i>Festuca pratensis</i>	Wiesenschwingel	0.215	0.027
<i>Knautia arvensis</i>	Feld-Witwenblume	0.002	0.011
<i>Luzula campestris</i>	Feld-Hainsimse	0.136	0.042
<i>Onobrychis vicifolia</i>	Saat-Esparssette	0.048	0.232
<i>Phleum pratensis</i>	Wiesen-Lieschgras	<0.001	<0.001
<i>Prunella vulgaris</i>	Kleine Braunelle	0.025	0.357
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	Zottiger Klappertopf	0.047	0.004
<i>Trifolium pratensis</i>	Rot-Klee	0.159	0.011

Abbildung 13 zeigt die mittleren Veränderungen (\pm Standardfehler) im Deckungsgrad für die Arten mit signifikanten Unterschieden beim Vergleich der gruppierten Verfahren. In den meisten Fällen führt der frühe Schnittzeitpunkt zu einer Abnahme des Deckungsgrad. Ein später Schnitt führte zu einer Zunahme der grosswüchsigen Gräser (*Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Phleum pratensis*).

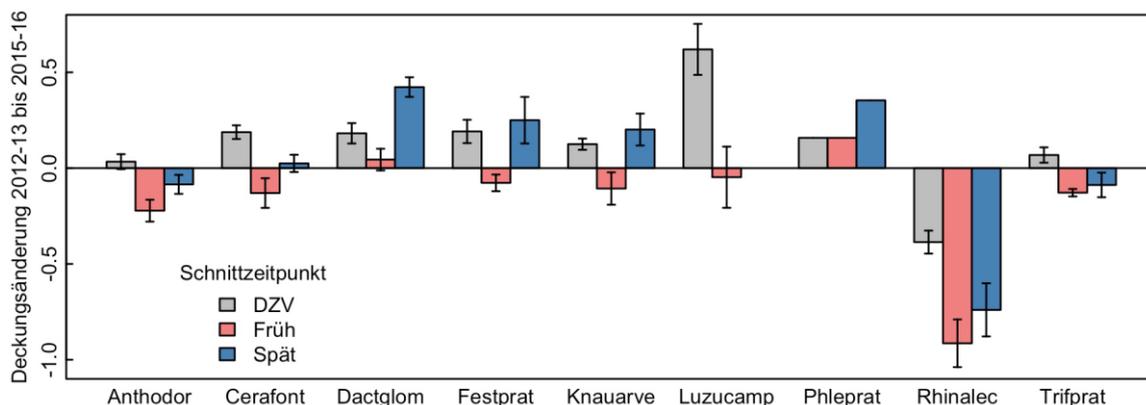


Abbildung 13: Entwicklung des Deckungsgrad der einzelnen Arten in Anwil: Differenz der wurzeltransformierten Deckungen der Jahre 2012–13 und 2015–16 für Pflanzenarten in den drei Gruppen von Heuschnittverfahren (Schnittzeitpunkt überwiegend nach Direktzahlungsverordnung DZV, Ende Mai (früh) oder Mitte Juli (spät)), für Arten mit signifikanten Unterschieden zwischen den drei Verfahrensguppen ($p < 0.05$). Dargestellt sind die Mittelwerte \pm Standardfehler (SE) der Deckungsgradänderung.

Bei einer Entwicklung nach Artengruppen (Einteilung in der Artenliste in Anhang 1 ersichtlich) zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den drei Verfahrensgruppen (nicht aber für die einzelnen Verfahren) für grosse Wiesenkräuter und Leguminosen, und ein Trend für die anderen Gruppen. Ein früher Schnitt reduziert die grossen Wiesengräser und -kräuter (Abbildung 14). Ein später Schnitt ist für die kleinen Wiesengräser und -kräuter sowie Seggen weniger günstig als der Schnitzeitpunkt nach DZV (Abbildung 14).

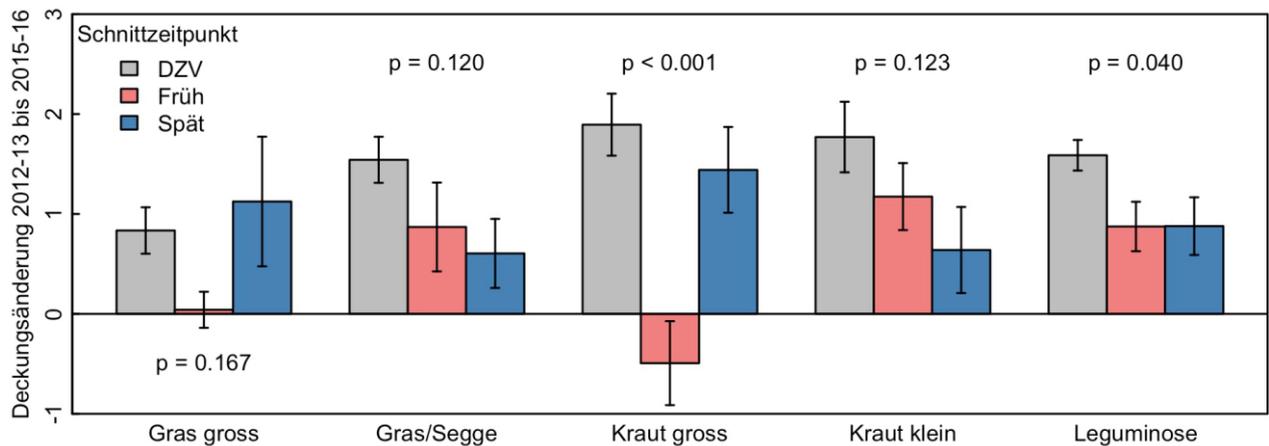


Abbildung 14: Entwicklung des Deckungsgrad von Artengruppen in Anwil nach gruppierten Schnitzeitpunktverfahren. Mittelwerte \pm SE (Standardfehler) für die summierte Differenz der wurzeltransformierten Deckungen der Jahre 2012–13 und 2015–16 (Summe aller Arten einer Gruppe) und p-Werte der Varianzanalyse für den Vergleich der drei Verfahrensgruppen.

4.1.2 Versammlungsmöglichkeit

Viele Wiesenpflanzen vermehren sich generativ, bilden also Samen. Die benötigte Zeit zur Ausbildung der Samen ist je nach Art verschieden, so dass zu einem gegebenen Schnitzeitpunkt nur ein Teil der Arten versamen kann. In Anwil konnten sich die meisten Pflanzenarten bei spätem Heuschnitt (D) häufig versamen, und bei frühem Heuschnitt (F) selten (Abbildung 15). Im Anhang 7 befindet sich eine Tabelle mit den Versammlungshäufigkeiten aller Arten. Flexiblere Varianten (B, C, E, G) führten zu mittleren Versammlungshäufigkeiten, mit grossen Unterschieden zwischen den einzelnen Pflanzenarten. Auch im Standard-DZV-Verfahren (A) waren die Versammlungshäufigkeiten der einzelnen Pflanzenarten sehr unterschiedlich. Abbildung 16 verdeutlicht diese Aussagen in dem der Mittelwert aller Arten dargestellt ist.

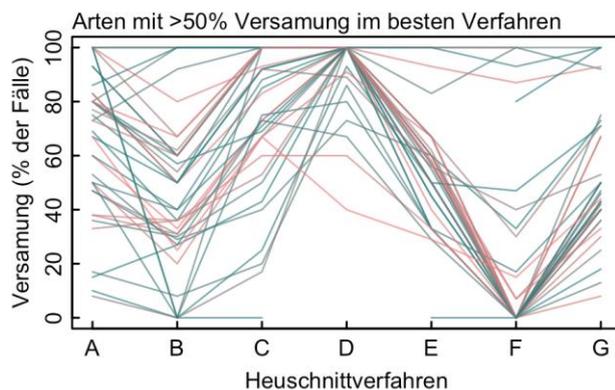


Abbildung 15: Phänologie Anwil: In dieser Grafik ist die Versammlungshäufigkeit aller Arten aufgeführt, welche über die gesamte Versuchsdauer in mindestens einem Verfahren eine Versammlung von über 50% hatten. Das sind Arten, welche im besten Verfahren mindestens jedes zweite Jahr versamen konnten.

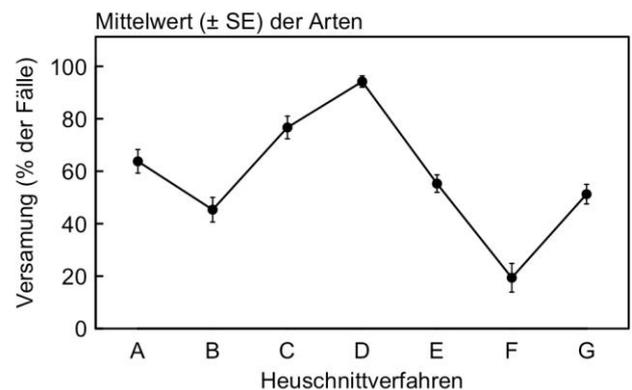


Abbildung 16: Phänologie Mittelwerte Anwil: Mittelwerte und Standardfehler der Arten in Abbildung 15.

4.1.3 Korrelation zwischen Phänologie und Entwicklung der Arthäufigkeiten

Zwischen der Häufigkeit einer Versammlung und den Deckungsänderungen von 2012–13 bis 2015–16 besteht im Allgemeinen (noch) kein signifikanter Zusammenhang. Die Korrelationen zwischen der Versammlungshäufigkeit und den Deckungsänderungen in den 21 Versuchsflächen von Anwil liegen im Durchschnitt der Pflanzenarten praktisch bei 0, und fast immer innerhalb der Signifikanzgrenzen von ± 0.43 für $n = 21$ (Abbildung

17). Korrelationen ausserhalb dieser Grenzen sind oft bei Pflanzenarten mit weniger als 21 Datenpunkten zu finden, so dass die Korrelation hier mit Vorsicht zu betrachten ist. Dadurch, dass diese Arten nicht in allen Plots vorhanden sind, besteht ein Problem für die statistische Auswertung. Bei einzelnen Arten macht die Korrelation aber durchaus Sinn: *Carum carvi* zeigt beispielsweise eine signifikante Korrelation zwischen der Häufigkeit der Versamung und der Veränderung der Deckung. Diese Art nahm vor allem in den spät geschnittenen Plots zu und konnte dort am häufigsten versamen. Ein allgemeiner Zusammenhang zwischen der Versammlungswahrscheinlichkeit und der Arthäufigkeit konnte also noch nicht gefunden werden, allerdings ist er bei einzelnen Arten vorhanden.

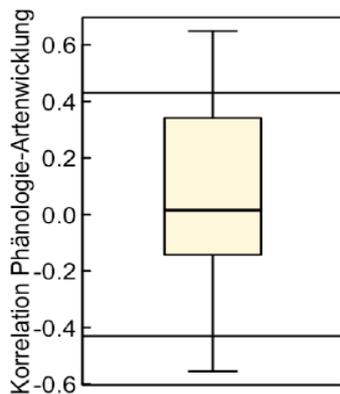


Abbildung 17: Korrelationen zwischen den Deckungsänderungen von 2012–13 bis 2015–16 und dem Anteil der Flächen und Jahre mit Versammlungsmöglichkeit vor dem Heuschnitt in Anwil. Die Korrelationen wurden für jede einzelne Pflanzenart berechnet. Der Boxplot zeigt die Verteilung der Korrelationen für alle Pflanzenarten. Die horizontalen Linien entsprechen den Grenzen für eine signifikante Korrelation bei $n = 21$. Korrelationen innerhalb der Grenzen sind nicht signifikant. Korrelationen ausserhalb der Grenzen sind nur dann signifikant, wenn tatsächlich 21 Datenpunkte vorliegen.

Versammlungsmöglichkeit vor Heuschnitt

4.2 Ergebnisse Biberstein

4.2.1 Vegetation

Insgesamt wurden in Biberstein 106 Pflanzenarten gefunden, wobei nicht alle Arten jährlich auftraten. Die Artenliste befindet sich im Anhang 1, dort sind auch die verwendeten Artabkürzungen zu finden. Die Hauptkoordinatenanalyse zeigt auf der ersten Achse eine Differenzierung der drei Blöcke (Wiederholungen). In Abbildung 18 ist erkennbar, dass sich die Punkte jedes Blocks gruppieren. Die Vegetationsaufnahmen sind sich also innerhalb eines Blocks im Durchschnitt ähnlicher als zwischen den Blöcken. Diese Differenzierung findet auf der 1. Hauptkoordinatenachse statt, welche den grössten Teil der Streuung der Daten erklärt. Die räumlichen Unterschiede verursachen also den grössten Teil der Unterschiede zwischen den Vegetationsaufnahmen. Die zweite Achse stellt die zeitliche Entwicklung von 2012 bis 2016 dar (Abbildung 19, vertikal). Es zeigen sich Gruppierungen nach den einzelnen Jahren, auf der zweiten Hauptkoordinate. Die zeitliche Entwicklung ist also der zweitwichtigste Faktor zur Erklärung der Datenstreuung. Im Anhang 4 ist die zeitliche Entwicklung der einzelnen Arten dargestellt. In Abbildung 20 wird anstelle der zweiten Achse die dritte Achse der Hauptkoordinatenanalyse für die vertikale Verteilung der Punkte verwendet und die Punkte gemäss den Heuschnittverfahren eingefärbt. Es sind keine eindeutigen Cluster erkennbar. In der oberen Hälfte grenzt sich aber das Verfahren D mit einem späten Schnitt (blaue Punkte) leicht von den anderen ab. Die Emdschnittverfahren werden auf keiner der ersten vier Ordinationsachsen deutlich voneinander abgegrenzt (drei davon sind hier dargestellt).

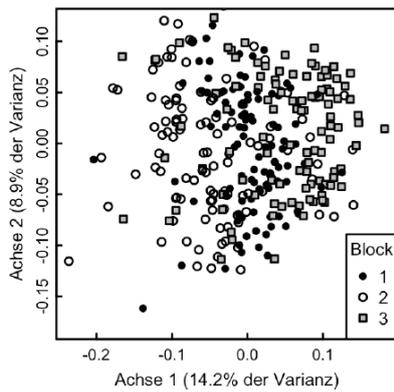


Abbildung 18: HKA mit unterschiedlichen Symbolen für die drei Blöcke (Wiederholungen). Es ist eine deutliche Differenzierung der Blöcke ersichtlich: Die Punkte der einzelnen Blöcke bilden Cluster, was auf einen Gradienten in der Wiese hinweist.

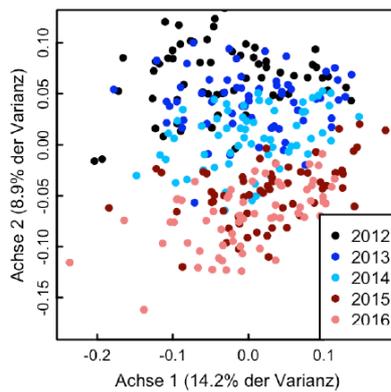


Abbildung 19: HKA mit der Einföhrung der Vegetationsaufnahmen nach Jahren zur Darstellung der zeitlichen Entwicklung. Eine zeitliche Entwicklung ist klar ersichtlich, da sich die Punkte nach den einzelnen Jahren gruppieren.

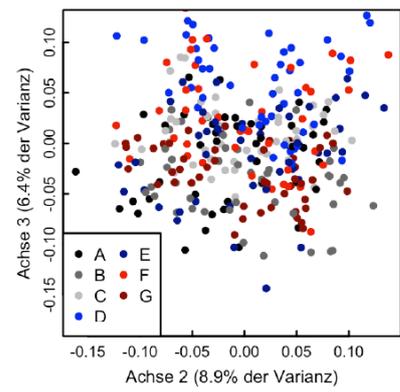


Abbildung 20: HKA mit der Einföhrung der Vegetationsaufnahmen nach Heuschnittverfahren. Es ist keine klare Abgrenzung ersichtlich. Einzig das Verfahren D mit einem späten Schnitt (blaue Punkte) hebt sich etwas von den restlichen Punkten ab.

Auch in dieser Versuchsfläche verläuft die zeitliche Entwicklung der Artenzusammensetzung bei den sieben Heuschnittverfahren parallel: Unterschiede zwischen den Verfahren, besonders auf der dritten Ordinationsachse (Abbildung 22, horizontal) bestehen bereits 2012 und bleiben bis 2016 weitgehend die gleichen. Für die Abbildung 21 und Abbildung 22 wurden wie bei der Auswertung für Anwil die Mittelwerte pro Verfahren und Jahr berechnet und die einzelnen Jahre mit Strichen verbunden, um die zeitliche Entwicklung darzustellen. Die Tatsache, dass die Artenzusammensetzung der zwei extremen Verfahren D (spät, blaue Punkte) und F (fröh, rote Punkte) besonders ähnlich ist, spricht dafür, dass zufällige räumliche Unterschiede, und nicht der Heuschnitt selbst, die Artenzusammensetzung prägt (Abbildung 22). Dafür spricht auch der niedrige erklärte Varianzanteil (Tabelle 3).

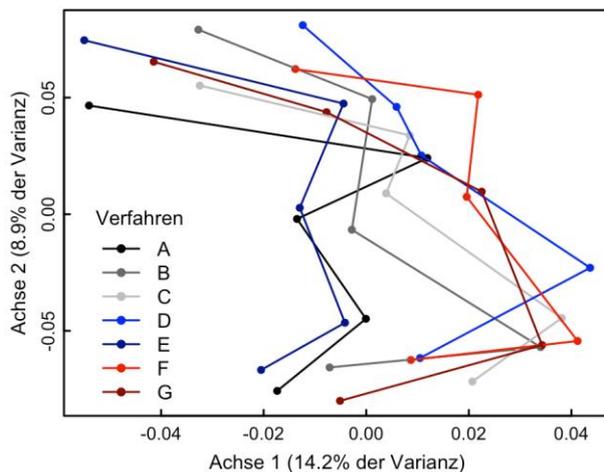


Abbildung 21: HKA mit den Mittelwerten der Ähnlichkeiten pro Verfahren und pro Jahr. Die zeitliche Entwicklung wird dargestellt in dem die Mittelwerte pro Verfahren zwischen den einzelnen Jahren mit Linien verbunden werden. Man beachte die parallele Entwicklung der Verfahren. Auf der Achse 2 sind die Punkte nach der zeitlichen Entwicklung aufgespannt. Wie in Abbildung 22 sind die Punkte zuoberst das Jahr 2012 und ganz unten 2016.

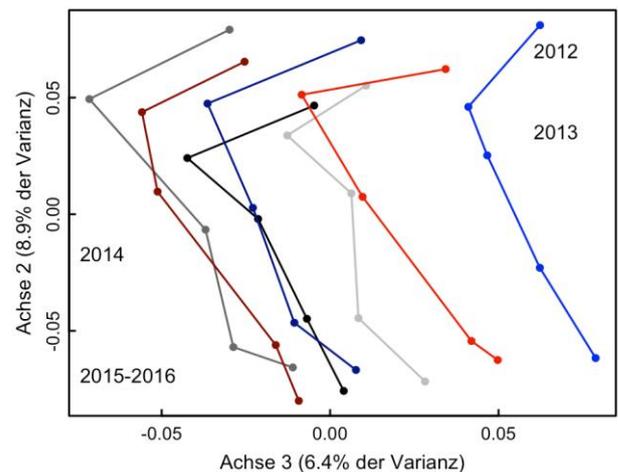


Abbildung 22: Wie Abbildung 21, aber mit den Ordinationsachsen 2 und 3. Da in der Vertikalen ebenfalls die Achse 2 aufgetragen ist, sind die Punkte vertikal an der gleichen Stelle. Horizontal sind sie allerdings verschoben, weil Achse 3 anstelle von Achse 1 verwendet wurde. Man beachte die parallele Entwicklung der Verfahren und die geringe Distanz zwischen den Verfahren D (spät) und F (fröh).

Die Artpfeile in Abbildung 23 weisen darauf hin, dass die Differenzierung der drei Versuchsblöcke mit der Bodenfeuchte zusammenhängt. Die Pfeile zeigen jeweils in die Richtung in der die Art den grössten Deckungsgrad hat. Block 2 ist durch Arten von Halbtrockenrasen gekennzeichnet, Block 3 durch Arten von Fromentalwiesen. Entlang der zweiten Achse (vertikal) sehen wir einen Trend zur Abnahme von *Bromus erectus* (Abbildung 23). Gleichzeitig nehmen aber mehrere andere typische Arten von Halbtrockenrasen zu.

Die leichte Differenzierung der Heuschnittverfahren entlang der dritten Ordinationsachse ist nur auf sehr wenige Arten zurückzuführen (Abbildung 24). Insgesamt kann also auch für die Bestände in Biberstein festgehalten werden, dass sich die Vegetation bisher ziemlich stabil zeigt gegenüber den Schnittverfahren.

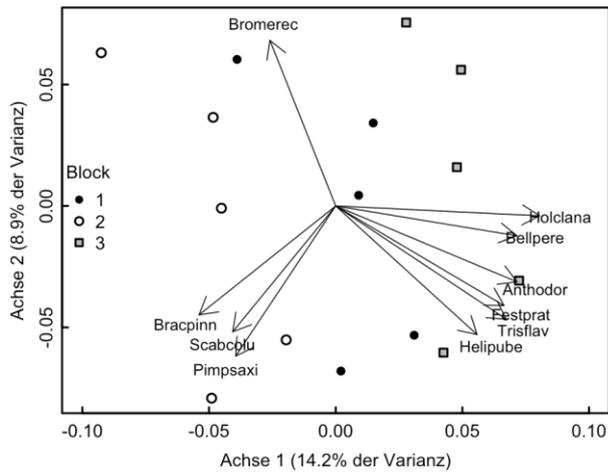


Abbildung 23: HKA mit den Arten, welche die Differenzierung der Blöcke verursachen: Für diese Grafik wurden die Mittelwerte aller Plots eines Blocks pro Jahr berechnet. Weil die Achse 2 wie in Abbildung 22 die zeitliche Entwicklung darstellt und somit zuoberst die Daten aus dem Jahr 2012 sind und zuunterst das Jahr 2016, zeigt der Pfeil von *Bromus erectus*, dass die Art zu Beginn häufiger war. Auf der Achse 1 ist die Differenzierung der Blöcke mit den korrelierenden Arten (mind. 0.6) zu sehen.

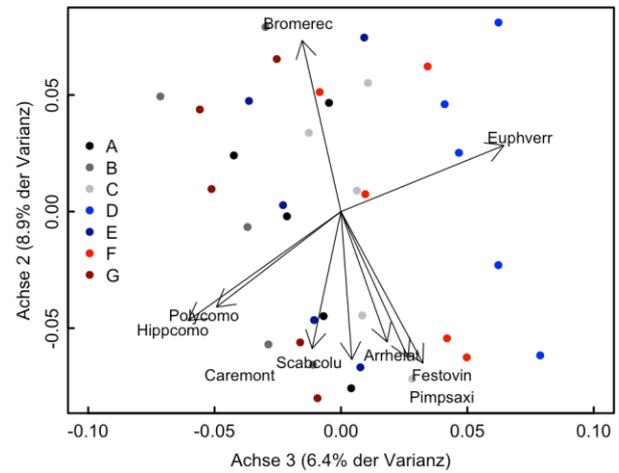


Abbildung 24: HKA für die Heuschnittverfahren und die mit den Ordinationsachsen korrelierenden Arten (Korrelation von mind. 0.6). Die Artpfeile zeigen in die Richtung mit erhöhtem Deckungsgrad. Die Abgrenzung des Verfahrens D, kommt also vor allem durch *Euphorbia verrucosa*, *Polygala comosa* und *Hippocrepis comosa* zu Stande.

Die Ergebnisse der Redundanzanalyse (Tabelle 3) unterstützen die qualitative Interpretation: Aufgrund der F-Werte finden wir deutliche, hoch signifikante Unterschiede zwischen den drei Blöcken und einen deutlichen zeitlichen Trend. Die Unterschiede zwischen den Schnittverfahren sind geringer und an der Signifikanzgrenze (je nach Art der Permutation erscheinen sie signifikant oder nicht). Die Unterschiede zwischen den Emdverfahren und alle Interaktionen zwischen Verfahren und Jahren sind schwach und entsprechend nicht signifikant.

Tabelle 3: Testergebnisse zur Wirkung der Verfahren ("Schnitt", "Emd"), des zeitlichen Trends ("Jahr") und der Blöcke auf die Artenzusammensetzung in der Versuchsfläche Biberstein (2012–2016), basierend auf einer Redundanzanalyse. Es sind keine p-Werte angegeben, da eine genaue Bestimmung aufgrund des komplexen Designs nicht möglich war. Hier sollten die F-Werte interpretiert werden, mit "signifikanten" Einflüssen bei F-Werten über 2–4 (je nach Freiheitsgraden). Auf Grund der F-Werte sind deutliche hoch signifikante Unterschiede zwischen den drei Blöcken und ein deutlicher zeitlicher Trend zu finden (fett dargestellt). Zudem ist ein schwacher Effekt des Schnitts sichtbar.

	Df	Varianz	% der Varianz	F-Wert
Schnitt	6	0.55	8.4	5.59
Emd	2	0.1	1.5	2.96
Jahr	1	0.46	7.0	27.99
Schnitt*Emd	12	0.28	4.3	1.42
Schnitt*Jahr	6	0.12	1.8	1.23
Emd*Jahr	2	0.03	0.5	0.94
Schnitt*Emd*Jahr	12	0.11	1.7	0.57
Block	2	0.46	7.0	14.11
Rest	271	4.46	67.9	

Auf Grund der räumlichen Unterschiede in der Artenzusammensetzung (Abbildung 18) wurde neben der Hauptkomponentenanalyse auch noch die Entwicklung der einzelnen Arten (Unterschiede im Deckungsgrad zwischen dem Mittel von 2012/13 und 2015/16) angeschaut. Wie für Anwil wurden auch für Biberstein die Verfahren sowohl einzeln als auch gruppiert (nach DZV, früh Ende Mai, spät Mitte Juli) analysiert.

Von den 60 getesteten (genügend häufigen) Pflanzenarten zeigten 13 Arten mindestens einen p-Wert unter 0.05. Bei fünf dieser Arten war der p-Wert nur in einem Test knapp unter 0.05. Dies spricht für eine noch nicht abgeschlossene Entwicklung oder Zufallsergebnisse (in Tabelle 2 grau), siehe Methoden. *Salvia pra-*

tensis hatte als einzige Art konsistent einen p-Wert knapp unter 0.05 für die Interaktion EmdxSchnitt (in Tabelle 2 blau). Das heisst das Ergebnis des Emdschnitts hängt bei *Salvia pratensis* vom Heuschnitt ab und umgekehrt. Bei sieben Arten war der p-Wert für Unterschiede der Emd-Verfahren mit beiden Modellen (einzelne oder gruppierte Heuschnittverfahren) unter 0.05, teilweise deutlich. Hier scheinen zufällige Unterschiede unwahrscheinlich.

Tabelle 4: P-Werte der Zweiweg-Varianzanalysen aufgrund von gemischten Modellen, vgl. Methoden. Arten bei denen nur einer der zwei Tests signifikant war, sind grau eingefärbt. *Salvia pratensis* ist blau, weil eine Interaktion zwischen dem Heu- und dem Emdschnitt vorliegt.

Art lateinisch	Art deutsch	Einzelne Heuschnittverfahren			Gruppierte Heuschnittverfahren		
		Emd	Heu	Interaktion	Emd	Heu	Interaktion
<i>Achillea millefolium</i>	Wiesen-Schafgarbe	0.520	0.019	0.356	0.620	0.081	0.337
<i>Anthyllis vulneraria</i>	Gewöhnlicher Wundklee	0.164	0.016	0.253	0.172	0.393	0.343
<i>Arrhenaterum elatius</i>	Französisches Raygras	0.013	0.786	0.410	0.012	0.376	0.309
<i>Bromus erectus</i>	Aufrechte Trespe	<0.00	0.761	0.379	<0.00	0.668	0.189
<i>Carex montana</i>	Berg-Segge	0.040	0.089	0.244	0.056	0.975	0.261
<i>Daucus carota</i>	Wilde Möhre	0.003	0.109	0.376	0.003	0.102	0.413
<i>Leontodon hispidus</i>	Raues Milchkraut	0.156	0.508	0.114	0.155	0.121	0.047
<i>Leucanthemum vulgare</i>	Wiesen-Margrite	<0.00	0.347	0.166	<0.00	0.665	0.484
<i>Linum catharticum</i>	Purgier-Lein	0.028	0.832	0.783	0.018	0.341	0.466
<i>Medicago lupulina</i>	Hopfenklee	0.003	0.274	0.378	0.008	0.688	0.725
<i>Plantago lanceolata</i>	Spitzwegerich	0.248	0.336	0.544	0.246	0.038	0.696
<i>Salvia pratensis</i>	Wiesen-Salbei	0.221	0.658	0.025	0.264	0.940	0.037
<i>Trifolium pratensis</i>	Rot-Klee	0.004	0.537	0.084	0.009	0.709	0.962

Auffallend ist, dass nur im Emdverfahren Arten gefunden wurden, welche in beiden Tests signifikant waren. Dies deutet darauf hin, dass der Emdschnitt einen stärkeren Effekt hat als der Heuschnitt. Allerdings wird dieses Ergebnis auch durch die Versuchsanordnung begünstigt, siehe Diskussion. Abbildung 25 zeigt die mittleren Veränderungen (\pm Standardfehler) des Deckungsgrads für die Arten mit signifikanten Unterschieden zwischen den Emdverfahren beim Modell mit gruppierten Heuschnittverfahren.

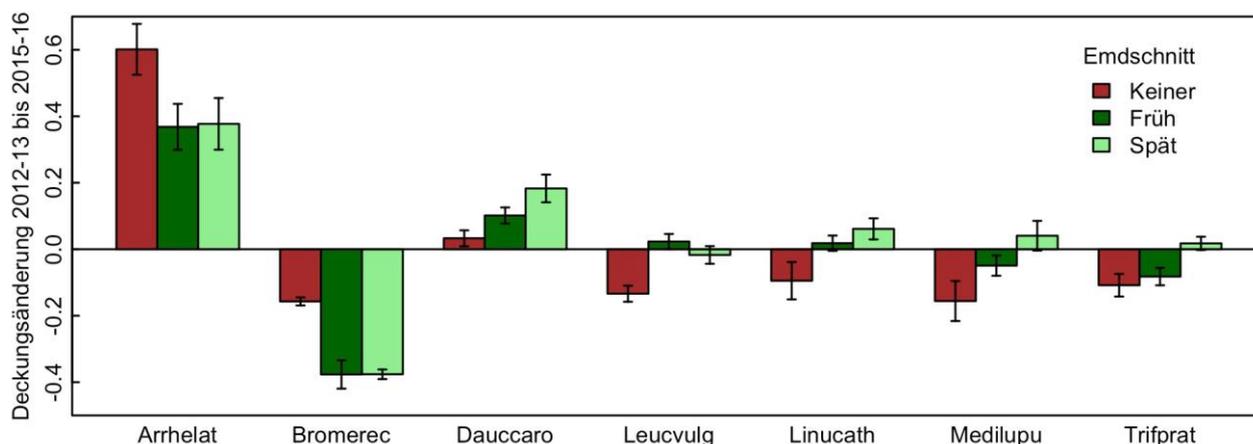


Abbildung 25: Zeitliche Entwicklung der Deckungsgrade in Biberstein: Differenz der wurzeltransformierten Deckungen der Jahre 2012–13 und 2015–16 für Pflanzenarten in den drei Emdschnittverfahren. Aufgeführt sind Arten mit signifikanten Unterschieden zwischen den Emdschnittverfahren ($p < 0.05$). Dargestellt sind die Mittelwerte \pm Standardfehler (SE).

Bei einer Zusammenfassung in Artengruppen zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den drei Emdschnittverfahren für kleine Wiesenkräuter und Leguminosen, und ein Trend für Gräser und Seggen. Ein Emdschnitt reduziert tendenziell die grossen Wiesengräser und ist für die kleinen Wiesenkräuter und Leguminosen günstig (Abbildung 26). In Anhang 6 ist die Deckungsgradänderung für alle Arten dargestellt.

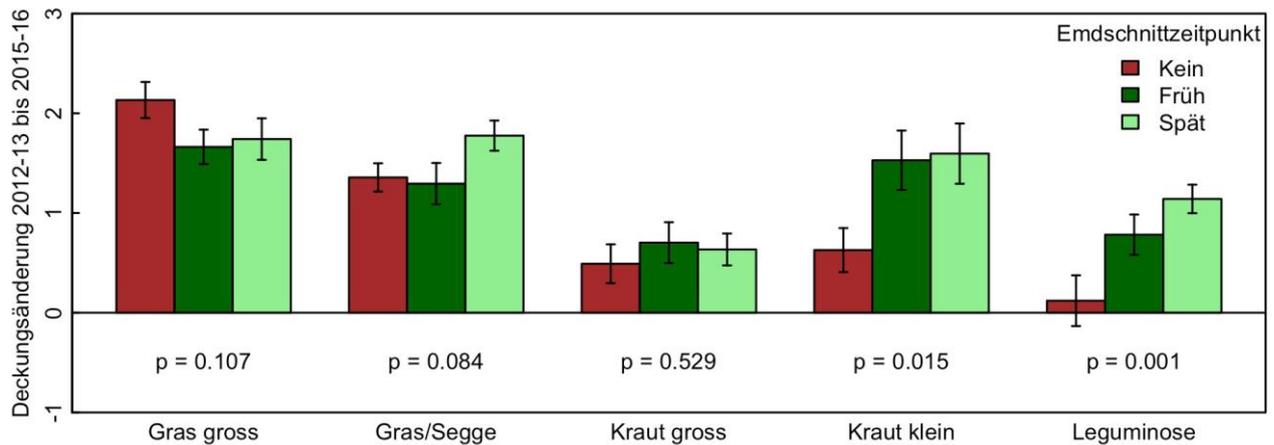


Abbildung 26: Entwicklung der Häufigkeiten von Artengruppen in Biberstein. Dargestellt sind die Mittelwerte \pm Standardfehler (SE) für die summierte Differenz der wurzeltransformierten Deckungen der Jahre 2012–13 und 2015–16 (Summe aller Arten einer Gruppe) und p-Werte der Varianzanalyse für den Vergleich der drei Emdschnittverfahren.

Diese Ergebnisse bestätigen sich bei der Betrachtung der Wiese vor Ort. In Abbildung 27 wurde aus zwei Fotos von anfangs Juni in Photoshop ein Panorama zusammengesetzt. Es handelt sich um den Plot B2 (Verfahren B, Wiederholung 2) mit dem Emdverfahren kein Emdschnitt links, einem frühen Emdschnitt Mitte August in der Mitte und einem späten Emdschnitt Mitte September rechts. Zu beachten ist der hohe Grasanteil und die Grasbiomasse im nichtgeemdeten Plot links und das deutlich höhere Blütenangebot im spät geemdeten Teil rechts.



Abbildung 27: Zusammengesetztes Foto der Fläche B2 anfangs Juni 2016 in Biberstein. Links ist die nicht geemdete Fläche (viel Gras), in der Mitte die früh geemdete Fläche und rechts die spät geemdete Fläche (hohes Blütenangebot).

Das erwähnte Blütenangebot wurde von uns nicht erhoben. Allerdings befasste sich eine Studentin der Uni Basel im Jahr 2017 im Rahmen ihrer Bachelorarbeit mit dieser Thematik (Studer, U., nicht publiziert). Sie erfasste vor jedem Schnitt das Blütenangebot der Kräuter durch Auszählungen. Zudem fanden zwei Drohnflüge statt, um anhand der Farbverteilung der Plots ebenfalls Rückschlüsse auf das Blütenangebot ziehen zu können. Zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Berichts liegt die Bachelorarbeit allerdings noch nicht vor. Erste Ergebnisse sind aber in Abbildung 28 zu sehen. Diese Resultate zeigen ein ähnliches Bild wie die Ergebnisse der Analysen der Deckungsgradveränderungen: Einerseits sind die Unterschiede zwischen den Heuverfahren eher gering und andererseits profitieren die Kräuter von einem zweiten Schnitt und insbesondere von einem späten zweiten Schnitt. Eine Untersuchung im Rahmen einer CAS Arbeit der Fachhochschule Wädenswil im Jahr 2015, welche nur eine Auswahl der Flächen untersuchte, kam einerseits zum Ergebnis, dass das Blütenangebot in Flächen mit dem Heuschnitt Mitte Juli höher ist als in den anderen

Flächen. Andererseits war das Blütenangebot in den nicht geemdeten Flächen gegenüber den geemdeten Flächen reduziert (Bertschinger, 2016).

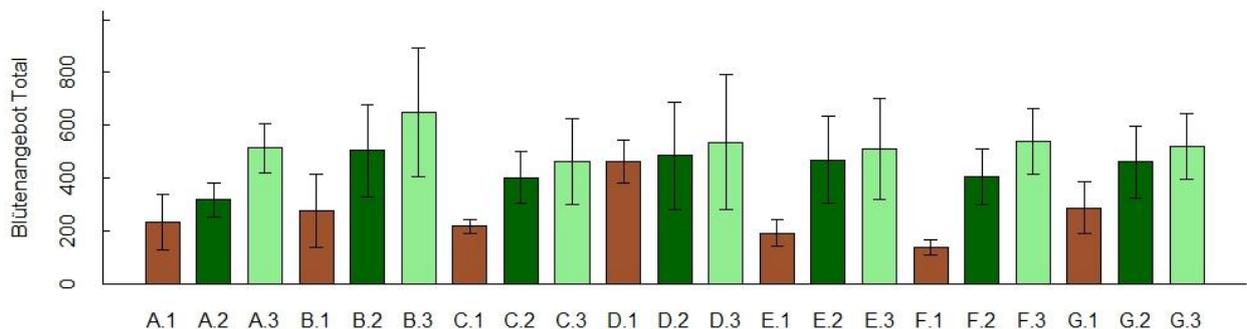


Abbildung 28: Das Blütenangebot aller Versuchsfelder Ende Mai 2017. Die Buchstaben geben wiederum die Heuschnitte an (grob: A-C: DZV, D-E: Mitte Juli, F-G: Ende Mai) und die Zahlen und Farben die Emdschnitte (1: kein Emd, 2: Emdschnitt früh, 3: Emdschnitt spät).

Betrachtet man die Differenz des Deckungsgrad zwischen 2012/13 und 2015/16 für die Heu- und die Emdschnittverfahren gemeinsam, zeigen sich bei einzelnen Arten spannende Muster. Bei *Bromus erectus* sind keine Unterschiede zwischen den Heuverfahren ersichtlich, hingegen grosse Unterschiede zwischen den Emdverfahren (Abbildung 29). *Centaurea scabiosa* zeigt eine Interaktion zwischen dem Heu- und dem Emdschnittverfahren. Der Deckungsgrad hat bei einem späten ersten Schnitt und keinem Emdschnitt, sowie bei einem späten ersten Schnitt und einem späten Emdschnitt zugenommen. Ein früher Emdschnitt scheint hingegen eine Abnahme zur Folge zu haben, insbesondere wenn der Heuschnitt spät stattfindet (Abbildung 30). Diese Interaktion erscheint nicht in der statistischen Auswertung (Tabelle 4), weil nur die späten Verfahren (D und E) davon betroffen sind.

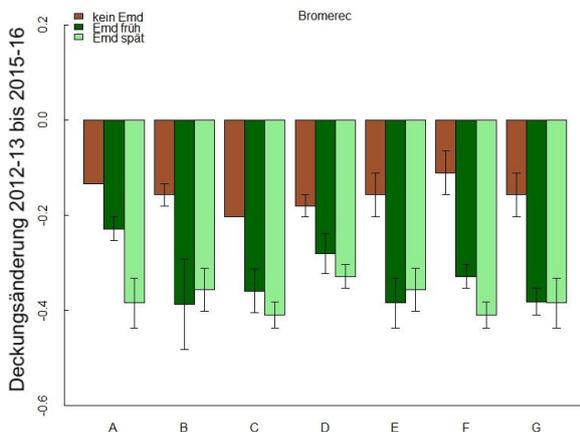


Abbildung 29: Deckungsgradänderung mit dem Heu- und Emdschnitt bei *Bromus erectus*. Es ist keine Interaktion erkennbar, das heisst die zwei Schnitte beeinflussen sich gegenseitig nicht. Der Deckungsgrad von *Bromus erectus* hat sich primär auf Grund des Emdschnitts verändert.

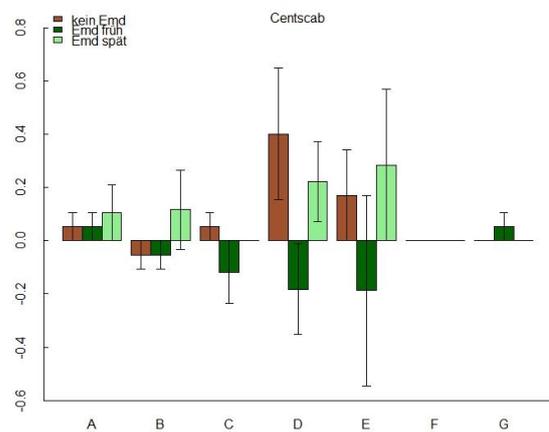


Abbildung 30: Deckungsgradänderung mit dem Heu- und Emdschnitt bei *Centaurea scabiosa*. Es ist eine klare Interaktion ersichtlich. Ein später Heuschnitt (D und E) kombiniert mit einem späten Emdschnitt oder keinem Emdschnitt hat zu einer Zunahme von *Centaurea scabiosa* geführt, während ein später Heuschnitt und ein früher Emdschnitt zu einer Abnahme geführt hat.

4.2.2 Phänologie: Versammlungsmöglichkeit

Die Versammlungshäufigkeit der Arten in Biberstein ist vergleichbar mit den Arten in Anwil. Durch einen frühen Heuschnitt können nur sehr wenige Arten versamen (ca. 20%). Bei einem späten Heuschnitt können hingegen fast alle Arten versamen (90%). Die Angaben zu den einzelnen Arten sind im Anhang 8 zu finden. Der Wert für den DZV-Heuschnitt liegt etwa bei 60%. Diese grossen Unterschiede zwischen dem frühen und späten Heuschnittverfahren werden allerdings zumindest teilweise durch die Zeit bis zum Emdschnitt ausgeglichen. Durch die grosse Zeitspanne zwischen frühem Heuschnitt und Emdschnitt, kommt es nochmals zu einer Versammlung von über 60%, allerdings nicht mehr bei allen Arten. Nach dem späten Heuschnitt versamen hingegen nur noch gut 30% nochmals. Bei diesen Betrachtungen ist allerdings zu beachten, dass beispielsweise die Orchideen nur einmal blühen und dem entsprechend im zweiten Aufwuchs keine Samen mehr bilden können. Beim Vergleich zwischen den Emdschnittverfahren zeigt sich ebenfalls, dass die spät geschnittenen Flächen am besten versamen konnten. Der Emdschnitt hatte aber keinen Einfluss auf die Versammlungshäufigkeit im darauffolgenden Jahr.

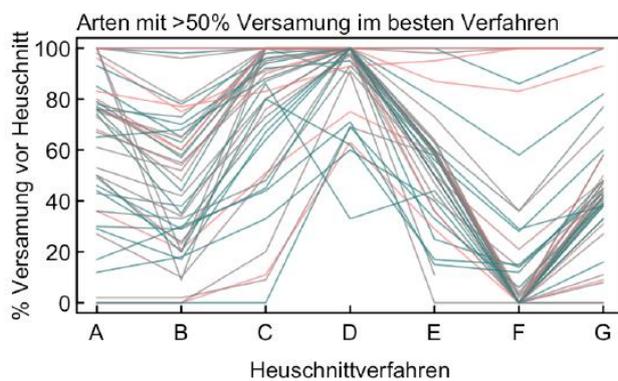


Abbildung 31: Versammlungshäufigkeit der Arten mit >50% Versammlung im besten Verfahren für den Heuschnitt in Biberstein über die gesamte Versuchsdauer: Mit anderen Worten sind hier die Arten aufgeführt, welche im besten Verfahren im Durchschnitt mindestens jedes zweite Jahre versamen konnten.

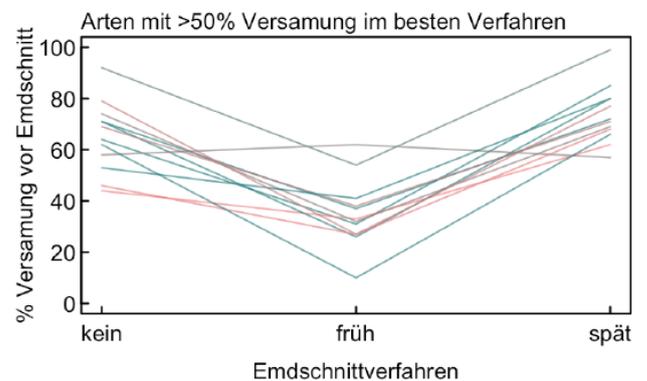


Abbildung 32: Versammlungshäufigkeit der Arten mit >50% Versammlung im besten Verfahren für den Emdschnitt in Biberstein. Gleiches Prinzip wie in Abbildung 31 aber für die Emdschnittverfahren. Durch einen späten Emdschnitt bleibt den Arten mehr Zeit für den zweiten Aufwuchs, so dass die Zeit zum Versamen eher reicht als beim frühen Emdschnitt. Da nicht alle Arten im zweiten Aufwuchs nochmals blühen, sind es weniger Arten als in Abbildung 31.

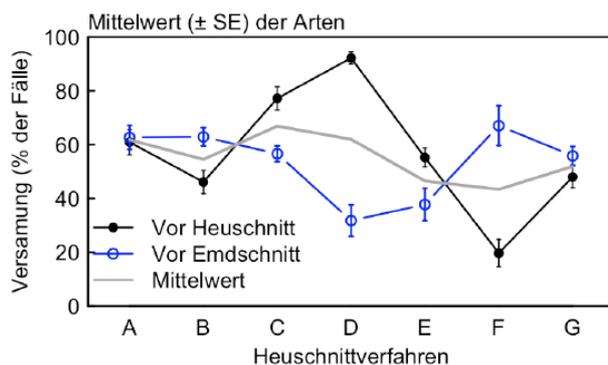


Abbildung 33: Mittelwerte der Versammlungshäufigkeit aller Arten vor dem Heu- und vor dem Emdschnitt. Bei den Daten vor dem Heuschnitt (schwarz) handelt es sich um die Mittelwerte der Abbildung 31. Die Daten „Vor Emdschnitt“ betreffen die Versammlungsmöglichkeit zwischen dem Heuschnitt und dem Emdschnitt. Durch einen späten Heuschnitt (D und E) bleibt weniger Zeit für den zweiten Aufwuchs. Man beachte die daraus resultierende, gegenläufige Entwicklung, welche zu einem Mittelwert mit weniger starken Amplituden führt.

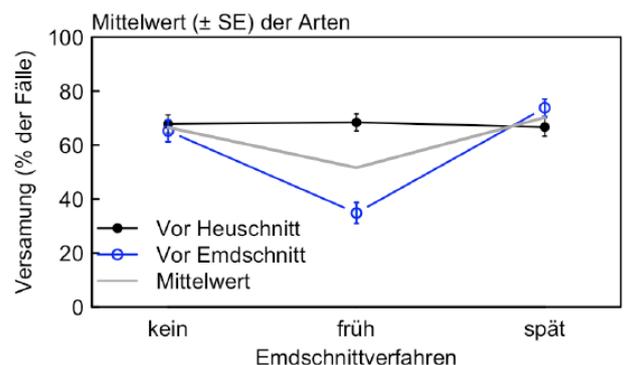


Abbildung 34: Mittelwerte der Versammlungshäufigkeit aller Arten vor dem Heu- (im Folgejahr) und vor dem Emdschnitt. Die blaue Linie ist wieder der Mittelwerte der Arten aus Abbildung 32. Die schwarze Linie zeigt, dass der Emdschnitt keine Auswirkungen auf die Versammlungshäufigkeit im Folgejahr hat.

4.2.3 Korrelation zwischen Phänologie und Entwicklung der Arthäufigkeiten

Zwischen der Häufigkeit einer Versammlung und den Deckungsgradänderungen von 2012–13 bis 2015–16 besteht im Allgemeinen kein signifikanter Zusammenhang. Die Korrelationen zwischen der Versammlungshäufigkeit und den Deckungsänderungen in 21 Kombinationen von Heu- und Emdschnittverfahren in Biberstein liegen im Durchschnitt der Pflanzenarten praktisch bei 0, und fast immer innerhalb der Signifikanzgrenzen von ± 0.43 für $n = 21$ (Abbildung 35). Korrelationen ausserhalb dieser Grenzen sind oft bei Pflanzenarten mit weniger als 21 Datenpunkten zu finden, so dass die Korrelation auch hier nicht signifikant ist. Einzelne Arten zeigen jedoch interessante Korrelationen zwischen der Versammlungshäufigkeit und dem Deckungsgrad. *Lotus corniculatus* und *Onobrychis viciifolia* nahmen beide in den spät gemähten Flächen und vor allem im immer spät gemähten Verfahren D zu und hatten dort die höchste Versammlungshäufigkeit. *Leontodon hispidus* zeigt eine signifikant negative Korrelation vor dem Heuschnitt und eine positive, aber nicht signifikante Korrelation, nach dem Heuschnitt. Mögliche Erklärungen werden in der Diskussion erörtert.

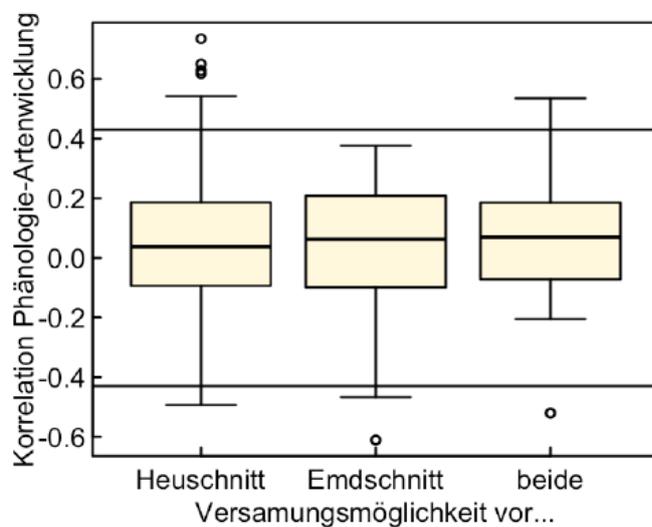


Abbildung 35: Korrelationen zwischen den Deckungsgradänderungen von 2012–13 bis 2015–16 und dem Anteil der Flächen und Jahre mit Versammlungsmöglichkeit vor dem Heuschnitt und Emdschnitt und Biberstein. Die Korrelationen wurden für jede einzelne Pflanzenart berechnet. Die Boxplots zeigen die Verteilung der Korrelationen für alle Pflanzenarten. Die horizontalen Linien entsprechen den Grenzen für eine signifikante Korrelation bei $n = 21$. Korrelationen innerhalb der Grenzen sind nicht signifikant. Korrelationen ausserhalb der Grenzen sind nur dann signifikant, wenn tatsächlich 21 Datenpunkte vorliegen.

5 Diskussion

5.1 Anwil

Die Fromentalwiese in Anwil hat sich in den vergangenen 5 Jahren deutlich verändert. Die Entwicklung verlief in vielen Flächen aber unabhängig vom Schnittverfahren. Gewisse Arten wie zum Beispiel *Bromus erectus* und *Rhinanthus alectorolophus* nahmen in allen Plots ab, während andere Arten zunahmen (*Trifolium repens*, *Trisetum flavescens* etc.). Diese Entwicklung der Vegetation weist darauf hin, dass der Pflanzenbestand der Wiese nicht per se als stabil betrachtet werden kann. Verschiedene Arten zeigen starke Deckungsgradveränderungen zwischen den einzelnen Jahren. Dies kann einerseits durch witterungsbedingte, unterschiedlich geeignete Wachstumsbedingungen verursacht sein. Andererseits können mehrjährige Arten in gewissen Jahren stärker nur als Rosetten vertreten sein und dadurch leichter übersehen werden (z.B. *Daucus carota*). Hinzu kommt, dass die Aufnahmen nicht jedes Jahr von den gleichen Personen gemacht wurden. Da eine gewisse Subjektivität bei der Einschätzung des Deckungsgrad nicht verhindert werden kann, können auch dadurch leichte Unterschiede in der Beurteilung entstanden sein. Ob die Veränderungen in den Deckungsgraden von Jahr zu Jahr auf einen noch wenig stabilen Pflanzenbestand in der vor mehr als 20 Jahren neu angesäten Wiese zurückzuführen sind oder ob auch eine Fromental-„Naturwiese“ ähnliche Schwankungen im Pflanzenbestand zeigt, lässt sich nicht beantworten. Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Wiese bisher sehr resilient ist gegenüber den verschiedenen Schnittverfahren. Einzig die Vegetation der spät geschnittenen Plots beginnt sich von den anderen Versuchsflächen zu unterscheiden. Dieser Trend ist aber vermutlich noch nicht abgeschlossen. Es sind einige Arten, welche eher spät oder lange blühen, welche in den spät geschnittenen Flächen zugenommen haben: *Carum carvi*, *Centaurea jacea*, *Onobrychis viciifolia*. Diese Arten konnten dank dem späten Schnittzeitpunkt häufiger versamen (Anhang 7). Allgemein zeigen die Daten zur Phänologie, dass im spät geschnittenen Verfahren fast alle Arten versamen können. Die Aussage, dass durch einen späten Heuschnitt die Gräser zunehmen (Oppermann, 2003) konnte noch nicht statistisch bestätigt werden. In Anwil zeigt sich jedoch klar, dass die grossen Gräser von einem späten Heuschnitt profitieren, wobei auch der 15. Juni bereits zu einer Zunahme führte. Ein Schnitt Ende Mai führte hingegen weder zu einer Zu- noch zu einer Abnahme der grossen Gräser. Im Gegensatz zum späten Schnittzeitpunkt grenzt sich der frühe Schnitt noch nicht vom Schnittzeitpunkt am 15. Juni ab, allerdings zeigt sich, dass er bei mehreren Arten zu einer Abnahme des Deckungsgrad führte. Insbesondere grosse Kräuter nahmen ab, da ihnen die Zeit zum Versamen wohl nicht reichte. Die Daten zur Phänologie verdeutlichen, dass bei einem frühen Schnitt nur sehr wenige Arten versamen können. Insofern ist es erstaunlich, dass sich die früh geschnittenen Flächen noch nicht von den DZV-Flächen, welche eine deutlich höhere Versammlungshäufigkeit aufweisen, unterscheiden. Ein wichtiger Grund wird sein, dass die bisherige Untersuchungszeit nicht reicht, um Veränderungen festzustellen. Mehrjährige Arten sind beispielsweise als Rosetten kaum vom Schnittzeitpunkt betroffen. Von einigen Arten waren sicherlich auch noch Samen im Boden vorhanden, welche aus der Zeit vor dem Versuch stammen. Hinzu kommen die grossen jährlichen Schwankungen des Deckungsgrad verschiedener Arten, welche Veränderungen maskieren können. Wie die Ergebnisse der Fläche in Biberstein zeigen, hat der zweite Aufwuchs eine grosse Bedeutung. Viele Arten blühen nach dem ersten Schnitt nochmals und können auch versamen. Dies kann den Effekt des ersten Schnitts verkleinern. In Anwil wurden aber keine Daten zum zweiten Schnitt erhoben. Die fehlende Korrelation zwischen der Versammlungshäufigkeit und der Deckungsgradänderung deutet darauf hin, dass neben der Versammlung noch weitere Faktoren wie beispielsweise die Lichtverfügbarkeit zu verschiedenen Zeitpunkten je nach Art eine Rolle spielen kann. An dieser Stelle muss auch erwähnt werden, dass die gewählte Methode zur Aufnahme der Phänologie möglicherweise nicht optimal war. Durch die Erfassung des Medians ergeben sich insbesondere bei Arten mit einem langen Blühfenster Daten, welche nicht der effektiven Versammlungshäufigkeit entsprechen. *Centaurea jacea* blüht beispielsweise von Mitte Mai bis in den August. Deshalb konnte für diese Art kaum je eine Phänologiestufe 10 oder 11 erfasst werden. Effektiv konnte sich *Centaurea jacea* aber regelmässig versamen. Aus diesem Grund schlagen wir im Falle einer Versuchsverlängerung eine Anpassung der Methoden für die Phänologieaufnahmen an.

5.2 Biberstein

Im Gegensatz zu Anwil zeigten sich in Biberstein Unterschiede zwischen der Vegetation der einzelnen Blöcke (Wiederholungen). Diese Unterschiede hängen mit der Topographie der Wiese zusammen. Block 2 ist am stärksten geneigt und zeigt eine erhöhte Deckung von typischen Halbtrockenrasenarten (*Scabiosa columbaria*, *Pimpinella saxifraga*), während Block 3 weitgehend flach ist und durch Laubeintrag am stärksten beeinflusst wird. Arten der Fromentalwiese sind hier verstärkt vertreten (*Holcus lanatus*, *Festuca pratensis*, *Trisetum flavescens* etc.). Diese Unterschiede zwischen den Blöcken erschwerten den Vergleich der Heuschnittverfahren, was mit ein Grund ist, dass keine klaren Unterschiede gefunden wurden, siehe unten. Analog zu Anwil zeigt sich auch in Biberstein, dass sich die Vegetation unabhängig von den Schnittverfahren entwickelt. Deutlich erkennbar ist das an der parallelen Entwicklung der Verfahren in der Hauptkoordinatenanalyse. Diese deutet auch darauf hin, dass es sich eher um eine gerichtete Entwicklung, als um periodische Schwankungen handelt. Dies ist insbesondere interessant, weil die Wiese seit Jahren gleich bewirtschaftet wird und man davon ausgehen könnte, dass der Bestand im Gleichgewicht ist. Die Gründe für diese Entwicklung zu eruieren ist schwierig. Zu beachten ist, dass die Erhebungsmethoden dieses Ergebnis vermutlich begünstigte: Der Deckungsgrad jedes Plots wurde mit der Artenliste des Vorjahres erhoben. So konnte die Veränderung des jeweiligen Plots gut dokumentiert werden, allerdings achtete man dadurch auch speziell auf Arten, welche im Vorjahr in diesem Plot vorhanden waren und begünstigte so das Erkennen einer zeitlichen Entwicklung. Zudem kann beispielsweise die allgemeine Abnahme von *Bromus erectus* teilweise durch die verschiedenen Beurteilungen der aufnehmenden Person erklärt werden. Diese zwei Punkte können die Veränderungen aber sicher nur teilweise erklären. Es ist auch denkbar, dass klimatische Veränderungen für einen Teil der Entwicklung verantwortlich sind. Abgesehen von *Arrhenatherum elatius* haben alle Arten, welche eine starke Korrelation mit der zeitlichen Entwicklung haben, eine Feuchtezahl von 2 oder 1 (*Festuca ovina*), sind also typische Trockenwiesenarten. Auch wenn unklar ist, welche Gründe die zeitlichen Veränderungen verursachten, kann wie für Anwil festgehalten werden, dass der Bestand nicht per se als stabil betrachtet werden kann. Der Bewirtschafter der Wiese Markus Nadler wies darauf hin, dass die Schnitthöhe auf der Versuchsfläche mit der kleinen einachsigen Mähmaschine wesentlich tiefer sei, als auf der übrigen Fläche und vor dem Versuch. Ob dies eine Erklärung für eine gerichtete Entwicklung des Pflanzenbestands auf den Versuchsflächen sein könnte, lässt sich nicht sagen.

Die Vegetation in Biberstein zeigte kaum Veränderungen, welche auf die **Heuschnittverfahren** zurückzuführen sind. Neben den oben erwähnten Schwierigkeiten durch die Unterschiede zwischen den Blöcken, wird die langsame Reaktion der Vegetation ein Grund sein. Verursacht wird dies unter anderen durch die Mehrjährigkeit verschiedener Arten und den Samenvorrat im Boden. Köhler (2001) fand in einem über 20-jährigen Versuch mit drastischeren Veränderungen der Schnittregime, dass sich nach etwa 13 Jahren eine für das jeweilige Schnittregime typische Vegetation ausgebildet hatte. Dass also nach vier Jahren (2017 fand keine vollständige Vegetationsaufnahme aller Arten statt) erst ansatzweise Veränderungen sichtbar sind, wird unter anderem durch die langsame Reaktion der Vegetation verursacht. Durch die unterschiedliche Artenzusammensetzung der drei Blöcke (Abbildung 18), die zeitliche Veränderung aller Verfahren (Abbildung 19) und die kleine Anzahl an Wiederholungen pro Verfahren sind weitere Faktoren, welche die Analyse der Daten erschweren und mögliche Veränderungen maskieren. Obwohl für die gesamte Vegetation keine Unterschiede zwischen den Heuschnittverfahren gefunden wurden, zeigen einzelne Arten klare Trends. *Centaurea scabiosa* kommt beispielsweise fast nur in den spät gemähten Verfahren vor. Bei einigen Arten zeigen sich zwar Trends (Anhang 5), diese sind statistisch jedoch nicht signifikant. Es ist anzunehmen, dass sich diese Trends durch eine Verlängerung des Versuchs akzentuieren und nach weiteren Versuchsjahren auch statistisch erfassbar werden.

In der Hauptkoordinatenanalyse zeigen die **Emdverfahren** keine Unterschiede. Werden hingegen einzelne Arten oder Artengruppen betrachtet, wird ersichtlich, dass viele Arten auf die Emdverfahren reagieren. Diese Diskrepanz ist dadurch zu erklären, dass die Emdverfahren immer direkt nebeneinander liegen und deshalb in der Artenzusammensetzung sehr ähnlich sind. Wenn die Verfahren wie in der Hauptkoordinatenanalyse zwischen den Blöcken verglichen werden, sind die Unterschiede in der Artenzusammensetzung der gleichen Verfahren grösser als zwischen den Emdverfahren, welche direkt nebeneinander liegen. Wenn dieser Umstand allerdings berücksichtigt ist, wird klar, dass der Emdschnitt einen grossen Einfluss auf die Vegeta-

tionsentwicklung hat! Besonders deutlich werden die Unterschiede, wenn die Arten in Grössenklassen eingeteilt werden: Grosse Gräser nehmen zu, wenn kein Emdschnitt gemacht wird, kleine Kräuter und Leguminosen profitieren von einem zweiten Schnitt. Ausserdem nehmen kleinwüchsige Gräser und Seggen, sowie Leguminosen in den spät geemdeten Flächen stärker zu. Für einzelne Arten zeigen sich diese Ergebnisse oft noch deutlicher. Sie weisen zusätzlich darauf hin, dass der Emdschnitt einen stärkeren Effekt hat als der Heuschnitt. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist allerdings zu berücksichtigen, dass der Vergleich der Emdschnittverfahren aufgrund des Versuchsdesigns eine deutlich grössere statistische Kraft hat als der Vergleich der Heuschnittverfahren. Einerseits gibt es für die Emdschnittverfahren 21 Wiederholungen, und für die Heuschnittverfahren nur drei. Andererseits liegen die Emdverfahren direkt nebeneinander. Das hat den Nachteil, dass ihre Artzusammensetzung sehr ähnlich ist, was aber gleichzeitig auch ein Vorteil ist, weil dadurch der Vergleich der Veränderungen zwischen den Emdverfahren einfacher ist. Hinzu kommt, dass die Emdverfahren auch auf Grund des Versuchsdesigns bei der statistischen Auswertung einen Vorteil haben. Diese Ergebnisse sind also mit Vorsicht zu betrachten. Nichtsdestotrotz zeigen sie aber, dass der Emdschnitt eine grosse Bedeutung für die Vegetationsentwicklung hat. Der Grund für diese Ergebnisse liegt mit grosser Wahrscheinlichkeit bei der Lichtkonkurrenz im Frühling. Durch ein Auslassen des Emdschnitts geht die Vegetation sehr hoch in den Winter und es bildet sich ein Grasfilz, welcher durch den Schnee zusammengedrückt wird. Dadurch kommt im Frühling sehr wenig Licht an den Boden, was die Keimung und das Wachstum der Kräuter stark behindert. Im Gegensatz dazu gehen spät geemdete Flächen sehr tief in den Winter und es kann sich kein Grasfilz ausbilden. Dem entsprechend haben Kräuter im Frühling sehr gute Wachstumsbedingungen. Diese Resultate werden durch die Ergebnisse der Bachelorarbeit zum Blütenangebot unterstützt: Die spät geemdeten Flächen weisen das höchste Blütenangebot auf, während die nicht geemdeten Flächen das kleinste Blütenangebot haben.

Zusammengefasst zeigen sich zwischen den Heuschnittverfahren bisher keine klaren Unterschiede, was aber unter anderem mit der Versuchsanordnung zusammenhängt. Zwischen den Emdschnittverfahren sind klare Unterschiede ersichtlich. Exemplarisch dafür steht das Beispiel von *Bromus erectus*, dem dominanten Gras in der Magerwiese mit zwei Schnitten. Während die Heuschnittverfahren kaum eine Wirkung auf den Deckungsgrad haben, sind bei den Emdschnittverfahren deutliche Unterschiede sichtbar: höchster Deckungsgrad bei „kein Emdschnitt“, tiefster Deckungsgrad bei „Emdschnitt spät“.

Die Resultate der **Versamungshäufigkeiten** entsprechen den Erwartungen: Je früher der Schnitt desto tiefer die Versammlungsmöglichkeit. Interessant ist jedoch insbesondere, dass die Unterschiede zwischen dem frühen und späten Heuschnitt bis zu einem gewissen Grad durch die Zeit bis zum Emdschnitt wettgemacht werden kann. Der zweite Aufwuchs spielt also eine wichtige Rolle für die Versammlungsmöglichkeit. Eine Korrelation zwischen der Versammlungsmöglichkeit und den Deckungsgradänderungen konnte bisher nicht gefunden werden. Das deutet darauf hin, dass neben der Versammlung noch andere Faktoren wie zum Beispiel die Lichtverfügbarkeit im Frühling für die Veränderungen des Deckungsgrad verantwortlich sind. Wie bereits für Anwil erwähnt, ist die Methode zur Erhebung der Phänologie vermutlich nicht ideal, um die effektive Versammlung zu dokumentieren. Deshalb schlagen wir auch für Biberstein im Falle einer Versuchsverlängerung eine Anpassung der Methode vor.

5.3 Rückschlüsse auf die Bewirtschaftung

Die bisherigen Resultate deuten darauf hin, dass der Heuschnittzeitpunkt zwar einen Einfluss auf den Deckungsgrad einzelner Arten hat, die Veränderungen auf der Ebene des gesamten Pflanzenbestands sind aber bisher nicht (Biberstein) oder nur ansatzweise (Anwil) erkennbar. Folglich kann festgehalten werden, dass es mehrere Jahre dauert, bis sich die Vegetation einer veränderten Bewirtschaftung anpasst. Welche Veränderungen über einen längeren Zeitraum zu erwarten sind, müsste eine verlängerte Versuchsdauer zeigen. Auf Grund der bisherigen Resultate kann im Laufe weiterer Versuchsjahre mit einer Verschiebung der Artenzusammensetzung gerechnet werden, besonders in den Verfahren mit spätem Heuschnitt. Interessant sind vor allem auch die Ergebnisse zum Emdschnittzeitpunkt: Von einem späten Emdschnitt profitieren vor allem kleine Gräser und Seggen sowie Leguminosen und diese Flächen weisen im Frühling das grösste Blütenangebot auf. Von einem Auslassen des Emdschnitts profitieren vor allem die grosswüch-

sigen Gräser. Dass durch eine Unternutzung der Wiese die Gräser auf Kosten der Kräuter zunehmen, war durch die langjährigen Qualitätskontrollen (Peter et al., 2010), Beobachtungen und Erfahrungen aus den Bewirtschaftungsverträgen des Programms „Landwirtschaft-Biodiversität-Landschaft“ (Labiola) im Kanton Aargau vermutet worden. Wissenschaftliche Untersuchungen dazu gab es aber bisher keine. Es handelt sich hier also um eine Bestätigung der bisherigen praktischen Erfahrungen bei der Wiesenbewirtschaftung. Eine neue Erkenntnis ist hingegen die grosse Bedeutung des Emdschnittzeitpunkts. Uns sind keine vergleichbaren wissenschaftlichen Untersuchungen bekannt und auch bei der Bewirtschaftung wird bisher erst vereinzelt auf den Emdschnittzeitpunkt geachtet. Die hier dargestellten Erkenntnisse ergeben neue Möglichkeiten um vergraste Bestände aufzuwerten und das Blütenangebot zu erhöhen. Da die Erkenntnisse zum Emdschnittzeitpunkt nur für die Magerwiese mit zwei Schnitten vorliegen, ist noch unklar, ob sie sich auch auf nährstoffreichere Wiesen übertragen lassen. Da jedoch die ökologischen Prinzipien bezüglich Lichtverfügbarkeit im Frühling in diesen Wiesen ähnlich sind, ist anzunehmen, dass auch dort ein später Schnitt für die Kräuter vorteilhaft ist. Eine Erweiterung des Versuchs auf der Fromentalwiese in Anwil um zwei verschiedene Emdschnittzeitpunkte kann voraussichtlich diese Vermutung stützen.

5.4 Ausblick

Die dargestellten Resultate zeigen, dass der Versuch wertvolle Ergebnisse zum Einfluss der Schnittzeitpunkte liefert. Mit grosser Wahrscheinlichkeit ist der Entwicklungsprozess, welcher durch die verschiedenen Schnittverfahren eingesetzt hat noch nicht abgeschlossen und es ist davon auszugehen, dass sich die Unterschiede in den kommenden Jahren noch wesentlich akzentuieren werden. Die Untersuchungen von Köhler (2001) zeigen, dass sich bei relativ drastischen Veränderungen des Schnittregimes erst nach etwa 13 Jahren eine für das jeweilige Schnittregime typische Vegetation ausgebildet hatte. Deshalb kann angenommen werden, dass im Laufe einer zweiten Versuchsperiode 2018 bis 2024 insbesondere die Auswirkungen der verschiedenen Verfahren auf die einzelnen Arten (Anhang 5 und 6) zunehmen werden und dann auch als statistisch signifikant ausgewiesen werden können. Dadurch werden auch die Unterschiede der Pflanzenbestände zwischen den Verfahren grösser. Eine Bestätigung und Vertiefung der bisherigen Ergebnisse wäre wichtig, um zu stichfesten Rückschlüssen auf die Bewirtschaftung zu kommen und gegebenenfalls in der Praxis Änderungen anzustreben. Zudem könnte der Versuch mit den in Kapitel 5.5 vorgeschlagenen Anpassungen für eine zweite Phase wesentlich verbessert werden, indem sichtbar gewordene Schwachstellen in der Versuchsanlage korrigiert, wichtige Erfahrungen berücksichtigt und damit die statistische Aussagekraft erhöht werden könnte.

5.5 Vorschlag für eine Weiterführung des Versuchs mit angepasstem Versuchsdesign

Vorschlag 1:

In Anwil wird in den Verfahren ein Emdschnitt eingeführt. Dazu wird jeweils die Hälfte jedes Plots Mitte August und die andere Hälfte Mitte September gemäht. Die Ergebnisse von Biberstein zeigen, dass der Emdschnittzeitpunkt eine grosse Bedeutung hat. Es soll geprüft werden, ob dies auch bei den Fromentalwiesen zutrifft.

Vorschlag 2:

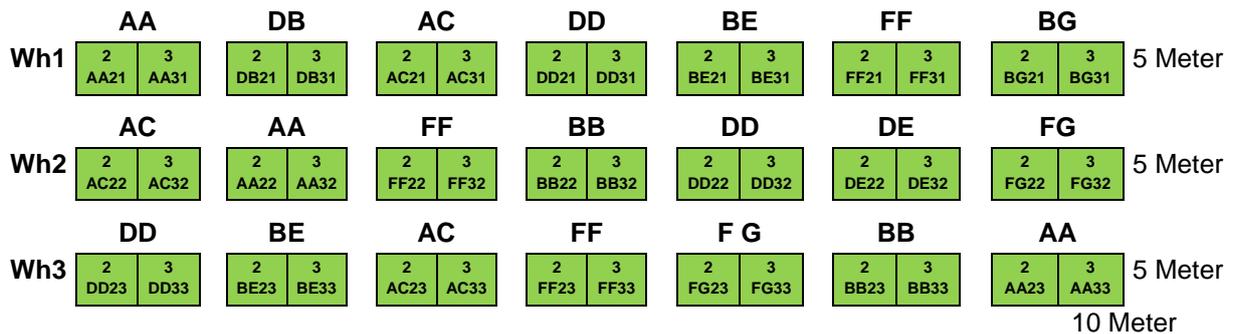
Die variablen Verfahren werden zusammengefasst. Bisher wurden die Verfahren B, E und G jedes 3. Jahr abweichend vom eigentlichen Verfahren geschnitten. Für die Weiterführung des Versuchs soll es nur noch ein variables Verfahren geben. Dieses wird jährlich-alternierend einmal früh und einmal spät gemäht. Es werden alle B-Flächen, sowie je eine Fläche der Verfahren E und G zu diesem neuen Verfahren zusammengefasst. Die zwei verbleibenden Flächen in den Verfahren E und G werden den Verfahren D und F zugeordnet. Diese Änderungen tragen dem Umstand Rechnung, dass die statistische Aussagekraft mit nur drei Wiederholungen pro Verfahren sehr grenzwertig ist und dass die Wiese eine grössere Heterogenität aufweist als ursprünglich erwartet. Im Hinblick auf eine zukünftige praktische Umsetzung der Versuchsergebnisse bei der Wiesenbewirtschaftung wäre das jährlich alternierende Verfahren ausserdem besser zu reali-

sieren und zu kontrollieren und somit einfacher in Bewirtschaftungsrichtlinien zu integrieren. Zudem werden die Plots des Verfahrens C mit dem Verfahren A zusammengefasst.

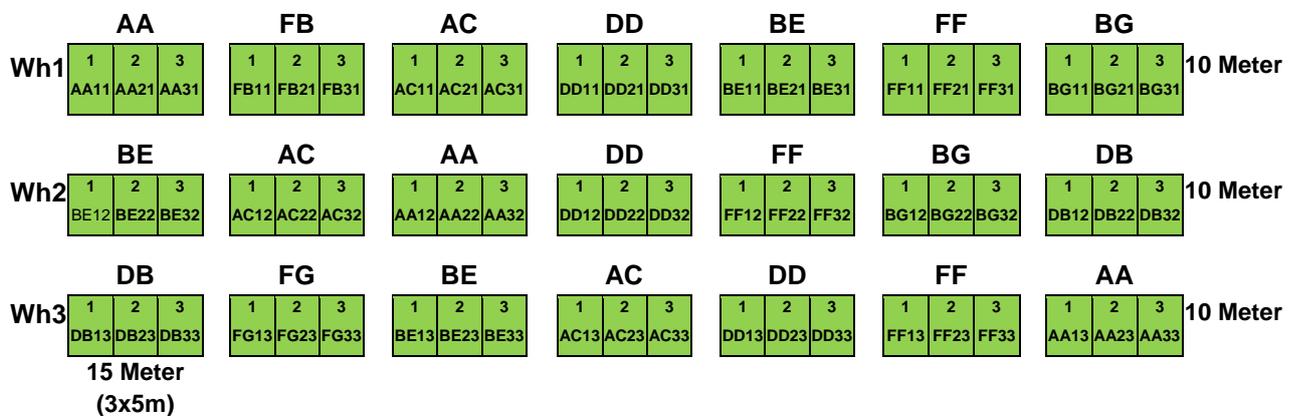
Vorschlag 3:

Auf Grund der Ähnlichkeit der Verfahren und der kaum vorhandenen Unterschiede in den Ergebnissen, kann davon ausgegangen werden, dass die Plots der Verfahren B, E und G ausgetauscht werden können. Um eine möglichst gleichmässige Verteilung der Verfahren zu erhalten, werden deshalb in Biberstein 3 Flächen und in Anwil 1 Fläche getauscht.

5.5.1 Neues Versuchsdesign für die Fromentalwiese



5.5.2 Neues Versuchsdesign für die Magerwiese mit zwei Schnitten



Verfahren im Heuschnitt ab 2018 (erster Buchstabe):

- A SZP fix (entspricht DZV-Regelung)
- B SZP jährlich alternierend einmal früh und einmal spät
- D Später Heuschnitt Mitte Juli (Extremvariante)
- F Früher Heuschnitt Ende Mai (Extremvariante)

Verfahren im Heuschnitt bis 2017 (zweiter Buchstabe):

- A SZP fix (entspricht DZV-Regelung)
- B SZP fix mit zweimaliger früher Nutzung in 6 Jahren
- C SZP fix (entspricht DZV-Regelung)
- D Später Heuschnitt Mitte Juli (Extremvariante)
- E Später Heuschnitt Mitte Juli mit zweimaligem frühem Heuschnitt in 6 Jahren

- F Früher Heuschnitt im Mai (Extremvariante)
- G Früher Heuschnitt im Mai mit zweimaliger später Nutzung in 6 Jahren

Verfahren im Emdschnitt (erste Zahl):

1: kein Emdschnitt 2: Emdschnitt früh 3: Emdschnitt spät

Bei der zweiten Zahl handelt es sich um den Block (Wiederholung).

Vorschlag 4:

Die Vegetationsaufnahmen werden nicht mehr jährlich gemacht, sondern nur noch am Anfang und am Ende der nächsten Versuchsperiode. Um den jährlichen Schwankungen gerecht zu werden, sollen die Vegetationsaufnahmen immer in zwei aufeinanderfolgenden Jahren stattfinden: 2018/2019 und 2023/2024. Somit beträgt die gesamte Laufzeit des Versuchs 12 Jahre und geht damit in die von Köhler (2001) erwähnte Dauer zur Etablierung der verfahrenstypischen Bestände.

Vorschlag 5:

Ausserhalb der Versuchsfläche werden in der Wiese drei Plots eingerichtet, um zu überprüfen, ob die Entwicklung des umliegenden Bestandes parallel läuft zur Entwicklung in der Versuchsfläche.

Vorschlag 6:

Bei der Phänologie wird nicht mehr der Median eines Plots erfasst, sondern das am weitesten fortgeschrittene Quartil einer Art. Wenn also ein Viertel der Individuen einer Art fruchtende Blütenstände zeigt, wird die Phänologiestufe 10 verwendet. Zudem wird die Phänologie im Jahr 2018 einmalig wie bisher erhoben. Dadurch wird ein Abgleich der beiden Methoden möglich.

6 Literatur

Bertschinger, M. (2016). Auswirkungen verschiedener Schnittzeitpunkte und –rythmen auf das Blütenangebot einer 2-Schnitt-Magerwiese in Biberstein AG. CAS-Arbeit Vegetationsanalyse und Feldbotanik, ZHAW Wädenswil.

Braun-Blanquet, J. (2013). Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde. Springer-Verlag.

Bundesamt für Umwelt, BAFU (2014). Biodiversitätsförderflächen. Schweizerische Eidgenossenschaft.

Bundesamt für Landwirtschaft, BLW (2017). Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft, DZV. Schweizerische Eidgenossenschaft.

Dierschke, H. (1995). Phänologische und symphänologische Artengruppen von Blütenpflanzen Mitteleuropas.

Humbert, J. Y., Ghazoul, J., Richner, N., & Walter, T. (2012). Uncut grass refuges mitigate the impact of mechanical meadow harvesting on orthoptera. *Biological Conservation*, 152, 96-101.

Humbert, J. Y., Pellet, J., Buri, P., & Arlettaz, R. (2012). Does delaying the first mowing date benefit biodiversity in meadowland?. *Environmental Evidence*, 1(1), 9.

Köhler, B. (2001). Mechanisms and extent of vegetation changes in differently managed limestone grasslands. Doctoral Thesis, ETH Zürich.

Küchler, M. (2008). Software VEGEDAZ. Programm für die Erfassung und Auswertung von Vegetationsdaten.

Lauber, K., Wagner, G. & Gygax, A (2012). *Flora helvetica*. Bern, Haupt.

Oppermann, R. (Ed.). (2003). Artenreiches Grünland: bewerten und fördern; MEKA und ÖQV in der Praxis. Ulmer.

Peter, M., Babbi M. & Kronauer L. (2010). Trendanalyse der Vertragswiesen mit der Landwirtschaft. Projekt Bewirtschaftungsverträge Naturnahe Landwirtschaft, Beve. Agrofutura AG & Departement Bau,Verkehr und Umwelt, Sektion Natur und Landschaft, Kt. Aargau.

Team, R. C. (2000). R language definition. Vienna, Austria: R foundation for statistical computing.

van Klink, R., Boch, S., Buri, P., Rieder, N. S., Humbert, J. Y., & Arlettaz, R. (2017). No detrimental effects of delayed mowing or uncut grass refuges on plant and bryophyte community structure and phytomass production in low-intensity hay meadows. *Basic and Applied Ecology*.

7 Anhang

7.1 Anhang 1: Artenlisten für Anwil und Biberstein

Artenliste Anwil: Arten mit einer Frequenz 0, waren vor 2016 vorhanden, konnten in diesem Jahr aber nicht gefunden werden. Die Artabkürzungen setzen sich immer aus den ersten vier Buchstaben des Gattungsnamen und den ersten vier Buchstaben des Artnamen zusammen. *Colchicum autumnale* musste aus der Analyse entfernt werden, weil die Art aus Versehen von einer landwirtschaftlichen Hilfskraft in einem Jahr ausgestochen wurde. Die Einteilung in Artengruppen wurde nur für Arten mit einem Deckungsgrad > 5% vorgenommen.

Art	Abkürzung	Deutscher Name	Artengruppe	Frequenz 2016 (% der Plots)
<i>Ajuga reptans</i> L.	Ajugrept	Kriechender Günsel	Kraut klein	100.0
<i>Agrostis stolonifera</i>	Agrostol	Kriechendes Straussgras		4.8
<i>Allium</i> sp.	Allisp	Unbestimmter Lauch		4.8
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	Aloprat	Wiesen-Fuchsschwanz		0.0
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	Anthodor	Duftendes Ruchgras	Gras/Segge	100.0
<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	Anthsylv	Wiesen-Kerbel		0.0
<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) J. & C. Presl	Arrhelat	Französischer Raygras / Fromental	Gras gross	100.0
<i>Bellis perennis</i> L.	Bellpere	Massliebchen / Gänseblümchen	Kraut klein	100.0
<i>Brachypodium pinnatum</i> aggr.	Bracpinn	Fieder-Zwenke		0.0
<i>Briza media</i> L.	Brizmedi	Mittleres Zittergras	Gras/Segge	28.6
<i>Bromus erectus</i> s.l.	Bromerec	Aufrechte Trespe	Gras gross	100.0
<i>Campanula patula</i> L.	Camppatu	Gewöhnliche Wiesen-Glockenblume		0.0
<i>Cardamine pratensis</i> agg.	Cardprat	Gewöhnliches Wiesen-Schaumkraut	Kraut klein	81.0
<i>Carex caryophyllea</i> Latourr.	Carecary	Frühlings-Segge	Gras/Segge	28.6
<i>Carex flacca</i> Schreb.	Careflac	Schlaffe Segge	Gras/Segge	100.0
<i>Carex montana</i> L.	Caremont	Berg-Segge		4.8
<i>Carum carvi</i> L.	Carucarv	Kümmel	Kraut gross	57.1
<i>Centaurea jacea</i> s.l.	Centjace	Wiesen-Flockenblume	Kraut gross	33.3
<i>Centaureum erythraea</i> Rafn	Centeryt	Echtes Tausendgüldenkraut		0.0
<i>Cerastium fontanum</i> s.l.	Cerafont	Gemeines Hornkraut	Kraut klein	100.0
<i>Colchicum autumnale</i> L.	Colcautu			100.0
<i>Crepis biennis</i> L.	Crepbien	Wiesen-Pippau	Kraut gross	100.0
<i>Cynosurus cristatus</i> L.	Cynocris	Wiesen-Kammgras	Gras/Segge	95.2
<i>Dactylis glomerata</i> L.	Dactglom	Wiesen- Knäuelgras	Gras gross	100.0
<i>Daucus carota</i> L.	Dauccaro	Wilde Möhre	Kraut gross	100.0
<i>Festuca arundinacea</i>	Festarun	Rohr-Schwingel	Gras gross	100.0
<i>Festuca pratensis</i> s.l.	Festprat	Wiesen-Schwingel	Gras gross	23.8
<i>Festuca rubra</i> s.l.	Festrubr	Rot-Schwingel	Gras/Segge	100.0
<i>Galium mollugo</i> agg.	Galimoll	Gewöhnliches Wiesen-Labkraut	Kraut gross	81.0
<i>Geum urbanum</i> L.	Geumurba	Echte Nelkenwurz		4.8
<i>Helianthemum nummularium</i>	Helinum	Gemeines Sonnenröschen		4.8
<i>Helictotrichon pubescens</i> (Huds.) Pilg.	Helipube	Flaum-Wiesenhafer	Gras gross	95.2
<i>Heracleum sphondylium</i> s.l.	Herasphon	Wiesen-Bärenklau	Kraut gross	76.2
<i>Holcus lanatus</i> L.	Holclana	Wolliges Honiggras	Gras gross	100.0
<i>Hypericum perforatum</i> L.	Hypeperf	Echtes Johanniskraut		0.0
<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult.	Knauarve	Feld-Witwenblume	Kraut gross	100.0
<i>Lathyrus pratensis</i> L.	Lathprat	Wiesen-Platterbse	Leguminose	33.3
<i>Leontodon hispidus</i> s.l.	Leonhis	Raues Milchkraut		0.0
<i>Leucanthemum vulgare</i> agg.	Leucvulg	Wiesen-Margerite	Kraut klein	100.0

<i>Linum catharticum</i> L.	Linucath	Purgier-Lein	Kraut klein	47.6
<i>Lolium perenne</i> L.	Lolipere	Englisches Raygras	Gras gross	19.0
<i>Lotus corniculatus</i> agg.	Lotucorn	Gemeiner Hornklee	Leguminose	100.0
<i>Luzula campestris</i> bdm-agg.	Luzucamp	Feld-Hainsimse	Gras/Segge	38.1
<i>Lysimachia nemorum</i> L.	Lysinemo	Hain-Gilbweiderich		0.0
<i>Lysimachia nummularia</i> L.	Lysinumm	Pfennigkraut	Kraut klein	14.3
<i>Medicago lupulina</i> L.	Medilupu	Hopfenklee	Leguminose	100.0
<i>Myosotis arvensis</i> Hill	Myosarve	Acker-Vergissmeinnicht	Kraut klein	14.3
<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.	Onobvivi	Saat-Esparsette	Leguminose	42.9
<i>Phleum pratense</i>	Phleprat	Gewöhnliches Wiesen-Lieschgras	Gras gross	4.8
<i>Picris hieracioides</i>	Picrhier	Habichtskrautartiges Bitterkraut		4.8
<i>Plantago lanceolata</i> L.	Planlanc	Spitz-Wegerich	Kraut klein	95.2
<i>Plantago media</i> L.	Planmedi	Mittlerer Wegerich	Kraut klein	19.0
<i>Poa pratensis</i> agg.	Poaprat	Wiesen-Rispengras	Gras/Segge	61.9
<i>Poa trivialis</i> s.l.	Poatriv	Gemeines Rispengras	Gras/Segge	57.1
<i>Potentilla reptans</i> L.	Poterept	Kriechendes Fingerkraut		4.8
<i>Primula veris</i> L.	Primveri	Frühlings-Schlüsselblume	Kraut klein	38.1
<i>Prunella vulgaris</i> L.	Prunvulg	Kleine Brunelle	Kraut klein	100.0
<i>Ranunculus acris</i> s.l.	Ranuacri	Scharfer Hahnenfuss	Kraut gross	100.0
<i>Ranunculus bulbosus</i> L.	Ranubulb	Knolliger Hahnenfuss	Kraut gross	95.2
<i>Rhinanthus alectorolophus</i> (Scop.) Pollich	Rhinalec	Zottiger Klappertopf	Kraut gross	85.7
<i>Rumex acetosa</i> L.	Rumeacet	Wiesen-Sauerampfer	Kraut gross	90.5
<i>Salvia pratensis</i>	Salvprat	Wiesen-Salbei		4.8
<i>Sanguisorba minor</i> s.l.	Sangmino	Kleiner Wiesenknopf	Kraut gross	47.6
<i>Scabiosa columbaria</i> L.	Scabcolu	Tauben-Skabiose		0.0
<i>Silaum silaus</i>	Silasila	Wiesensilge	Kraut gross	14.3
<i>Silene flos-cuculi</i> (L.) Clairv.	Sileflos	Kuckucks-Lichtnelke		0.0
<i>Taraxacum officinale</i> agg.	Taraoffi	Gewöhnlicher Löwenzahn	Kraut gross	95.2
<i>Tragopogon pratensis</i> s.l.	Tragprat	Wiesen-Bocksbart	Kraut gross	100.0
<i>Trifolium dubium</i> Sibth.	Trifdubi	Zweifelhafter Klee	Leguminose	100.0
<i>Trifolium pratense</i> s.l.	Trifprat	Rot-Klee	Leguminose	100.0
<i>Trifolium repens</i> L.	Trifrepe	Kriechender Klee	Leguminose	95.2
<i>Trisetum flavescens</i> (L.) P. Beauv.	Trisflav	Wiesen-Goldhafer	Gras gross	95.2
<i>Veronica arvensis</i> L.	Veroarve	Feld-Ehrenpreis	Kraut klein	9.5
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	Verocham	Gamander-Ehrenpreis	Kraut klein	90.5
<i>Veronica serpyllifolia</i> s.l.	Veroserp	Thymian-Ehrenpreis	Kraut klein	81.0
<i>Vicia cracca</i>	Vicicrac	Vogel-Wicke		4.8
<i>Vicia sativa</i> s.l.	Vicisati	Futter-Wicke	Leguminose	23.8

Artenliste Biberstein: Arten mit einer Frequenz 0, waren vor 2016 vorhanden, konnten in diesem Jahr aber nicht gefunden werden. Für die Artengruppen wurden nur Arten mit einem Deckungsgrad > 5% verwendet.

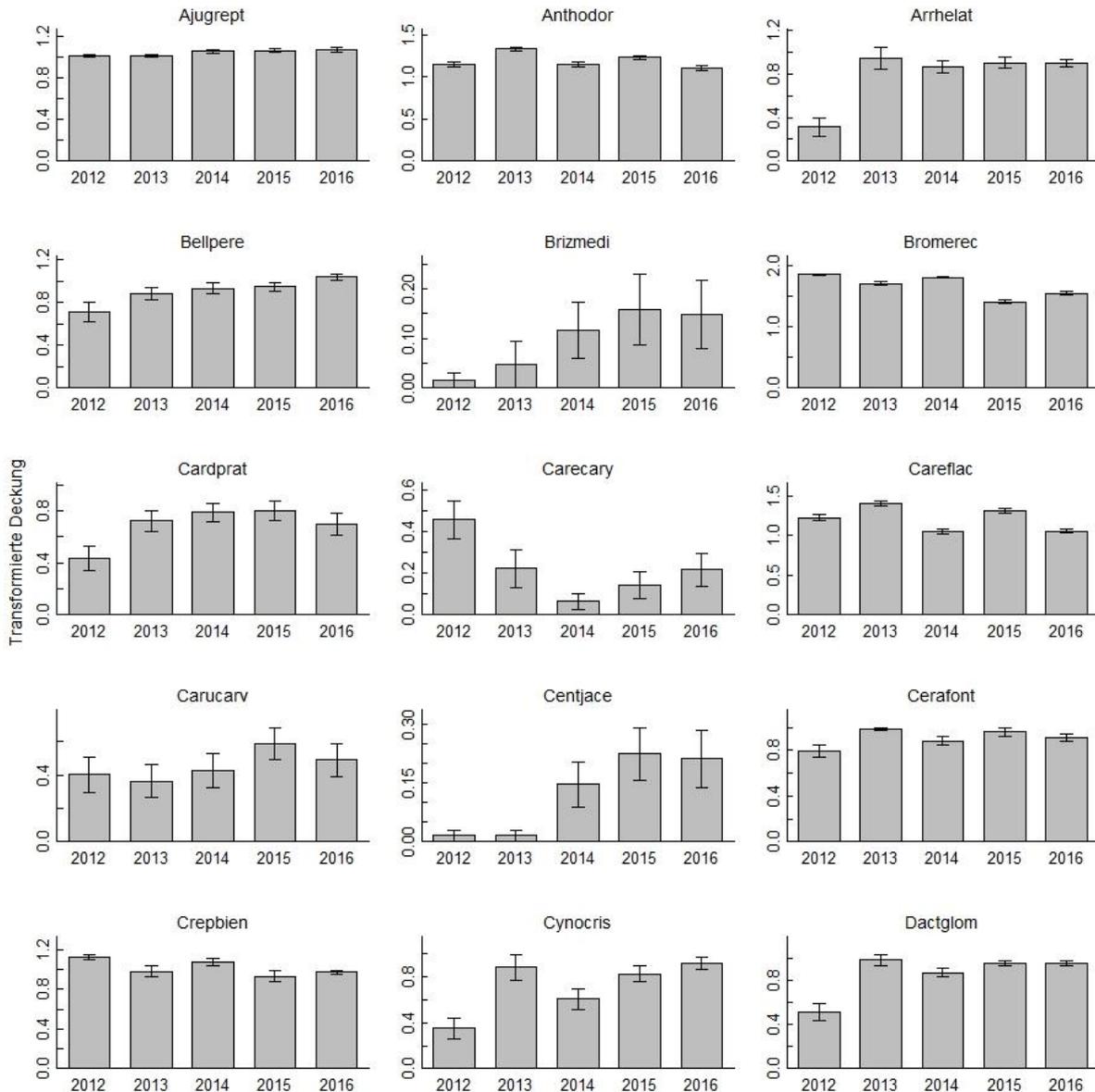
Art	Abkürzung	Deutscher Name	Artengruppe	Frequenz 2016 (% der Plots)
<i>Aceras anthropophorum</i> (L.) W. T. Aiton	Aceranth	Ohnsporn		0.0
<i>Achillea millefolium</i> agg.	Achimille	Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe	Kraut klein	50.8
<i>Agrimonia eupatoria</i> L.	Agrimill	Kleiner Odermennig	Kraut klein	22.2
<i>Ajuga reptans</i> L.	Ajugrept	Kriechender Günsel		3.2
<i>Anacamptis pyramidalis</i> (L.) Rich.	Anacpyra	Spitzorchis	Kraut klein	76.2
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	Anthodor	Duftendes Ruchgras	Gras/Segge	87.3
<i>Anthyllis vulneraria</i> s.l.	Anthvuln	Echter Wundklee	Leguminose	87.3
<i>Arabis hirsuta</i> agg.	Arabhirs	Rauhaarige Gänsekresse	Kraut klein	17.5
<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) J. & C. Presl	Arrhelat	Französisches Raygras	Gras gross	68.3
<i>Bellis perennis</i> L.	Bellpere	Massliebchen	Kraut klein	57.1
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) P. Beauv.	Bracpinn	Fieder-Zwenke	Gras gross	69.8
<i>Briza media</i> L.	Brizmedi	Mittleres Zittergras	Gras/Segge	100.0
<i>Bromus erectus</i> s.l.	Bromerec	Aufrechte Trespe	Gras gross	100.0
<i>Bupthalmum salicifolium</i> L.	Buphsali	Weidenblättriges Rindsauge	Kraut klein	11.1
<i>Carex caryophyllaea</i> Latourr.	Carecary	Frühlings-Segge	Gras/Segge	98.4
<i>Carex flacca</i> Schreb.	Careflac	Schlaffe Segge	Gras/Segge	100.0
<i>Carex montana</i> L.	Caremont	Berg-Segge	Gras/Segge	77.8
<i>Carex panicea</i>	Carepani	Hirsen-Segge		1.6
<i>Carex pilulifera</i> L.	Carepilu	Pillen-Segge		0.0
<i>Carex sylvatica</i> Huds.	Caresylv	Wald-Segge	Gras/Segge	6.3
<i>Carex tomentosa</i>	Caretome	Filz-Segge		1.6
<i>Carum carvi</i> L.	Carucarv	Kümmel		0.0
<i>Centaurea jacea</i> s.l.	Centjace	Wiesen-Flockenblume	Kraut gross	100.0
<i>Centaurea scabiosa</i> s.l.	Centscab	Skabiosen-Flockenblume	Kraut gross	22.2
<i>Cerastium fontanum</i> s.l.	Cerafont	Gemeines Hornkraut	Kraut klein	6.3
<i>Cirsium acaule</i> Scop.	Cirsacau	Stängellose Kratzdistel	Kraut klein	39.7
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	Cirsvulg	Gemeine Kratzdistel		1.6
<i>Clinopodium vulgare</i> L.	Clinvulg	Wirbeldost	Kraut klein	9.5
<i>Colchicum autumnale</i> L.	Colcautu	Herbst-Zeitlose	Kraut klein	22.2
<i>Crepis biennis</i> L.	Crepbien	Wiesen-Pippau	Kraut gross	4.8
<i>Cynosurus cristatus</i> L.	Cynocris	Wiesen-Kammgras		0.0
<i>Dactylis glomerata</i> L.	Dactglom	Wiesen-Knäuelgras	Gras gross	100.0
<i>Danthonia decumbens</i> (L.) DC.	Dantdecu	Dreizahn		0.0
<i>Daucus carota</i> L.	Daucaro	Wilde Möhre	Kraut gross	100.0
<i>Dianthus carthusianorum</i> L.	Diancart	Kartäuser-Nelke		1.6
<i>Euphorbia cyparissias</i> L.	Euphcypa	Zypressenblättrige Wolfsmilch		3.2
<i>Euphorbia verrucosa</i> L.	Euphverr	Warzige Wolfsmilch	Kraut klein	54.0
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	Festaru	Rohr-Schwingel		3.2
<i>Festuca ovina</i> bdm-agg.	Festovin	Schaf-Schwingel	Gras/Segge	66.7
<i>Festuca pratensis</i> s.l.	Festprat	Wiesen-Schwingel	Gras gross	88.9
<i>Festuca rubra</i> s.l.	Festrubr	Rot-Schwingel	Gras/Segge	9.5
<i>Galium mollugo</i> agg.	Galimoll	Wiesen-Labkraut	Kraut gross	100.0
<i>Galium pumilum</i> Murray	Galipumi	Niedriges Labkraut	Kraut klein	7.9
<i>Globularia bisnagarica</i> L.	Globbisl	Gemeine Kugelblume		3.2
<i>Helictotrichon pubescens</i> (Huds.) Pilg.	Helipube	Flaum-Wiesenhafer	Gras gross	100.0

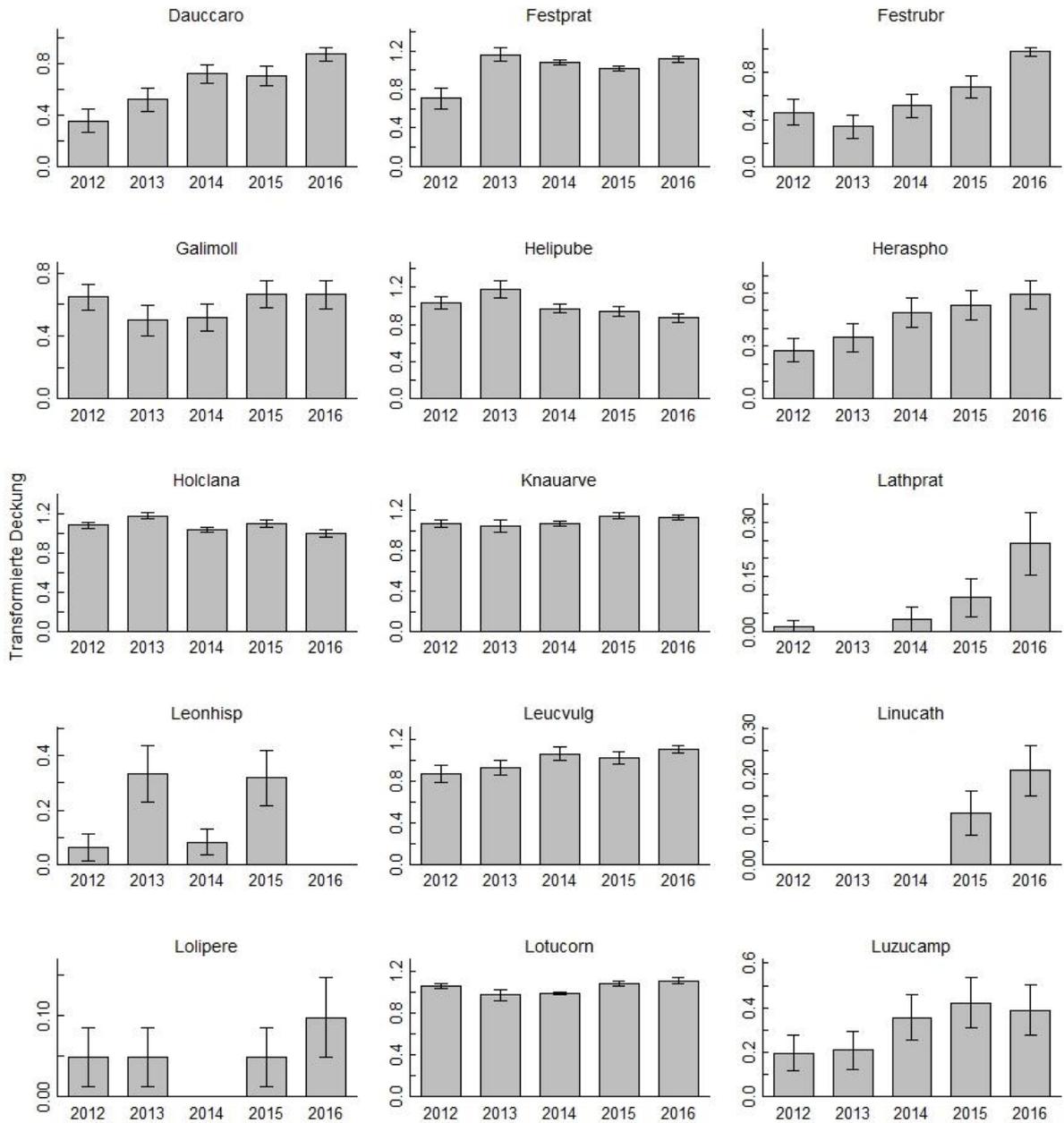
Hieracium pilosella bdm-agg.	Hierpilo	Langhaariges Habichtskraut	Kraut klein	9.5
Hippocrepis comosa L.	Hippcomo	Schopfiger Hufeisenklee	Leguminose	58.7
Holcus lanatus L.	Holclana	Wolliges Honiggras	Gras gross	60.3
Hypochoeris radicata L.	Hyporadi	Wiesen-Ferkelkraut		1.6
Knautia arvensis (L.) Coult.	Knauarve	Feld-Witwenblume	Kraut gross	100.0
Koeleria pyramidalis	Koelpyra	Pyramiden-Kammschmiele		4.8
Lathyrus pratensis L.	Lathprat	Wiesen-Platterbse	Leguminose	9.5
Leontodon hispidus s.l.	Leonhisp	Raues Milchkraut	Kraut klein	88.9
Leucanthemum vulgare agg.	Leucvulg	Wiesen-Margerite	Kraut klein	100.0
Linum catharticum L.	Linucath	Purgier-Lein	Kraut klein	98.4
Listera ovata (L.) R. Br.	Listovat	Grosses Zweiblatt		0.0
Lolium perenne	Lolipere	Englisches Raygras		3.2
Lotus corniculatus agg.	Lotucorn	Gemeiner Hornklee	Leguminose	100.0
Luzula campestris (L.) DC.	Luzucamp	Feld-Hainsimse		1.6
Medicago falcata L.	Medifalc	Gelbe Luzerne		1.6
Medicago lupulina L.	Medilupu	Hopfenklee	Leguminose	96.8
Myosotis arvensis Hill	Myosarve	Acker-Vergissmeinnicht		0.0
Onobrychis viciifolia Scop.	Onobvici	Saat-Espарette	Leguminose	100.0
Ononis repens L.	Ononrepe	Kriechende Hauhechel	Leguminose	100.0
Ophrys apifera Huds.	Ophrapif	Gewöhnliche Bienen-Ragwurz		3.2
Orchis militaris L.	Orchmili	Helm-Knabenkraut		0.0
Orchis ustulata L.	Orchustu	Schwärzliches Knabenkraut	Kraut klein	23.8
Pastinaca sativa L.	Pastsati	Pastinak		0.0
Picris hieracioides s.l.	Picrhier	Habichtskrautartiges Bitterkraut	Kraut gross	55.6
Pimpinella major (L.) Huds.	Pimpmajo	Grosse Bibernelle		1.6
Pimpinella saxifraga L.	Pimpsaxi	Gewöhnliche Kleine Bibernelle	Kraut klein	95.2
Plantago lanceolata L.	Planlanc	Spitz-Wegerich	Kraut klein	100.0
Plantago major L. s.l.	Planmajo	Breit-Wegerich		0.0
Plantago media L.	Planmedi	Mittlerer Wegerich	Kraut klein	100.0
Poa pratensis agg.	Poaprat	Wiesen-Rispengras	Gras/Segge	96.8
Polygala comosa Schkuhr	Polycomo	Schopfige Kreuzblume	Kraut klein	34.9
Potentilla neumanniana Rchb.	Poteneum	Frühlings-Fingerkraut		3.2
Primula veris L.	Primveri	Frühlings-Schlüsselblume	Kraut klein	100.0
Prunella grandiflora (L.) Scholler	Prungran	Grosse Brunelle	Kraut klein	100.0
Prunella vulgaris L.	Prunvulg	Kleine Brunelle		0.0
Ranunculus acris	Prunacr	Scharfer Hahnenfuss		3.2
Ranunculus bulbosus L.	Ranubulb	Knolliger Hahnenfuss	Kraut gross	100.0
Rhinanthus alectorolophus (Scop.) Pollich	Rhinalaec	Zottiger Klappertopf	Kraut gross	60.3
Rumex acetosa L.	Rumeacet	Wiesen-Sauerampfer	Kraut gross	19.0
Salvia pratensis L.	Salvprat	Wiesen-Salbei	Kraut gross	100.0
Sanguisorba minor s.l.	Sangmino	Kleiner Wiesenknopf	Kraut gross	100.0
Scabiosa columbaria L.	Scabcolu	Tauben-Skabiose	Kraut gross	49.2
Sedum sexangulare L.	Sedusexa	Milder Mauerpfeffer	Kraut klein	9.5
Senecio jacobaea L.	Senejaco	Jakobs Greiskraut		0.0
Silaum silaus (L.) Schinz & Thell.	Silasila	Wiesensilge	Kraut gross	7.9
Silene nutans L.	Silenuta	Nickendes Leimkraut		1.6
Taraxacum officinale aggr.	Taraoffi	Gewöhnlicher Löwenzahn		3.2
Thlaspi perfoliatum L.	Thlaperf	Stängelumfassendes Täschelkraut	Kraut klein	19.0
Thymus serpyllum agg.	Thymserp	Feld-Thymian	Kraut klein	55.6
Tragopogon pratensis s.l.	Tragprat	Wiesen-Bocksbart	Kraut gross	60.3

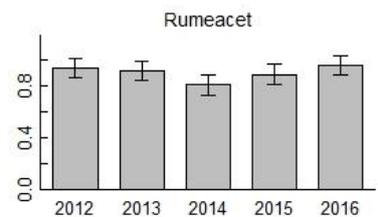
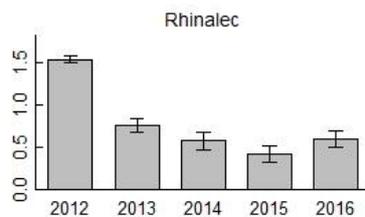
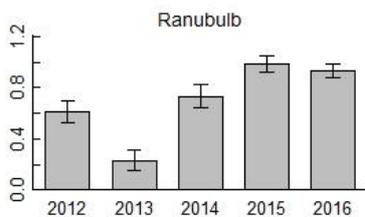
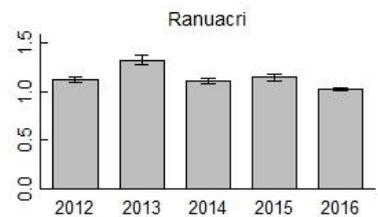
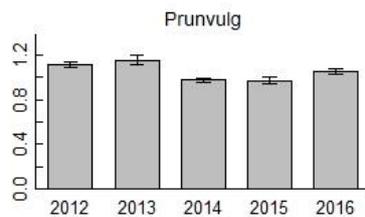
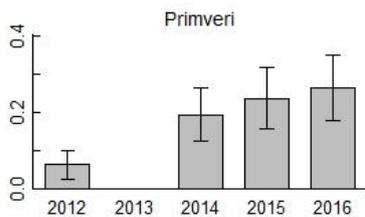
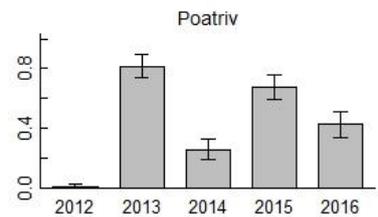
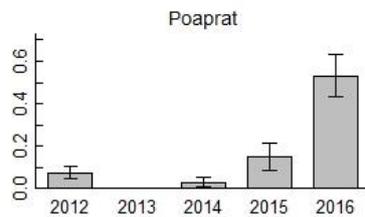
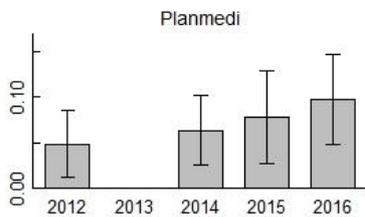
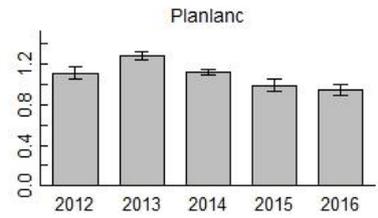
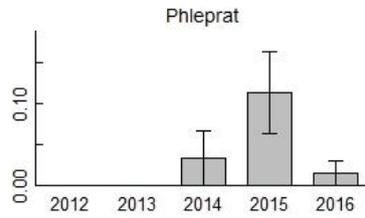
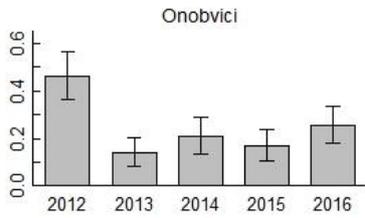
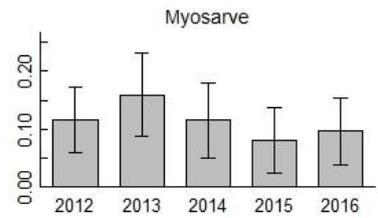
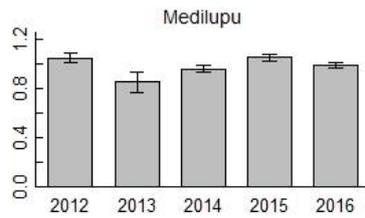
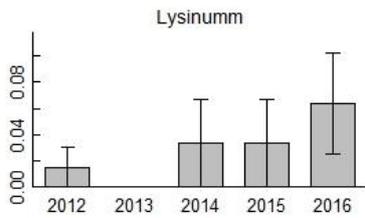
<i>Trifolium campestre</i> Schreb.	Trifcamp	Feld-Klee	Leguminose	15.9
<i>Trifolium dubium</i> Sibth.	Trifdubi	Zweifelhafter Klee		6.3
<i>Trifolium medium</i> L.	Trifmedi	Mittlerer Klee	Leguminose	31.7
<i>Trifolium montanum</i> L.	Trifmont	Berg-Klee	Leguminose	22.2
<i>Trifolium pratense</i> s.l.	Trifprat	Rot-Klee	Leguminose	98.4
<i>Trifolium repens</i> L.	Trifrepe	Kriechender Klee	Leguminose	36.5
<i>Trisetum flavescens</i> (L.) P. Beauv.	Trisflav	Wiesen-Goldhafer	Gras gross	82.5
<i>Veronica arvensis</i>	Veroarve	Feld-Ehrenpreis		1.6
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	Verocham	Gamander-Ehrenpreis	Kraut klein	74.6
<i>Veronica teucrium</i> L.	Veroteuc	Grosser Ehrenpreis		1.6
<i>Vicia cracca</i> s.l.	Vicicrac	Vogel-Wicke	Leguminose	73.0
<i>Vicia sativa</i>	Vicisati	Futter-Wicke		1.6
<i>Vicia sepium</i> L.	Vicisepi	Zaun-Wicke		0.0
<i>Viola hirta</i> L.	Violhirt	Rauhaariges Veilchen	Kraut klein	38.1

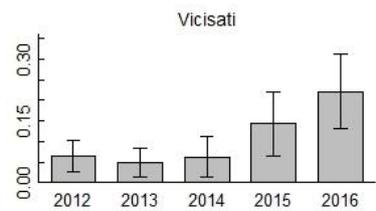
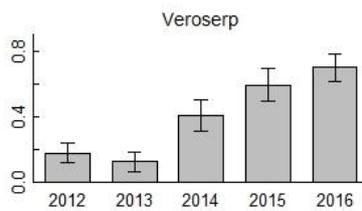
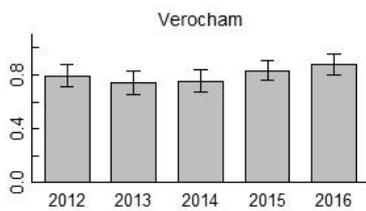
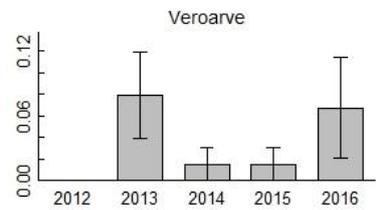
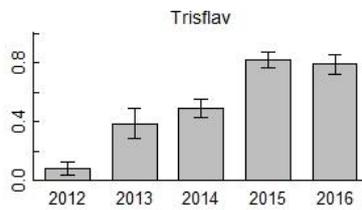
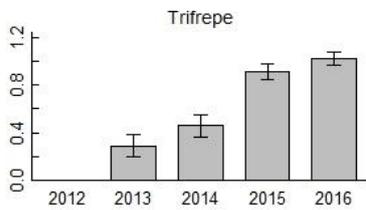
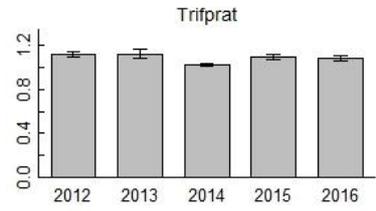
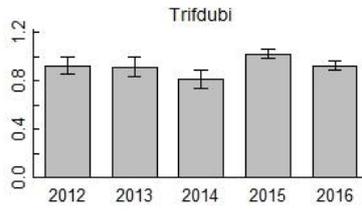
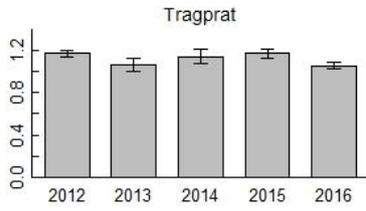
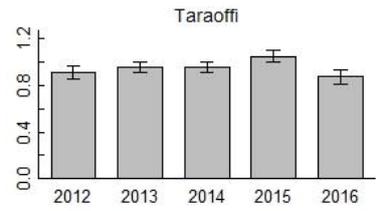
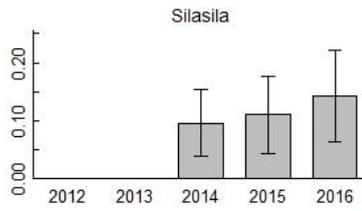
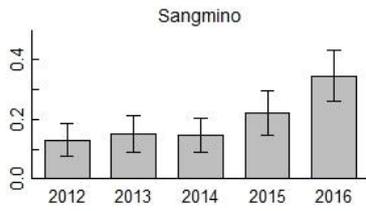
7.2 Anhang 2 Deckungsgrad Anwil im zeitlichen Verlauf

Zeitliche Entwicklung des Deckungsgrad (transformiert) in Anwil zwischen 2012 und 2016 für alle Arten. Man beachte, dass die Skala auf der y-Achse (vertikal) stark variiert.



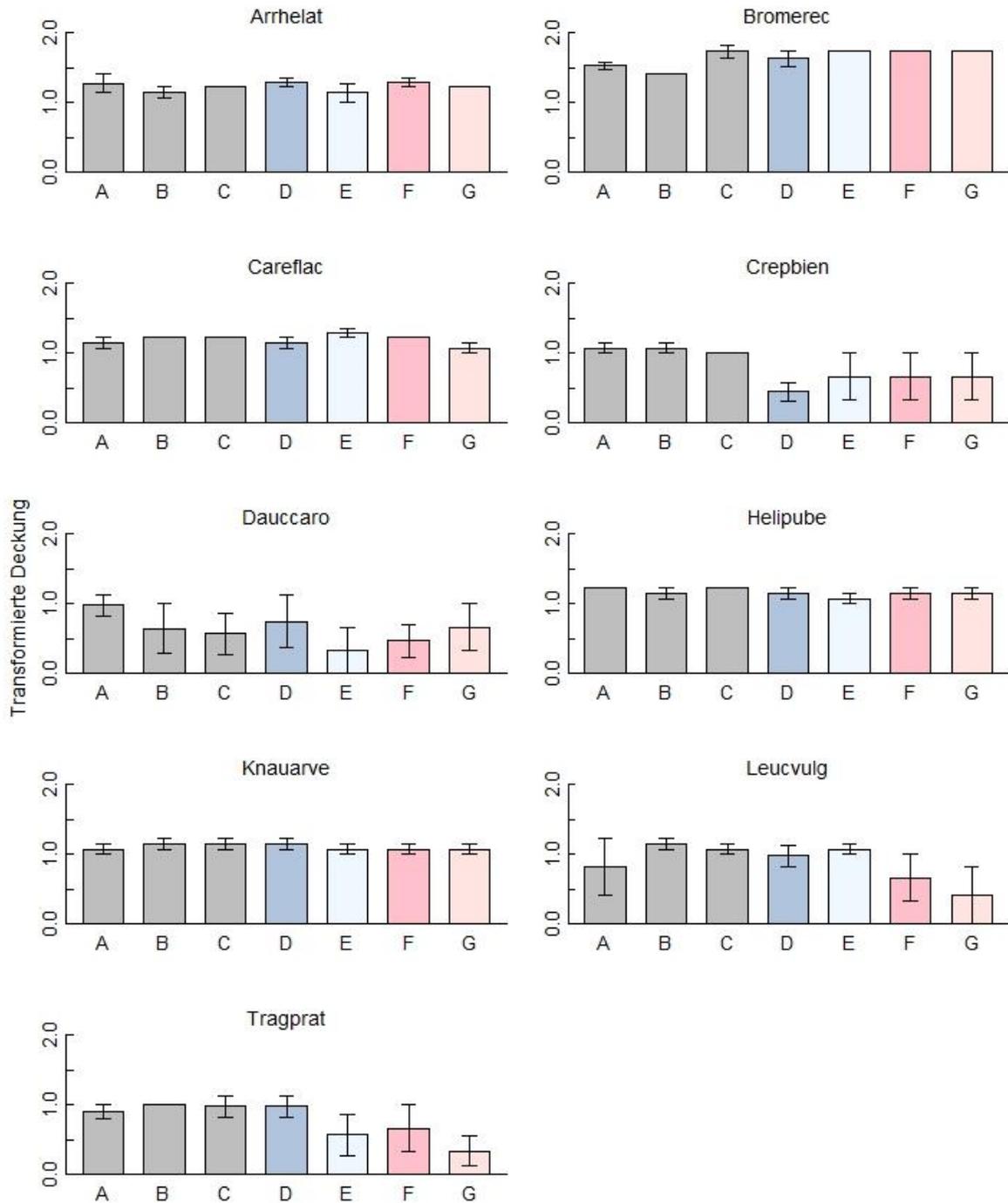






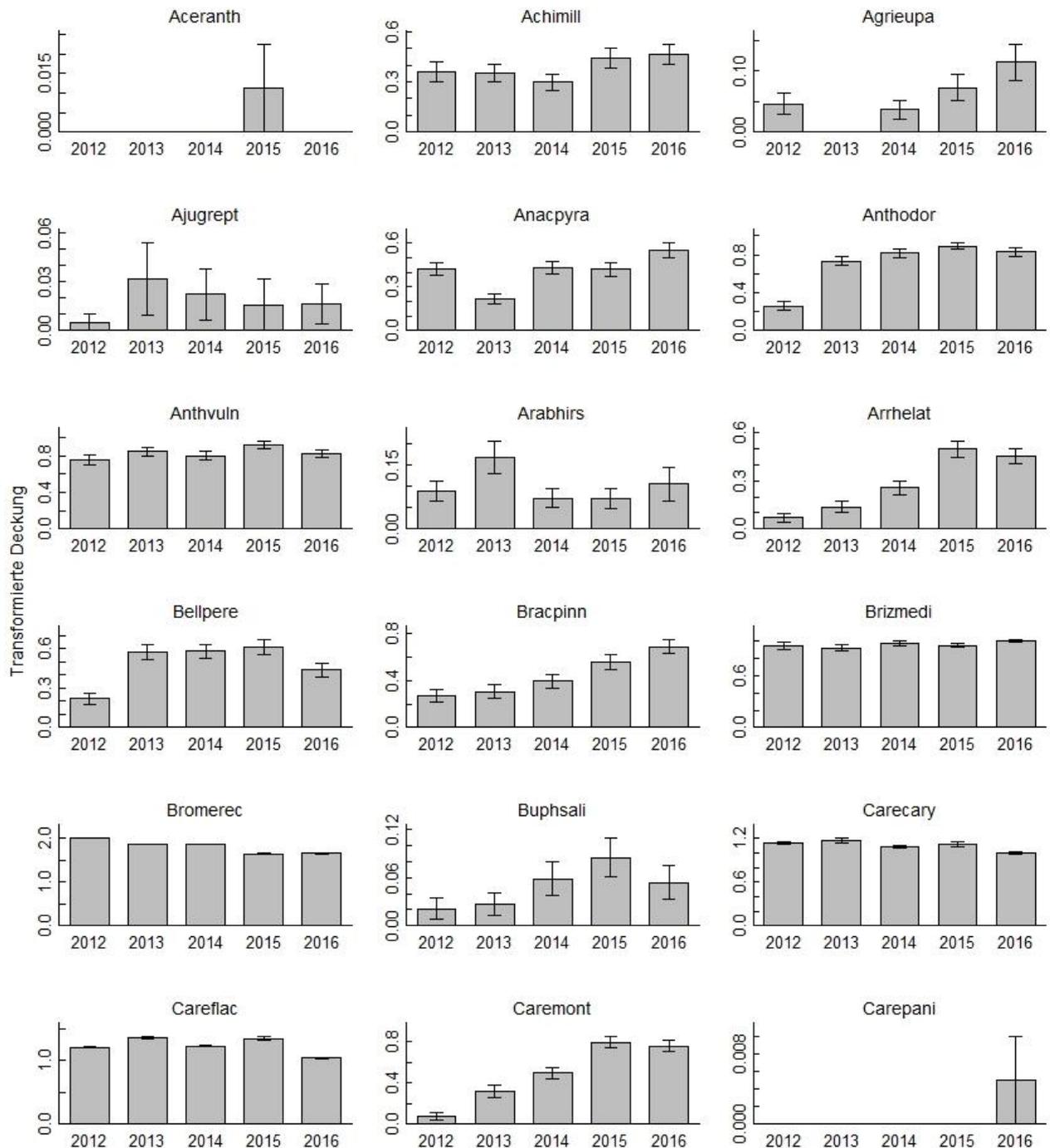
7.3 Anhang 3: Deckungsgrad Anwil 2017

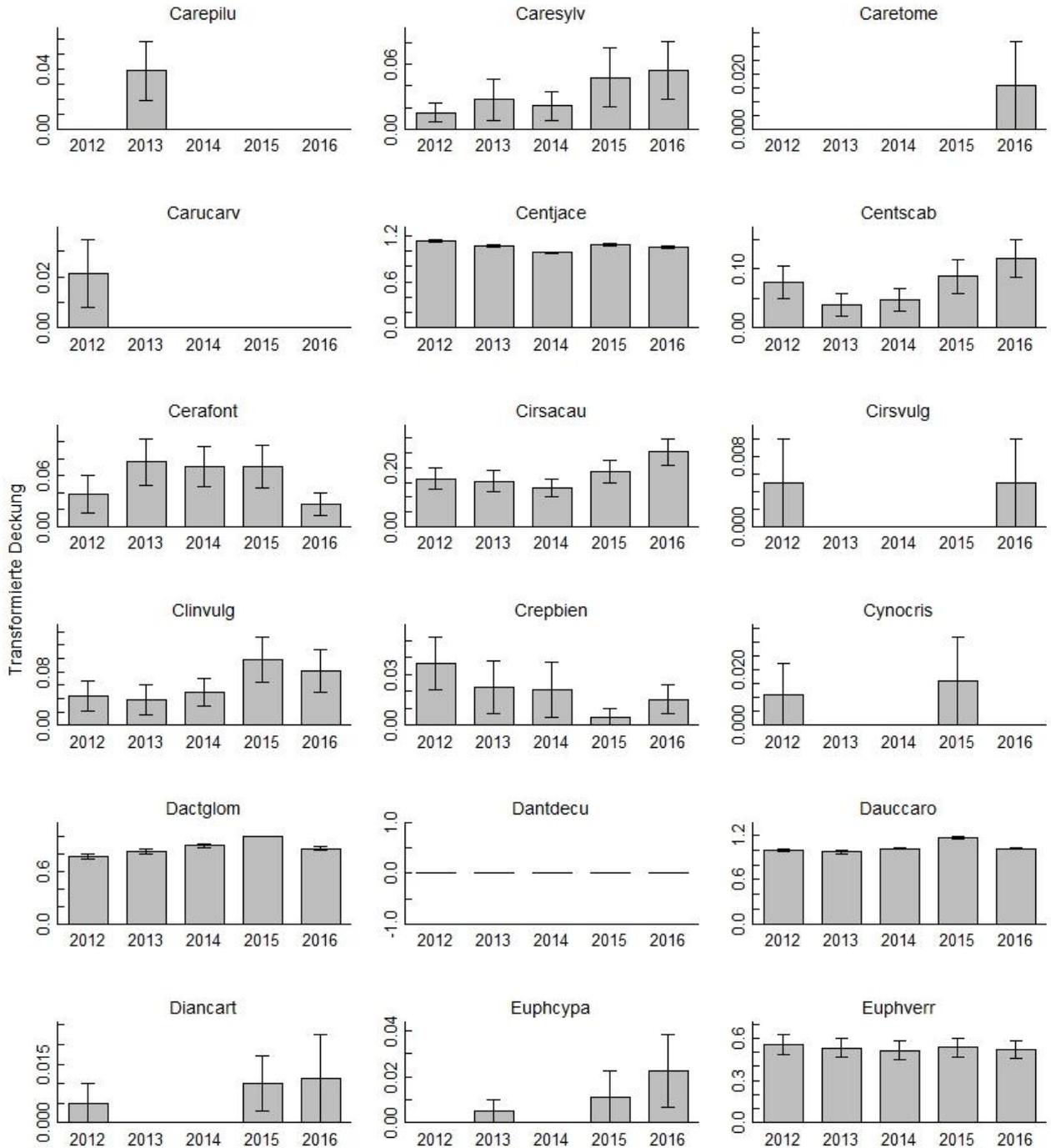
Deckungsgrad (transformiert) der Arten, welche 2017 in Anwil erhoben wurden. A-G sind die Heuschnittverfahren, siehe Kapitel 3 Methoden.

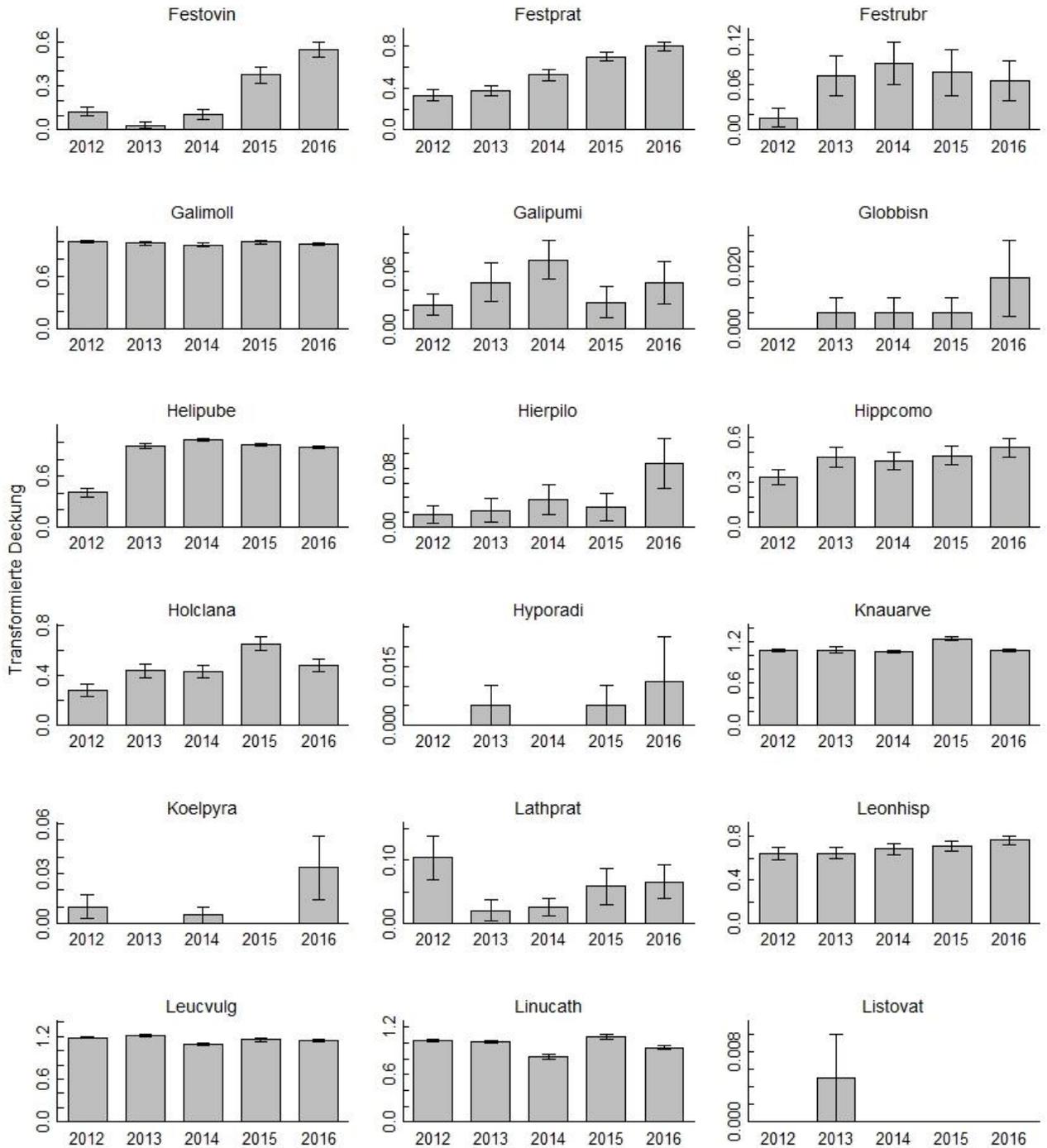


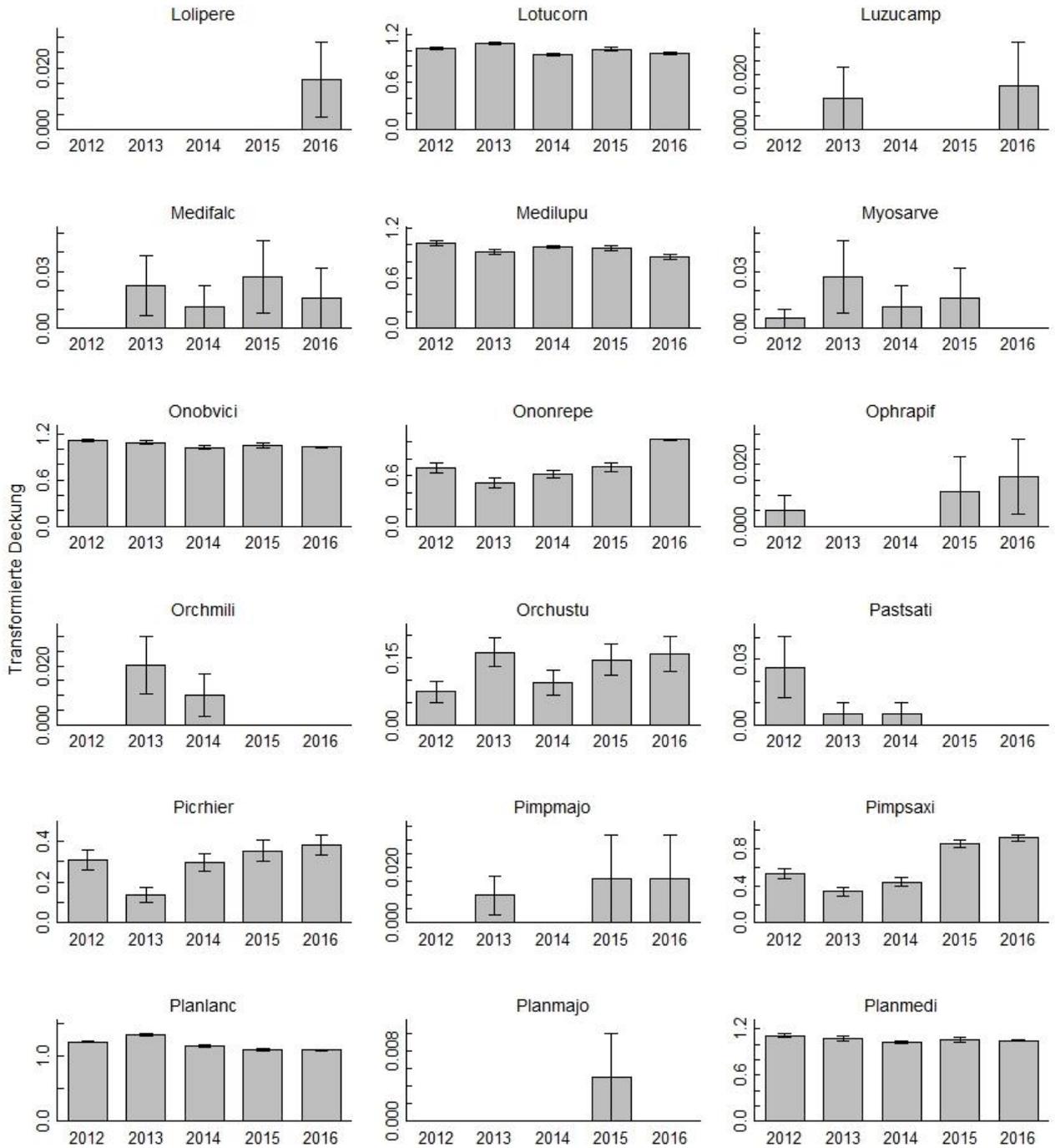
7.4 Anhang 4: Deckungsgrad zeitlicher Verlauf Biberstein

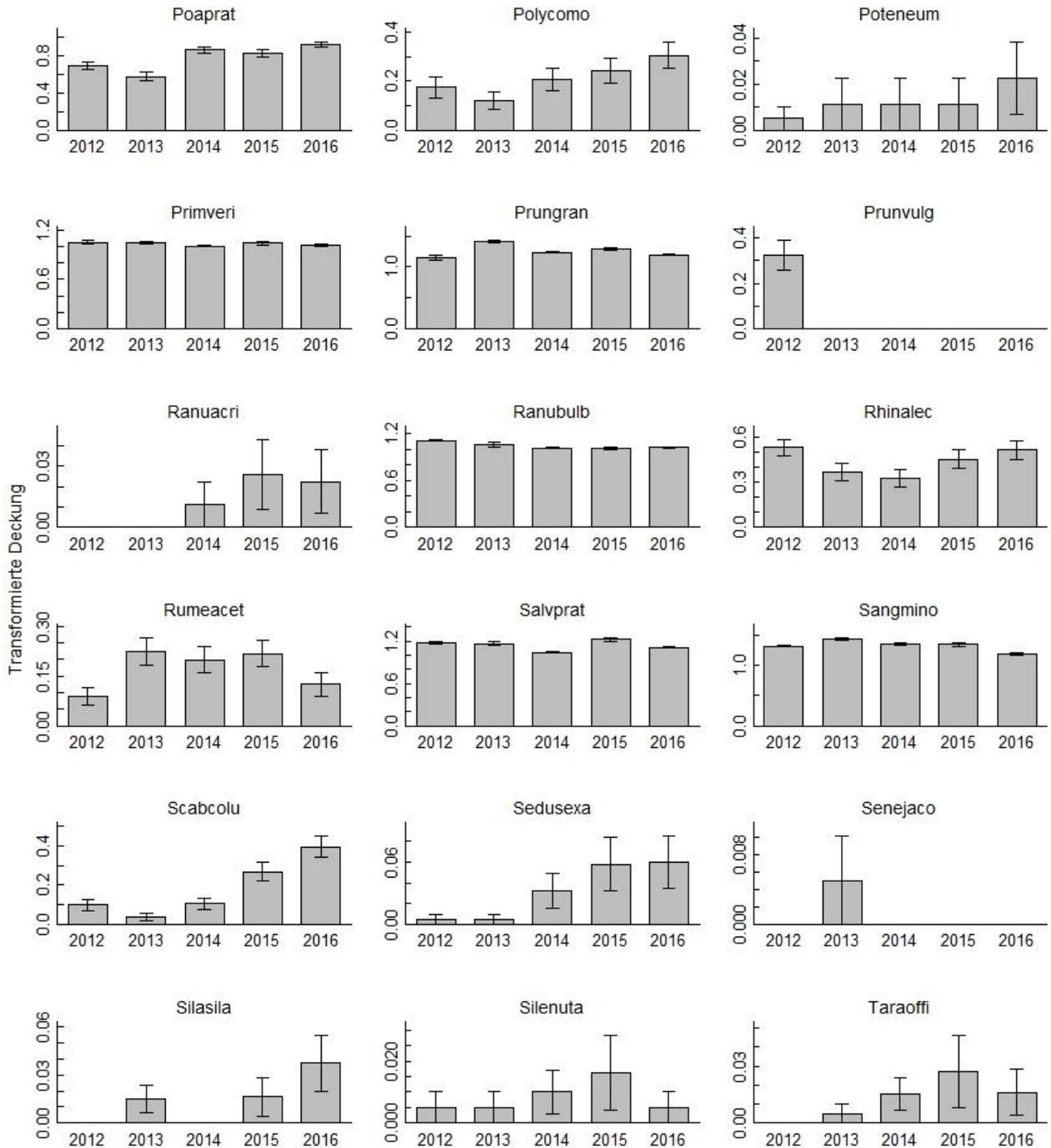
Für alle Arten in Biberstein ist hier der Deckungsgrad (transformiert) über die einzelnen Jahre eingezeichnet. Man beachte, dass die Skala der y-Achse (vertikal) je nach Art stark variiert.

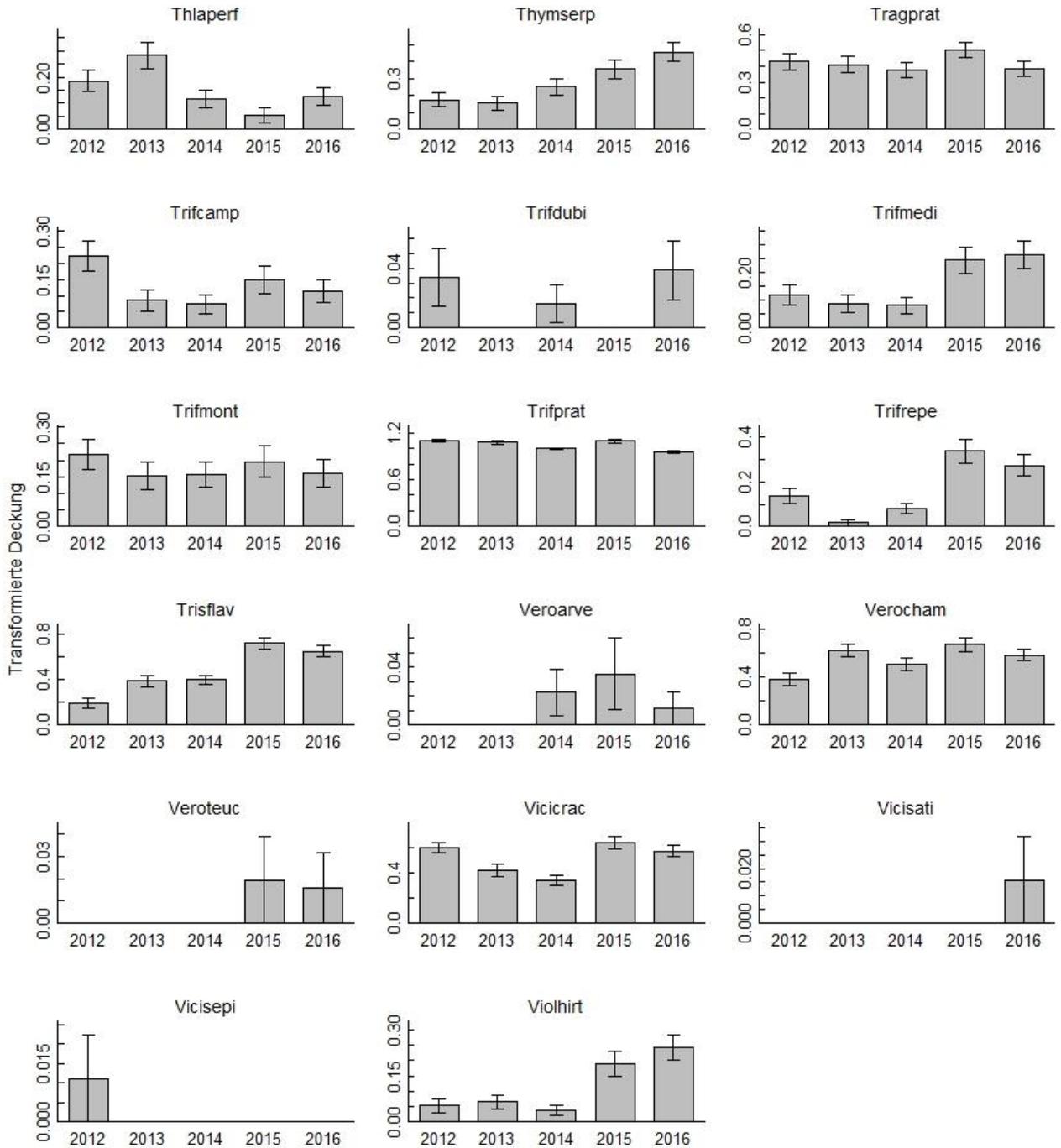






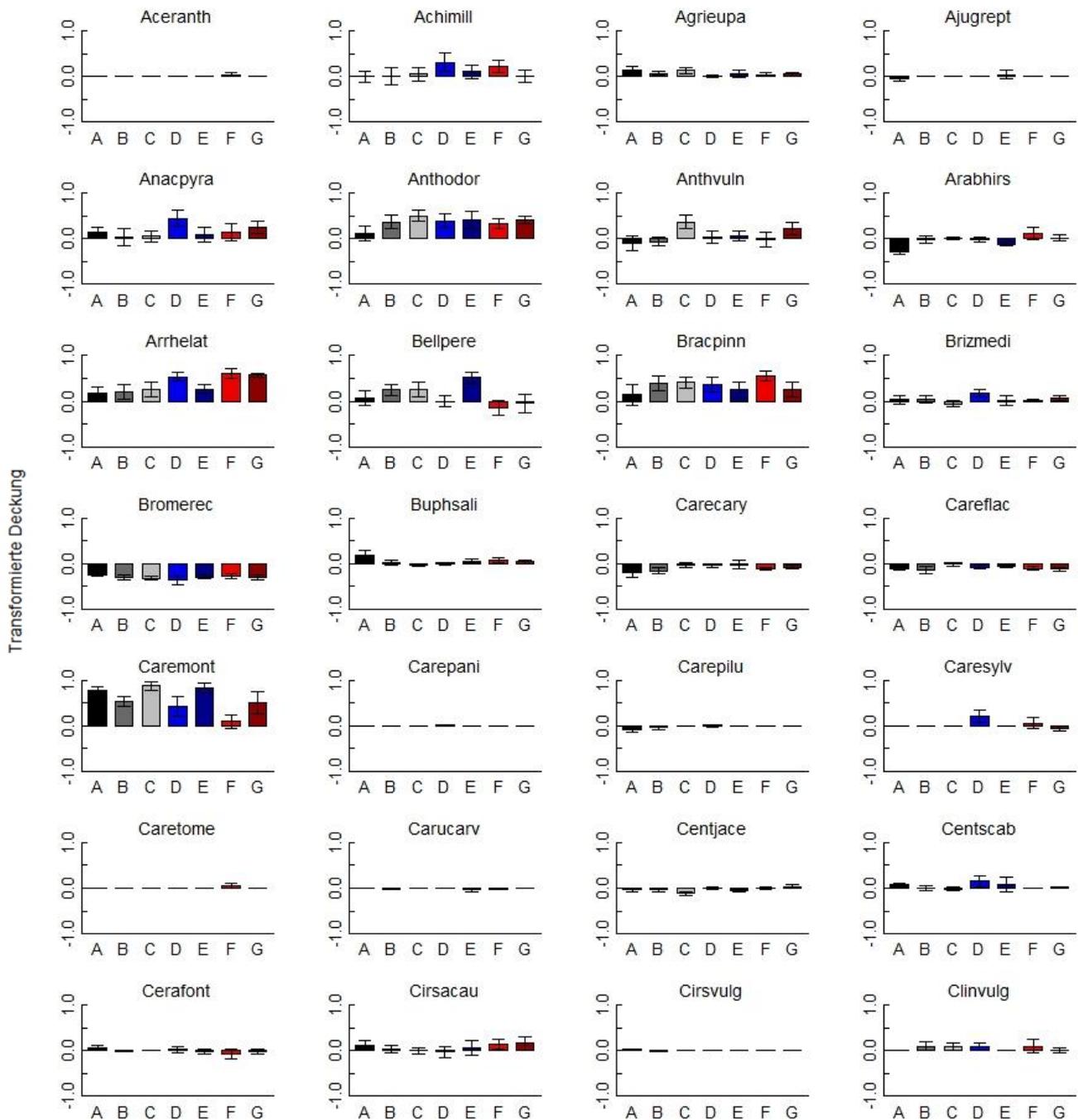


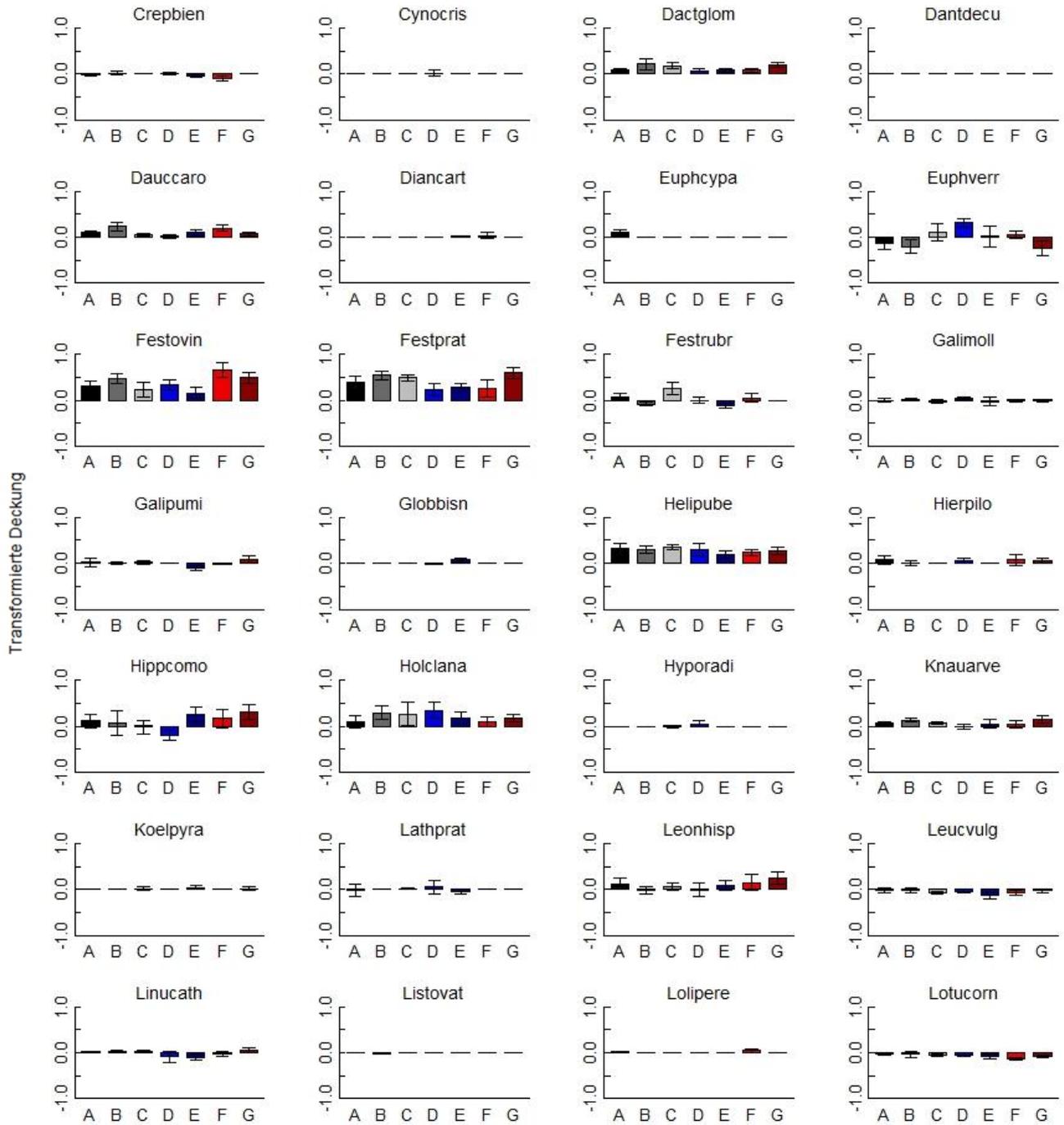


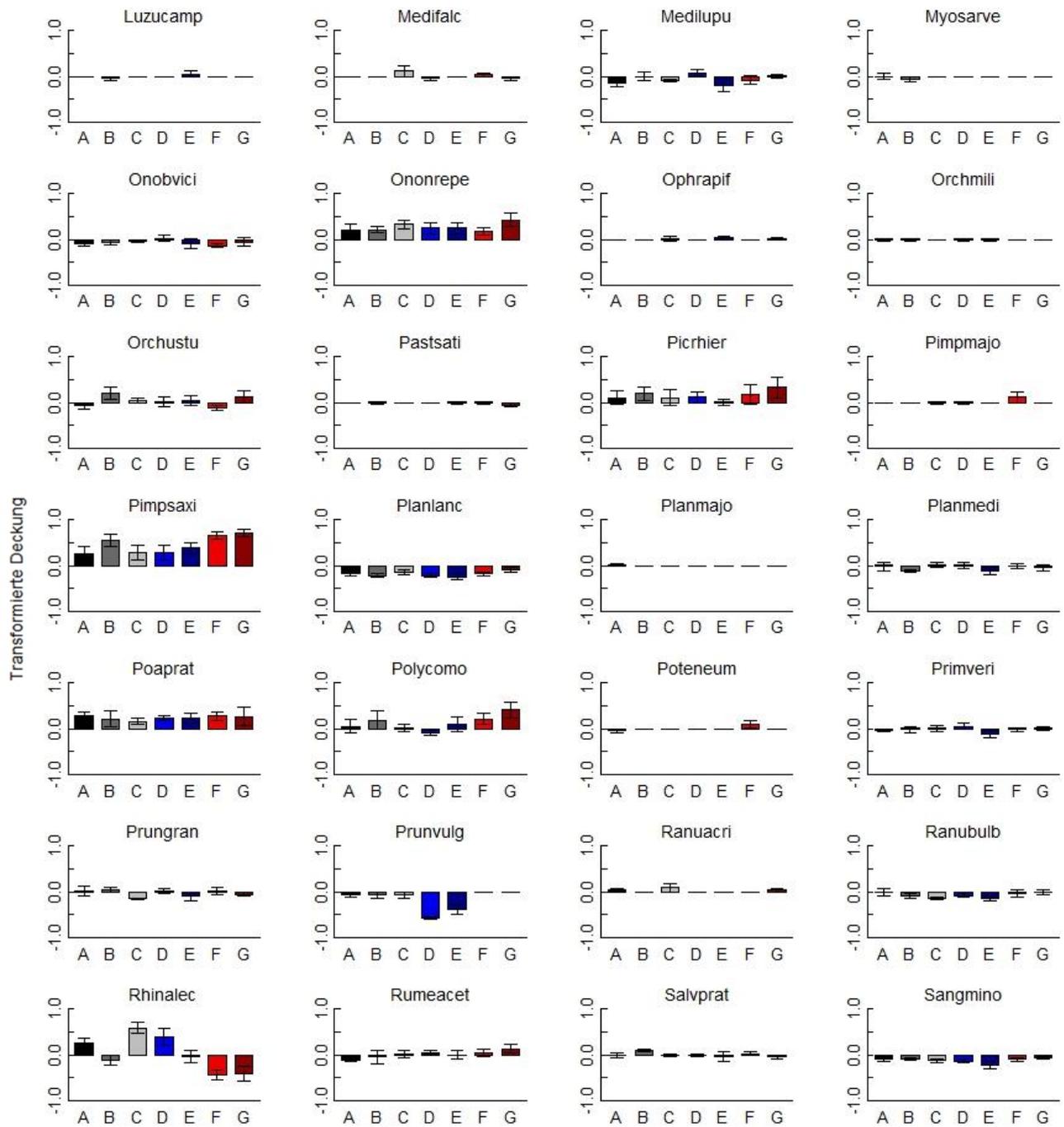


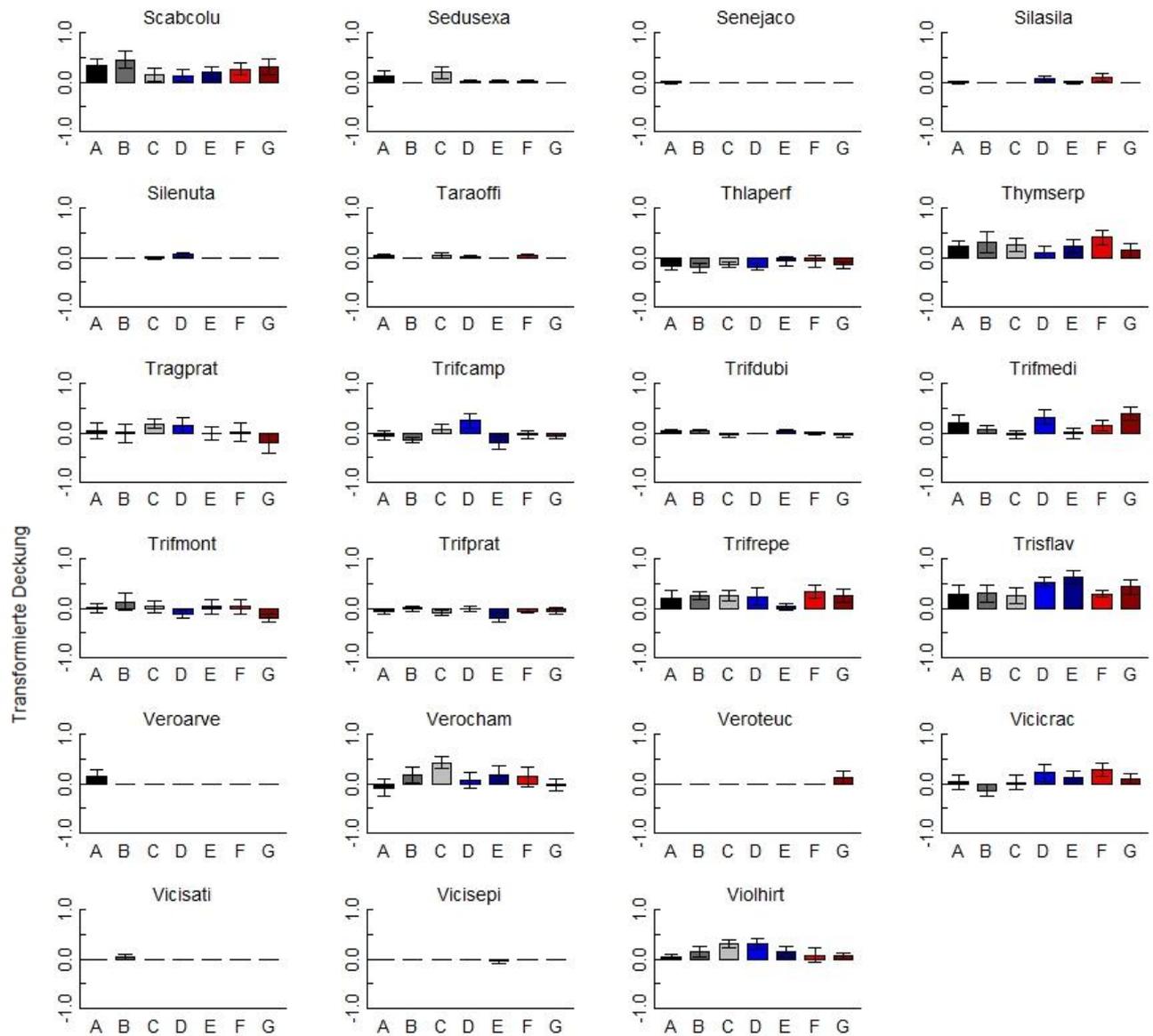
7.5 Anhang 5: Deckungsgradänderungen Biberstein Heuschnitt

Veränderung des Deckungsgrad (transformiert) zwischen 2012/13 und 2015/16. Verfahren A-C: DZV, D-E: spät Mitte Juli, F-G: früh Ende Mai, Details gemäss Kapitel 3 Methoden. Die Skala auf der y-Achse ist hier für alle Arten gleich.



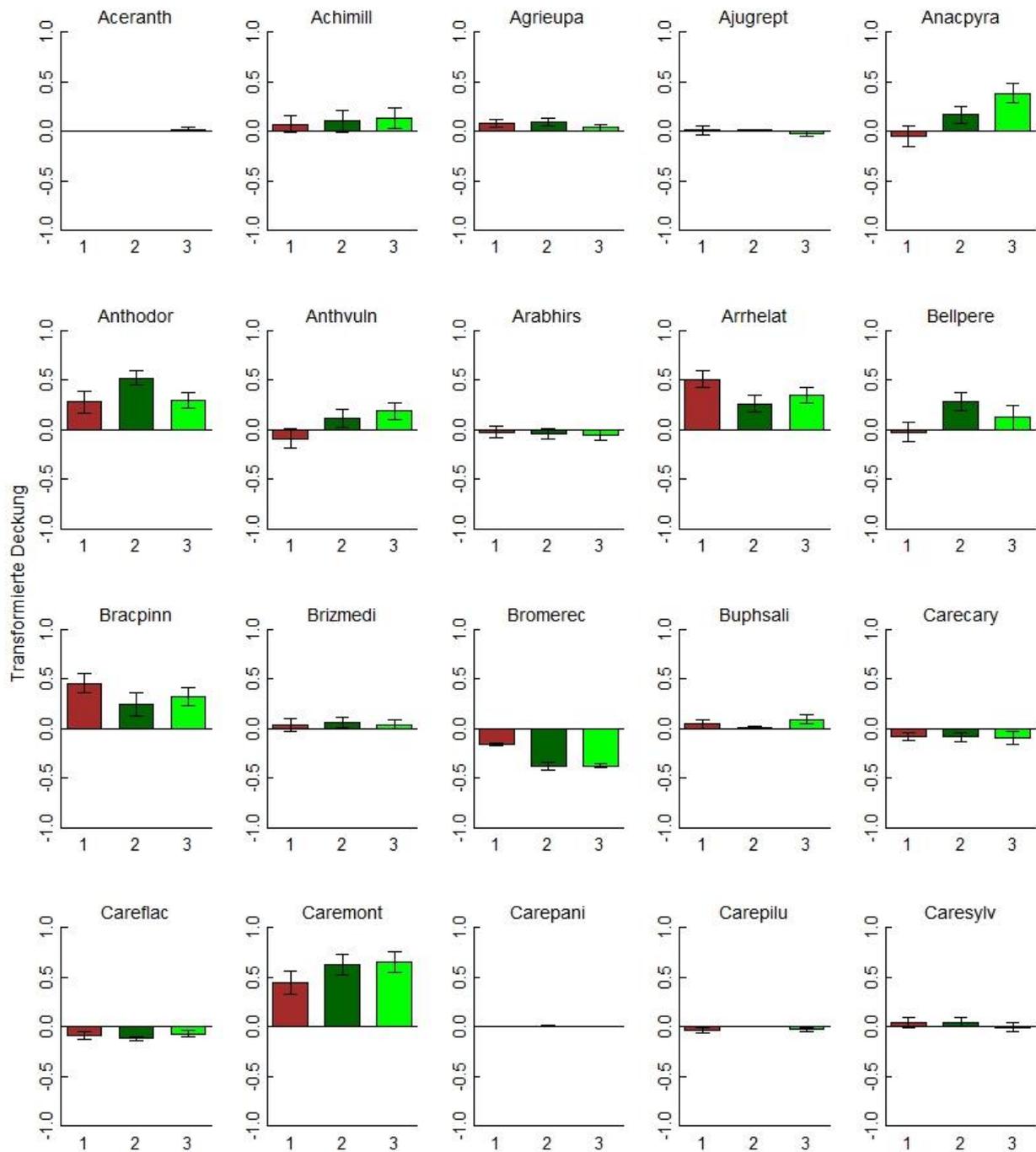


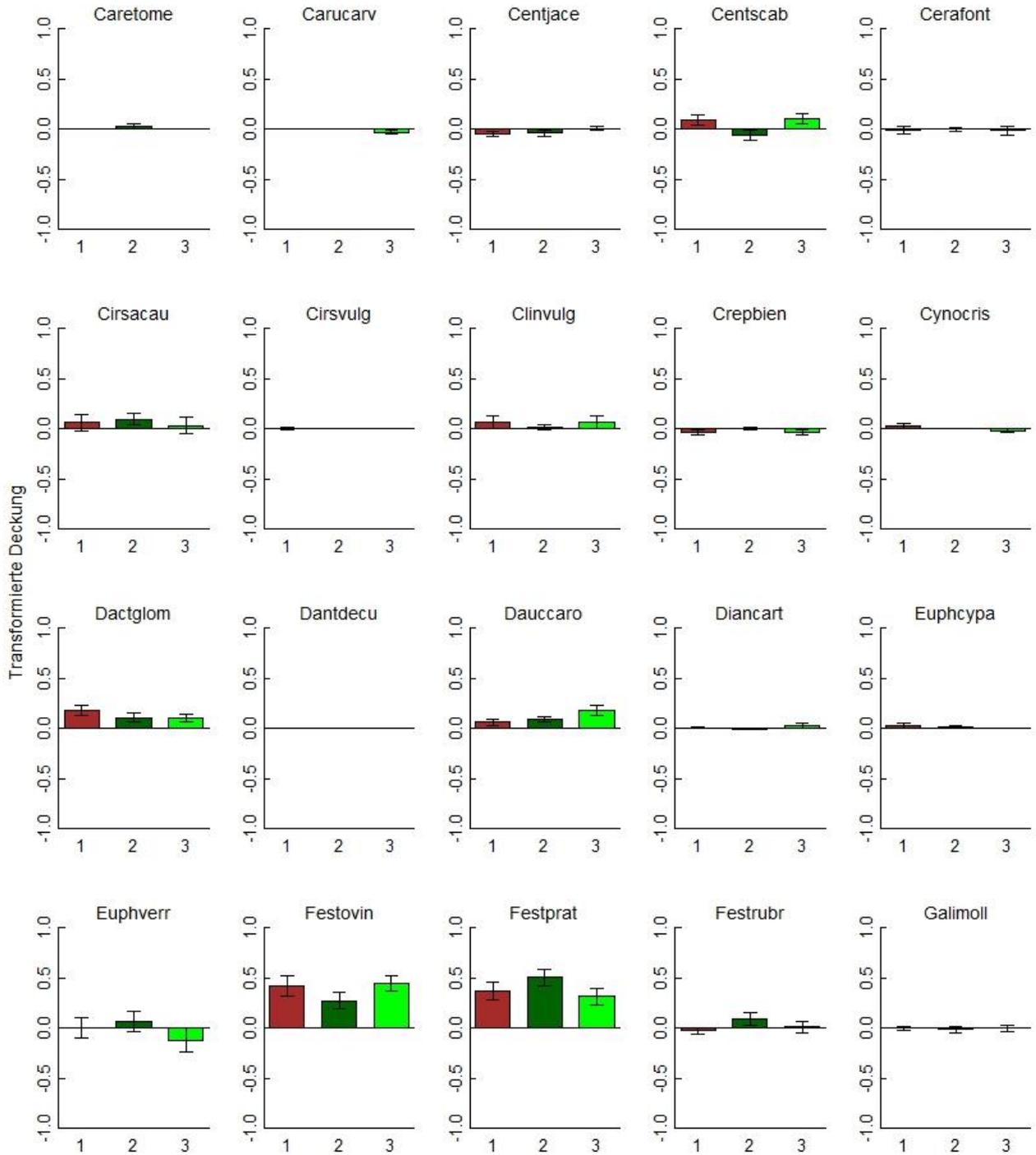


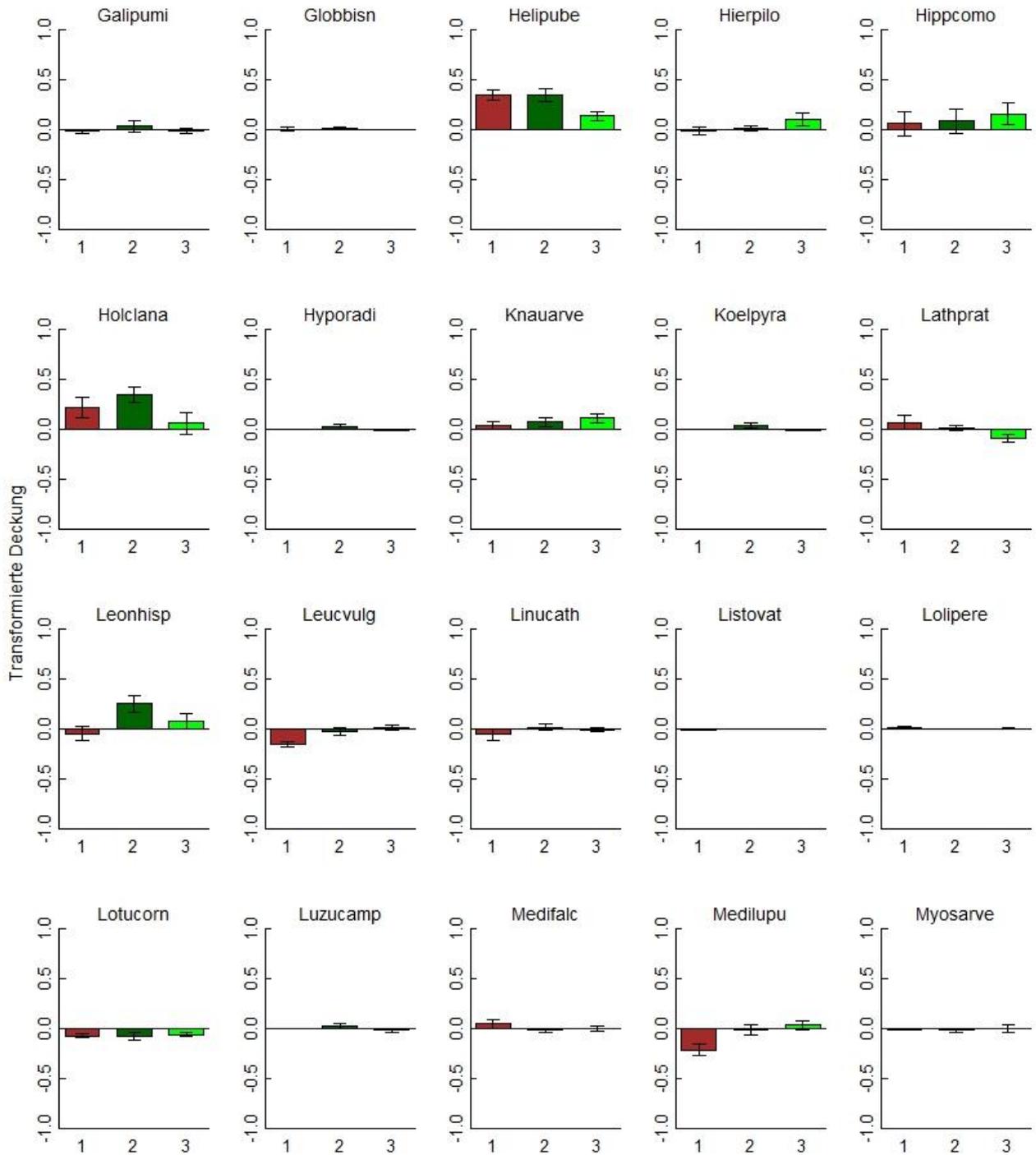


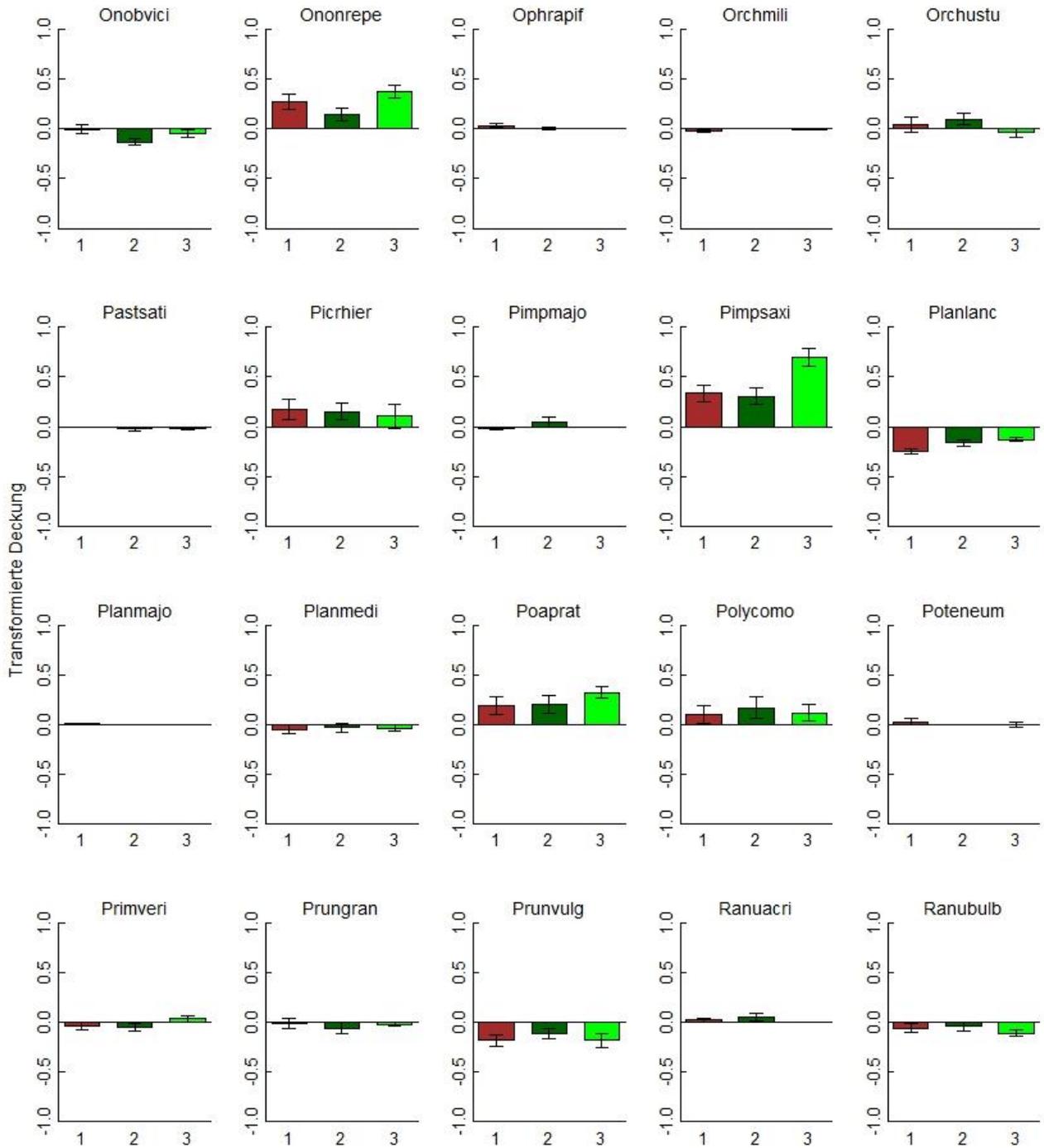
7.6 Anhang 6: Deckungsgradänderung Biberstein Emdschnitt

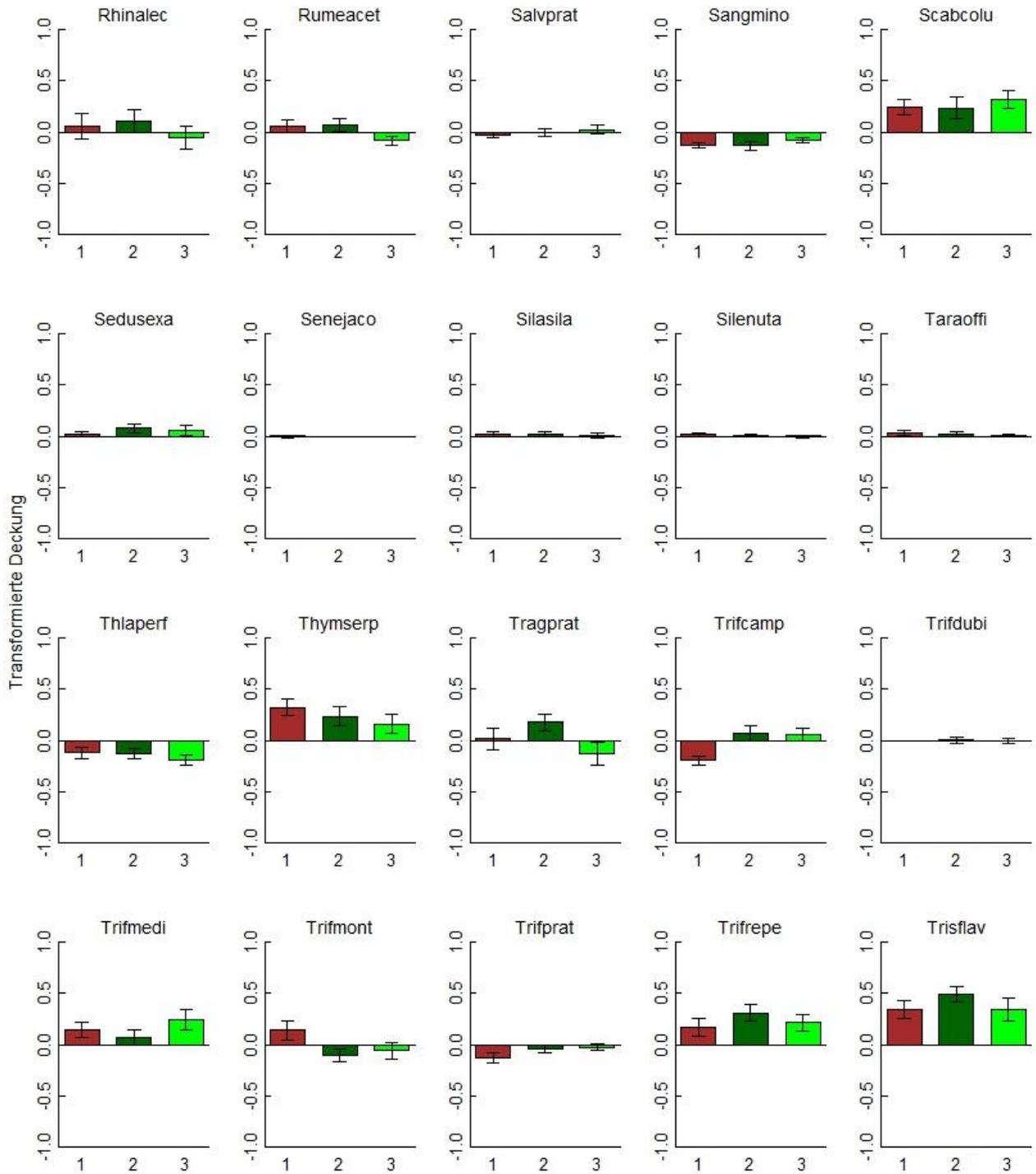
Veränderung des Deckungsgrad (transformiert) zwischen 2012/13 und 2015/16. Emdverfahren 1: kein Emd, Emdverfahren 2: Emd Mitte August, Emdverfahren 3: Emd Mitte September.

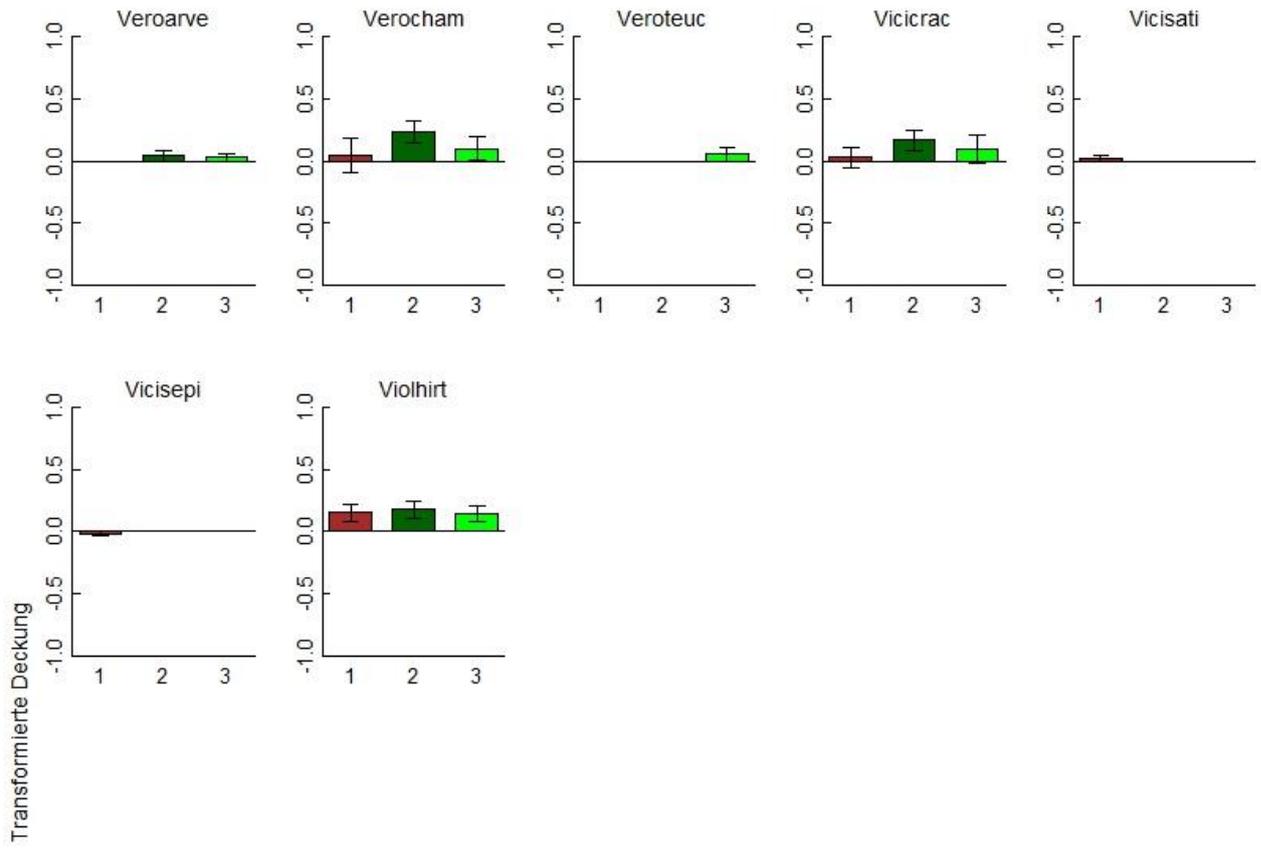












7.7 Anhang 7: Versammlungshäufigkeiten in Anwil

Versammlungshäufigkeit der Verfahren vor dem Heuschnitt in Anwil. Fehlende Daten sind mit NA angegeben. Verfahren A-C: DZV, D-E: spät Mitte Juli, F-G: früh Ende Mai, Details gemäss Kapitel 3 Methoden.

	A	B	C	D	E	F	G
Ajugrept	75	50	92	100	33	0	40
Anthodor	93	60	100	100	60	7	40
Arrhelat	75	47	88	100	64	0	35
Bellpere	83	50	100	100	33	17	50
Brizmedi	0		100	100	67	0	67
Bromerec	67	44	78	100	67	0	33
Cardprat	73	92	100	100	83	100	92
Carecary	100	100	100	100	100	100	NA
Careflac	100	83	94	100	94	89	94
Carucarv	29	0	29	40	17	0	12
Centjace	0	0	17	0	38	NA	0
Cerafont	93	60	100	100	60	33	73
Colcautu	80	100	100	100	100	100	100
Crepbien	83	67	100	100	65	0	35
Cynocris	36	30	50	100	45	0	46
Dactglom	47	31	67	100	58	0	40
Dauccaro	0	0	0	0	0	0	0
Festarun	83	50	83	100	40	0	43
Festprat	38	31	73	100	67	0	30
Festrubr	17	8	20	86	33	0	50
Galimoll	10	0	25	93	50	0	36
Helipube	81	69	100	100	69	0	29
Holclana	60	40	71	100	57	0	40
Knauarve	56	41	50	78	67	0	11
Leucvulg	36	47	56	100	65	0	38
Lotucorn	0	0	7	40	20	0	14
Luzucamp	100	100	100	NA	NA	80	100
Medilupu	15	27	43	100	50	0	18
Onobvici	50	20	67	91	67	0	50
Planlanc	80	57	69	100	50	47	71
Poaprat	100	0	100	100	50	0	75
Poatriv	50	40	88	100	50	0	42
Prunvulg	0	0	0	0	0	0	0
Ranuacri	73	60	100	100	60	0	67
Ranubulb	100	67	100	100	67	30	71
Rhinalec	67	50	92	100	45	0	50
Rumeacet	80	54	92	89	56	40	53
Sangmino	50	0	75	80	33	NA	50
Taraoffi	86	100	100	100	100	93	100
Tragprat	83	72	100	100	65	18	43
Trifdubi	38	36	60	60	33	0	8
Trifprat	53	27	73	67	29	0	47
Trifrepe	0	0	12	27	29	0	0
Trisflav	8	0	17	100	50	0	25
Verocham	67	25	67	40	29	15	44
Veroserp	100	0	0	NA	0	0	43

7.8 Anhang 8: Versamungshäufigkeit in Biberstein

Tabelle zu den Versamungshäufigkeiten der einzelnen Arten in Biberstein. Fehlende Daten sind mit NA angegeben. Verfahren A-C: DZV, D-E: spät Mitte Juli, F-G: früh Ende Mai, Details gemäss Kapitel 3 Methoden.

		Anteil der Flächen und Jahre mit Versamungshäufigkeit in Prozent vor dem Heuschnitt										
Artkürzel	In Abhängigkeit vom Heuschnittverfahren							In Abhängigkeit vom Emdschnittverfahren				
	A	B	C	D	E	F	G	Kein	Früh	Spät		
Anacpyra	13	9	29	91	53	0	22	Anacpyra	28	23	30	
Anthodor	76	73	100	100	63	36	77	Anthodor	79	75	70	
Anthvuln	81	69	100	100	67	2	38	Anthvuln	62	61	65	
Arabhirs	100	100	100	100	100	86	100	Arabhirs	100	100	94	
Arrhelat	85	65	94	100	25	14	45	Arrhelat	69	58	51	
Bellpere	75	65	100	100	50	21	48	Bellpere	55	63	62	
Bracpinn	0	0	11	63	29	0	58	Bracpinn	18	24	24	
Brizmedi	53	42	80	100	64	0	41	Brizmedi	55	56	53	
Bromerec	54	37	70	100	67	0	31	Bromerec	48	47	47	
Carecary	100	98	100	100	100	100	100	Carecary	99	100	100	
Careflac	100	96	100	100	98	100	100	Careflac	99	99	99	
Caremont	96	75	91	100	87	83	93	Caremont	92	85	92	
Centjace	2	2	9	69	58	0	11	Centjace	25	20	20	
Centscab	0	0	0	5	0	NA	0	Centscab	0	11	0	
Dactglom	50	34	80	100	59	0	40	Dactglom	50	52	52	
Dauccaro	0	2	0	0	0	2	0	Dauccaro	2	0	0	
Euphverr	78	70	92	95	56	28	60	Euphverr	67	69	69	
Festovin	100	20	100	90	0	0	58	Festovin	35	50	42	
Festprat	68	54	90	100	36	0	50	Festprat	58	55	54	
Galimoll	36	21	51	75	59	0	9	Galimoll	35	38	36	
Helipube	76	44	100	100	58	0	44	Helipube	60	59	59	
Hippcomo	74	35	86	33	44	0	42	Hippcomo	49	45	43	
Holclana	61	52	95	100	41	14	41	Holclana	54	54	53	
Knauarve	41	37	51	94	67	0	31	Knauarve	45	42	45	
Leonhisp	33	35	48	44	31	10	20	Leonhisp	26	29	41	
Leucvulg	34	30	49	100	66	2	32	Leucvulg	44	43	42	
Linucath	79	57	98	100	50	0	42	Linucath	58	62	61	
Lotucorn	12	18	33	60	40	0	16	Lotucorn	23	25	28	
Medilupu	49	23	76	97	36	0	31	Medilupu	40	49	40	
Onobvici	80	67	100	100	66	0	37	Onobvici	63	63	63	
Ononrepe	0	0	0	0	0	0	0	Ononrepe	0	0	0	
Orchustu	100	9	100	100	11	NA	46	Orchustu	30	38	27	
Picrhier	0	0	0	69	33	6	39	Picrhier	21	18	20	
Pimpsaxi	8	0	0	0	3	8	8	Pimpsaxi	5	5	2	
Planlanc	93	78	96	100	80	58	82	Planlanc	85	83	84	
Planmedi	14	5	20	49	37	0	19	Planmedi	16	21	24	
Poaprat	73	48	100	97	63	0	45	Poaprat	59	60	63	

Polycomo	0	7	0	NA	30	0	18	Polycomo	0	15	19
Primveri	83	77	83	93	95	100	100	Primveri	86	93	92
Prungran	0	0	0	0	0	0	0	Prungran	0	0	0
Ranubulb	98	79	100	100	73	36	69	Ranubulb	81	77	78
Rhinaltec	67	55	87	100	50	0	8	Rhinaltec	67	72	62
Rumeacet	50	20	80	62	17	15	43	Rumeacet	48	38	29
Salvprat	79	63	96	98	65	2	35	Salvprat	61	62	63
Sangmino	83	67	100	100	67	6	41	Sangmino	65	64	65
Scabcolu	0	6	0	0	0	0	0	Scabcolu	6	0	0
Thlaperf	100	100	100	100	100	100	100	Thlaperf	100	100	100
Tragprat	65	68	88	100	60	29	38	Tragprat	63	66	60
Trifcamp	29	17	67	100	54	0	0	Trifcamp	50	47	36
Trifmont	27	10	50	100	47	0	0	Trifmont	30	27	36
Trifprat	43	38	73	98	59	0	33	Trifprat	48	49	50
Trifrepe	7	0	0	30	0	0	0	Trifrepe	7	7	4
Trisflav	46	29	70	100	50	0	33	Trisflav	48	50	42
Verocham	17	30	44	71	15	12	48	Verocham	41	33	25
Vicicrac	0	0	0	3	8	7	0	Vicicrac	2	6	2

Anteil der Flächen und Jahre mit Versammlungshäufigkeit in Prozent vor dem Emdschnitt

Artkürzel	In Abhängigkeit vom Heuschnittverfahren							In Abhängigkeit vom Emdschnittverfahren		
	A	B	C	D	E	F	G	kein	früh	spät
Agrieupa	40	75	56	50	20	100	50	64	31	85
Centjace	73	71	67	29	37	78	62	71	37	72
Cirsacau	71	80	50	0	0	17	62	44	33	62
Dauccaro	64	60	62	36	53	70	67	71	26	80
Galimoll	54	52	57	47	59	76	58	74	32	69
Knauarve	23	18	17	11	20	44	26	31	5	32
Leonhisp	71	67	62	30	34	86	62	69	38	71
Leucvulg	40	51	36	5	7	37	26	31	17	40
Linucath	80	60	67	0	33	82	54	58	62	57
Lotucorn	49	53	52	56	39	26	46	46	27	68
Ononrepe	26	46	42	0	10	26	22	28	5	39
Picrhier	62	57	50	15	33	95	53	79	27	77
Pimpsaxi	15	29	18	11	16	27	17	28	0	30
Planlanc	28	18	17	11	8	18	6	29	6	11
Planmedi	91	86	75	64	83	91	80	92	54	99
Prungran	45	45	42	36	41	53	53	62	10	66
Scabcolu	10	45	45	0	30	29	26	34	9	39
Thymserp	18	10	17	0	0	31	17	28	0	21
Trifprat	75	61	60	45	52	61	53	53	41	80
Trisflav	44	43	14	15	9	17	17	38	0	20