



Einfluss verschiedener Schnittregime auf das Blütenangebot einer Magerwiese mit zwei Schnitten am Jura-Südfuss in Biberstein AG



Ursina Studer

Bachelorarbeit

BSc Geowissenschaften

Januar 2018

Betreuung:

Dr. Stefanie von Fumetti, Universität Basel (stefanie.vonfumetti@unibas.ch)

Jonas Landolt, Agrofutura AG, Brugg (landolt@agrofutura.ch)

Titelbild: Aufnahme vom Feld in Biberstein am 18. Juli 2017. Die braunen Flächen gehören zu den noch nicht gemähten Blöcken von den Verfahren D und E mit spätem Heuschnitt Mitte Juli. (Bild: Ursina Studer)

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Dr. Stefanie von Fumetti für ihre Betreuung der universitären Seite. Sie ermöglichte diese Arbeit durch ihre Offenheit, ihr Vertrauen und ihre Geduld.

Jonas Landolt von der Agrofutura AG gilt ebenfalls ein besonderer Dank für seine Initiative und Idee zu dieser Arbeit. Ohne sein Wissen und seiner Unterstützung im Feld und bei der Datenauswertung wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen.

Bei Natalie Lack möchte ich mich für die spontane und inspirierende Zusammenarbeit bedanken. Ihren Assistenten Philipp Meyer, Nando Docci, Jakob Hütter und Pascal Greutmann gilt auch ein spezieller Dank für die Extrafahrten, die sie jeweils auf die Versuchsfläche machten, um für diese Arbeit die Drohnenbilder zu gewinnen.

Anja Trachsel möchte ich auch herzlich danken für ihre vielfältigen Ideen und ihren stets kritischen und guten Ratschlägen, welche mich auf viele gute Pfade während dieser Arbeit gebracht haben.

Lucas Blatter, Robert Spirig und Lotta Schiendorfer möchte ich für ihre Geduld bei der Erklärung verschiedener Programme und für ihr Mitdenken danken.

Zuletzt bedanke ich mich auch bei Florian Bärtschi für die helfende Hand im Feld und natürlich meinem Vater für die Unterstützung beim Korrekturlesen.

Abstract

Der Rückgang der Artenvielfalt auf den Schweizer Magerwiesen beschäftigt den Naturschutz und die Politik nun schon seit mehreren Jahren. Die Einflüsse, die zu dem Rückgang führen, sind sehr vielseitig und teils durch menschliches Wirken bedingt. Wie sich das Schnittregime u.a. auf die floristische Artenzusammensetzung auf den Magerwiesen auswirkt, wird seit längerem untersucht. Studien weisen darauf hin, dass eine Verspätung des durch die Direktzahlungsverordnung (DZV) festgelegten ersten Schnittzeitpunktes (15. Juni) zum Erhalt der Artenvielfalt beitragen kann. Wie sich verschiedene Schnittregime (Heu- und Emdschnitt) auf die pflanzliche Artenzusammensetzung einer Magerwiese am Jura-Südfuss in Biberstein AG auswirken, wird in einem Langzeitprojekt der Agrofutura AG aus Brugg untersucht. Im Rahmen dieses Projektes wurden für die vorliegende Bachelorarbeit die Anzahl Blüten aller Flächen vor jedem Schnittzeitpunkt 2017 (drei Heuschnittvarianten Ende Mai, Mitte Juni und Mitte Juli sowie zwei Emdschnittvarianten früh Mitte August und spät Mitte September) erhoben, um zu untersuchen, welchen Einfluss die unterschiedlichen Schnittregime auf das Blütenangebot haben. Zusätzlich wurde die Versuchsfläche im Mai, Juni und Juli drei Mal mit einer Drohne befliegen, um mit den Luftbildern die manuell erhobenen Daten zu ergänzen und mögliche Ähnlichkeiten in den Daten zu finden. Während des Versuchs wurden Blüten von 44 tierbestäubten Arten gezählt. Sowohl die manuellen Daten als auch die Informationen der Drohnenbilder zeigen, dass sich vor allem der späte Emdschnitt positiv auf die Blütenanzahl auswirkt. Auf den spät geemdeten Flächen blühten während des Sommers 2017 signifikant mehr Pflanzen als auf den nicht geemdeten Flächen. Diese Erkenntnis stellt die Wichtigkeit eines zweiten Schnittes in eine neue Relation, da dessen Einfluss bisher noch nicht intensiv untersucht wurde. Vergleicht man die gesamte Anzahl der Blüten auf den Blöcken der Heuschnittvarianten, wurden auf den frühen, Ende Mai geschnittenen Blöcken während des Versuches die meisten Blüten gezählt. Diese Felder zeigen jedoch durch den frühen Schnitt bereits eine Tendenz zum Verlust der früh blühenden Arten, was aus Sicht des Naturschutzes nicht sehr ideal ist. Auf den Blöcken, die spät Mitte Juli geschnitten wurden, blühte die geringste Anzahl Pflanzen. Dafür wurden von den, für diese Arbeit relevanten Arten, die meisten auf diesen spät geschnittenen Blöcken gezählt. Dies könnte ein Hinweis sein für die Tendenz, dass sich ein später Heuschnitt positiv auf die Artenvielfalt auswirkt. Mit der Erhebung des Blütenangebotes konnten neue Erkenntnisse zum Einfluss der unterschiedlichen Schnittregime gewonnen werden, wobei zu dieser Art von Kartierung noch weitere Untersuchungen ausstehen, um vergleichbare Daten zu gewinnen.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	4
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	6
1. Einleitung	7
2. Material & Methoden	9
2.1 Untersuchungsgebiet	9
2.2 Versuchsdesign	11
2.3 Feldarbeit	12
2.4 Kartierung des Blütenangebotes	14
2.4.1 Manuelle Erhebung	14
2.4.2 Drohnen-Befliegung	15
2.5 Datenanalyse	17
2.5.1 Manuell erhobene Daten	17
2.5.2 Drohnendaten	18
3. Ergebnisse	19
3.1 Manuell erhobene Daten	19
3.1.1 Blütenangebot und Artenzusammensetzung	19
3.1.2 Monatliche Erhebungen	21
3.1.3 Heuschnittverfahren	24
3.1.4 Emdschnittverfahren	26
3.1.5 Krautgruppen	27
3.2 Drohnenbilder / VARI & NDVI	29
4. Diskussion	32
5. Literaturverzeichnis	38
Anhang	40

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lage der Versuchsfläche in Biberstein (map.geo.admin.ch)

Abb. 2: Das Versuchsdesign (*Landolt* 2017)

Abb. 3: Aufnahme der Fläche C3 am 31. Mai

Abb. 4: Aufnahme von gut erkennbaren, nicht geemdeten Flächen am 12. Juni

Abb. 5: Aufnahme von der Drohnen-Befliegung am 17. Mai

Abb. 6: Die zeitliche Veränderung der Artenzusammensetzung während des Versuches

Abb. 7: Blütenanzahl der Erhebung im Mai

Abb. 8: Blütenanzahl der Erhebung im Juni

Abb. 9: Blütenanzahl der Erhebung im Juli

Abb. 10: Blütenanzahl der Erhebung im August

Abb. 11: Blütenanzahl der Erhebung im September

Abb. 12: Blütenanzahl auf den Heuschnittblöcken mit dem Schnitt nach DZV ab 15. Juni

Abb. 13: Blütenanzahl auf den Heuschnittblöcken mit spätem Schnitt Mitte Juli

Abb. 14: Blütenanzahl auf den Heuschnittblöcken mit frühem Schnitt Ende Mai

Abb. 15: Blütenanzahl aller Emdschnittflächen

Abb. 16: Blütenanzahl der kleinen Kräuter

Abb. 17: Blütenanzahl der grossen Kräuter

Abb. 18: Blütenanzahl der Leguminosen

Abb. 19: VARI am 17. Mai

Abb. 20: NDVI am 17. Mai

Abb. 21: NDVI am 20. Juni

Abb. 22: NDVI am 17. Juli

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Genaue Daten zu den vorgesehenen und tatsächlichen Schnittzeitpunkten, Erhebungen und Drohnen-Befliegungen

Tab. 2: Art-Aggregate

Tab. 3: Die signifikanten Werte der Indices NDVI und VARI zwischen den verschiedenen Emdschnittverfahren für jede Befliegung

1. Einleitung

Artenreiche Magerwiesen prägen seit vielen Jahrhunderten das Landschaftsbild der Schweiz. Am häufigsten gedeihen sie auf nährstoffarmen Kalkrohöden, welche im Jura weit verbreitet sind. Vor ungefähr 6'000 Jahren sorgten menschliche Aktivitäten für ihr Entstehen, da die langsam sesshaft werdenden Menschen begannen, landwirtschaftliche Flächen durch Rodung der Wälder zu gewinnen. Ein davor von Wald bedecktes Mitteleuropa verwandelte sich über die Jahrhunderte in ein Mosaik aus vielfältigen Kulturlandschaften, wie z.B. Äcker, Wiesen und Weiden (*Klaus et al.* 2001). Heute gehören die Magerwiesen zu den artenreichsten Ökosystemen Mitteleuropas (*Oppermann & Gujer* 2003). Diese Wiesen wurden traditionell jährlich geschnitten, um Futter für das Vieh zu gewinnen. Der Hofdünger wurde jedoch hauptsächlich auf den intensiv genutzten Flächen ausgebracht und den Magerwiesen wurden nur Nährstoffe entzogen und selten welche zurückgeführt, was ihren weiteren Bestand ermöglichte (*Wassmer* 2004). Die wachsenden Viehbestände und die Intensivierung der Landwirtschaft verdrängten jedoch allmählich diese wertvollen Wiesen (*Oppermann & Gujer* 2003). Vielfach wurden sie durch die Intensivierung häufiger geschnitten (3-4 Schnitte pro Jahr), was zur Veränderung der Artenzusammensetzung beitrug, da sich viele Arten mit längeren Vegetationsperioden zwischen den Schnitten nicht mehr versamen konnten und somit über die Jahre aus den Wiesen verdrängt wurden (*Oppermann & Gujer* 2003). Landwirte verschoben unter anderem den ersten Schnitt von der relativ späten Nutzung auf den vergleichsweise frühen Silageschnitt im Frühling, da die Futterqualität des ersten Aufwuchses einer Magerwiese mit zunehmender Vegetationszeit stark abnimmt und die Landwirte mit der Verfrühung des ersten Schnittes keine Qualitätseinbussen in Kauf nehmen müssen, um akzeptable Leistungen in der intensiven Tierhaltung zu erzielen (*Isselstein* 1998). Neben diesen Ereignissen waren auch die Aufforstung, die räumliche Isolierung und die Brachlegung mit folgender Verbuschung Faktoren, die zum Verlust und zur Fragmentierung sowie zum Rückgang der Artenvielfalt auf den verbleibenden Flächen führten (*Poschlod & Schumacher* 1998). Wo früher die kleinbäuerliche Landwirtschaft, welche durch ihre Bewirtschaftung die Flora- und Faunavielfalt schuf und pflegte und dadurch für die Erhaltung des vielfältigen Grünlandes sorgte, fehlten zunehmend Anreize, diese traditionelle Pflege weiterhin zu bewerkstelligen. Ohne diese war es jedoch schwierig, den naturschützerisch wertvollen Teil des europäischen Kulturerbes zu bewahren. Allmählich wurde dem Naturschutz und der Politik bewusst, welchen Wert solche Flächen haben. Dass vor allem die artenreichen und bunten Wiesen eine wichtige Rolle als Nektar- und Nahrungslieferant unzähliger Insekten spielen (*Briemle* 1998). Diese wiederum sind u.a. als Bestäuber ein

wichtiger und unverzichtbarer Bestandteil der Landwirtschaft. Da die Artenvielfalt der Insekten eng an die Artenvielfalt der Pflanzen gekoppelt ist, wurde immer deutlicher, dass zum Erhalt dieser dem Rückgang der Artenvielfalt besonders auf den Magerwiesen entgegengesteuert werden muss. Dafür wurde Anfang der 90er Jahre im Zuge der schweizerischen Ökologisierung eine Direktzahlungsverordnung (DZV) geschaffen, durch welche Bauern einen Verdienst erhalten, wenn sie sich weiterhin um die Pflege dieser rar gewordenen, ertragsarmen Grünflächen kümmern (*Oppermann & Gujer* 2003). Durch die DZV gibt es nun klare Einteilungen des Grünlandes in verschiedene Wiesentypen und angepasste Vorschriften für die Pflege der jeweiligen, sogenannte „ökologische Leistungsnachweise“. Entscheidet sich ein Landwirt für eine Direktzahlung durch das Einhalten dieser Leistungsnachweise, bindet er sich mit einem Vertrag an die Vorschriften, der bis zu acht Jahren laufen kann. Diese Verträge führten in den letzten Jahren aber dazu, dass alle Landwirte ihre Magerwiesen gleich während der ersten Schönwetterperiode nach dem 15. Juni (geregelter Schnittzeitpunkt nach DZV) mähten. Dies führte jeweils zu einem grossflächigen Einschnitt im Nahrungsangebot für die Bestäuber, da diese in kürzester Zeit keine für sie wichtigen blühenden Wiesen mehr vorfanden. Diese plötzliche Homogenisierung der Landschaft wirkt sich kontraproduktiv auf die Erhaltung der Biodiversität aus (*Buri* 2013). Seit geraumer Zeit widmen sich deshalb verschiedene Wissenschaftler der Frage, wie sich das Schnittregime genau auf die artenreichsten Wiesen auswirkt und ob eine Flexibilisierung des fixen Schnittzeitpunktes nach DZV die negativen Folgen der Homogenisierung vermindern könnten, damit die botanische und faunistische Artenvielfalt auf diesen Wiesen gesichert, bzw. verbessert werden kann (*Köhler* 2001, *Buri* 2013, *Ryf* 2013). Die Agrofutura AG startete 2011 zu diesem Thema ein Projekt. Sie untersuchen während sechs Jahren (2012 - 2018) die Auswirkung verschiedener Schnittvarianten (Heu- und Emdschnitt, wobei die Emd ein zweiter Schnitt im Spätsommer ist) auf die Artenzusammensetzung einer Fromentalwiese in Anwil BL sowie einer Magerwiese in Biberstein AG. Dabei wird hauptsächlich untersucht, welchen Einfluss die Schnittregime auf die botanische Artenvielfalt der Wiese haben (*Ryf* 2013). Im Rahmen dieses Projektes wurde für die vorliegende Bachelorarbeit im Jahr 2017 das Blütenangebot aller Flächen erhoben. Es wurde untersucht, wie sich die Schnittregime auf das Blütenangebot auswirken und ob schon nach den ersten fünf Jahren des Versuches Unterschiede zwischen den Flächen der verschiedenen Schnittregime zu erkennen sind. Um die manuell erhobenen Daten ergänzen und vergleichen zu können, wurde die Versuchsfläche zusätzlich dreimal mit einer Drohne befliegen.

2. Material & Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet

Die Versuchsfläche liegt am Jura-Südfuss in Biberstein AG. Sie ist ein Teil der Parzelle Nr. 149 der "Gmeinrüti" und wird von Markus Nadler (Sonnenhof in Biberstein) unter folgenden Bewirtschaftungsauflagen gepflegt: ein erster Schnitt ab dem 15. Juni, ein zweiter Schnitt (Emd) ist vorgeschrieben und bei jedem Schnitt müssen 5-10% der Vegetation als Rückzugsstreifen stehen gelassen werden. Die Wiese wird nicht als Herbstweide für Tiere genutzt. Sie gehört zu einem Naturschutzgebiet von kantonaler Bedeutung (NKB) und ist ein Trockenwiesen und -weiden Objekt (TWW) (Landolt 2017).

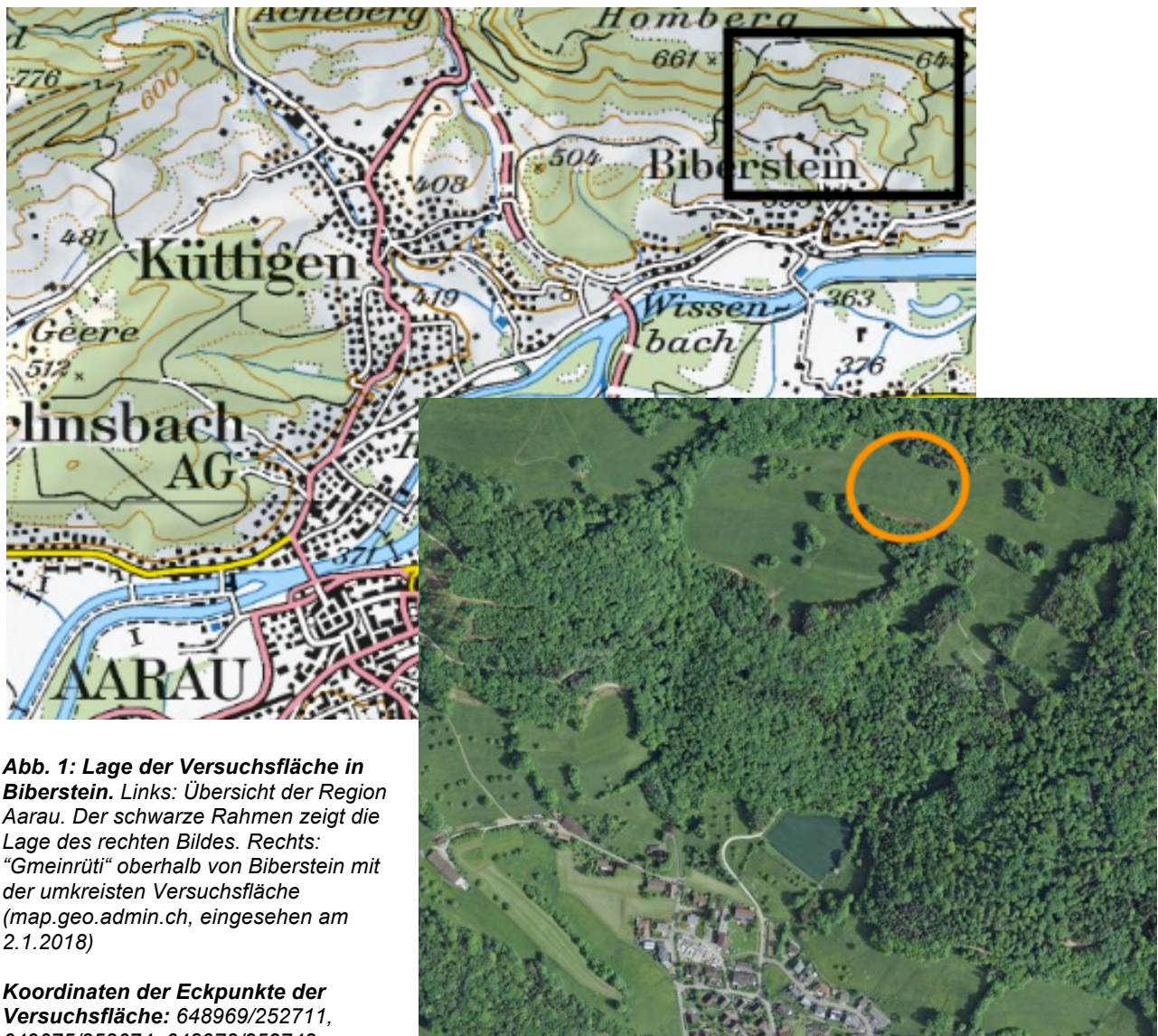


Abb. 1: Lage der Versuchsfläche in Biberstein. Links: Übersicht der Region Aarau. Der schwarze Rahmen zeigt die Lage des rechten Bildes. Rechts: "Gmeinrüti" oberhalb von Biberstein mit der umkreisten Versuchsfläche (map.geo.admin.ch, eingesehen am 2.1.2018)

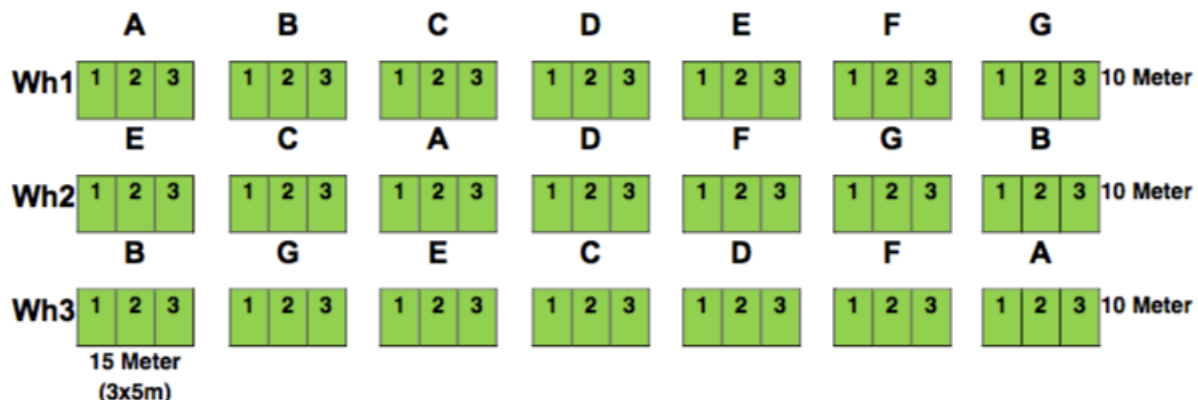
Koordinaten der Eckpunkte der Versuchsfläche: 648969/252711, 649075/252674, 648973/252742, 649088/252710
Höhe: ca. 580 m.ü.M.

Die Magerwiese, auf welcher die Versuchsfläche liegt, ist ein Halbtrockenrasen und wird auch als Mesobromion (Trespenwiese) bezeichnet. Die Pflanzenvielfalt in einem solchen Lebensraum ist sehr gross, es können bis zu 75 Arten und darunter viele seltene Pflanzen pro Are auftreten (*Delarze et al.* 2015).

Der Standort in Biberstein mit seinem kalkhaltigen Untergrund und der Exponierung nach Süden ist eine typische Ausgangslage, damit ein Mesobromion gedeihen kann. Grundsätzlich werden solche Wiesen extensiv genutzt und produzieren eine geringe Menge an Trockensubstanz von 1,5 - 4 Tonnen pro Jahr und Hektare, verglichen mit einer Fromentalwiese (Talfettwiese), auf welchen man 7-10 Tonnen Trockensubstanz pro Jahr und Hektare ernten kann (*Delarze et al.* 2015).

2.2 Versuchsdesign

Die Agrofutura AG wählte ein Blockdesign für den Versuch in Biberstein (Abb. 2). Die sieben verschiedenen Heuschnittverfahren werden dreimal wiederholt und sind zufällig verteilt. Jeder Block (z.B. A von Wh1) wird nochmals in drei Emdschnittverfahren unterteilt (3 Subtreatment im „split-plot-design“). Im folgenden Text werden die grossen Einheiten wie z.B. A (Schnittzeitpunkt fix nach DZV-Regelung) als *Block* und die kleinen Einheiten wie z.B. A1 (Schnittzeitpunkt fix nach DZV und ohne Emdschnitt) als *Flächen* bezeichnet.



Verfahren im Heuschnitt

- A SZP fix (entspricht DZV-Regelung)
- B SZP fix mit zweimaliger früher Nutzung in 6 Jahren
- C Zeitpunkt Heuschnitt nach Schnittreife mit Intervall von mind. 8 Wochen (entspricht Flexibilisierung DZV)
- 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

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

Abb. 2: Das Versuchsdesign mit den verschiedenen Heu- und Emdschnittverfahren (Landolt 2017).

Seit 2012 wurde die Testfläche in Biberstein durch die Agrofutura AG nach den vorgegebenen Verfahren gemäht. Jährlich erhoben sie vor dem ersten Schnitt in der zweiten Maihälfte die Vegetation aller Flächen (Deckungsgrad nach Braun-Blanquet) und vor jedem Schnitt die Phänologie (Landolt 2017). Um für diese Arbeit die Blütenanzahl zu erheben, wurde vor jedem Heu- sowie Emdschnitt eine Aufnahme aller blühenden tierbestäuber Pflanzen auf allen Flächen gemacht.

2.3 Feldarbeit

Für die Kartierung des Blütenangebots wurden fünf Termine festgelegt, die jeweils kurz vor den fixen Schnittzeitpunkten stattfanden. Das Einhalten dieser Termine war stark vom Wetter abhängig und variierte am Ende auch jedes Mal (die genauen Daten sind in Tab. 1 angegeben). Für das Jahr 2017 waren drei Heuschnitte Ende Mai, Mitte Juni und Mitte Juli geplant sowie die zwei Emdschnitte Mitte August und Mitte September. Die Verfahren B, E und G mit zweimaliger früher respektive später Nutzung während des gesamten Versuches wurden dieses Jahr nicht speziell gemäht.

Mitte Mai, kurz vor dem ersten Schnittzeitpunkt, wurde gemeinsam mit Jonas Landolt von der Agrofutura AG besprochen, dass es am sinnvollsten ist, auf allen Flächen die gesamte Anzahl der Blüten zu erheben und nicht nur auf einem Quadratmeter pro Fläche und dann zu extrapolieren. Dafür wurde vor jeder Erhebung eine Tabelle mit den aktuell blühenden Pflanzen erstellt. Pro Blatt wurde ein Block mit den drei Emdschnittverfahren aufgenommen (Anhang 3: Kartier-Tabelle vom Mai als Beispiel). Im Feld wurden zwei ca. fünf Meter lange Bambusstangen verwendet, um die zu kartierende Fläche (jeweils 5x10m) fortlaufend einzugrenzen. Der Abstand der Stangen betrug ungefähr einen Meter und versicherte, dass Blüten nur einmal gezählt wurden (Abb. 3). Es wurde immer entlang der Mitte einer Fläche von oben nach unten kartiert. Alle Blüten, die von der Mitte des Feldes aus erkannt wurden, wurden gezählt. Bei diesem Verfahren bestand eine geringe Wahrscheinlichkeit, dass Blüten unentdeckt blieben. Die Abgrenzungen an den langen Seiten zwischen den Flächen bildeten sichtbare Vegetationsunterschiede wie auch die Wege zwischen den Blöcken sowie die Zaunstangen, die an allen Ecken der Flächen angebracht waren (Abb. 3 und 4). Die Reihenfolge, wie die Blöcke kartiert wurden, variierte jeweils. Dies spielt jedoch keine grosse Rolle, da die Tage der jeweiligen Kartierung stets aufeinander folgten. Die Erhebung im Mai war am blütenreichsten und somit am aufwendigsten und benötigte vier Tage, danach wurden nur noch 2-3 Tage vor jedem Schnittzeitpunkt im Feld verbracht.

Tab. 1: Welche Verfahren mit den vorgegebenen Schnittzeitpunkten tatsächlich durchgeführt wurden, wann davor das Blütenangebot erhoben wurde und wann die Drohnenbefliegungen stattfanden.

SZP = Schnittzeitpunkt / HS = Heuschnitt / ES = Emdschnitt

Verfahren	Vorgesehener SZP	Tatsächlicher SZP 2017	Blütenangebot-Erhebung	Drohnenflug
Früher HS	25. Mai	7. Juni	29. Mai - 1. Juni	17. Mai
SZP fix	15. Juni	20. Juni	12.-13. Juni	20. Juni
Später HS	15. Juli	18. Juli	17.-18. Juli	17. Juli
ES früh	15. August	23. August	21.-23. August	-
ES spät	15. September	21. September	20.-21. Sep.	-



Abb. 3: Fläche C3 in der untersten Wiederholung (Whd3) am 31. Mai 2017. Durch die Bambusstangen wurde versichert, dass alle Blüten nur einmal gezählt wurden. Zwischen der weissen und roten Zaunstange rechts im Bild liegt ein Weg. Die zahlreichen gelben Blüten gehören zu *Rhinanthus alectorolophus*, dem zottigen Klappertopf. (Bild: Ursina Studer)

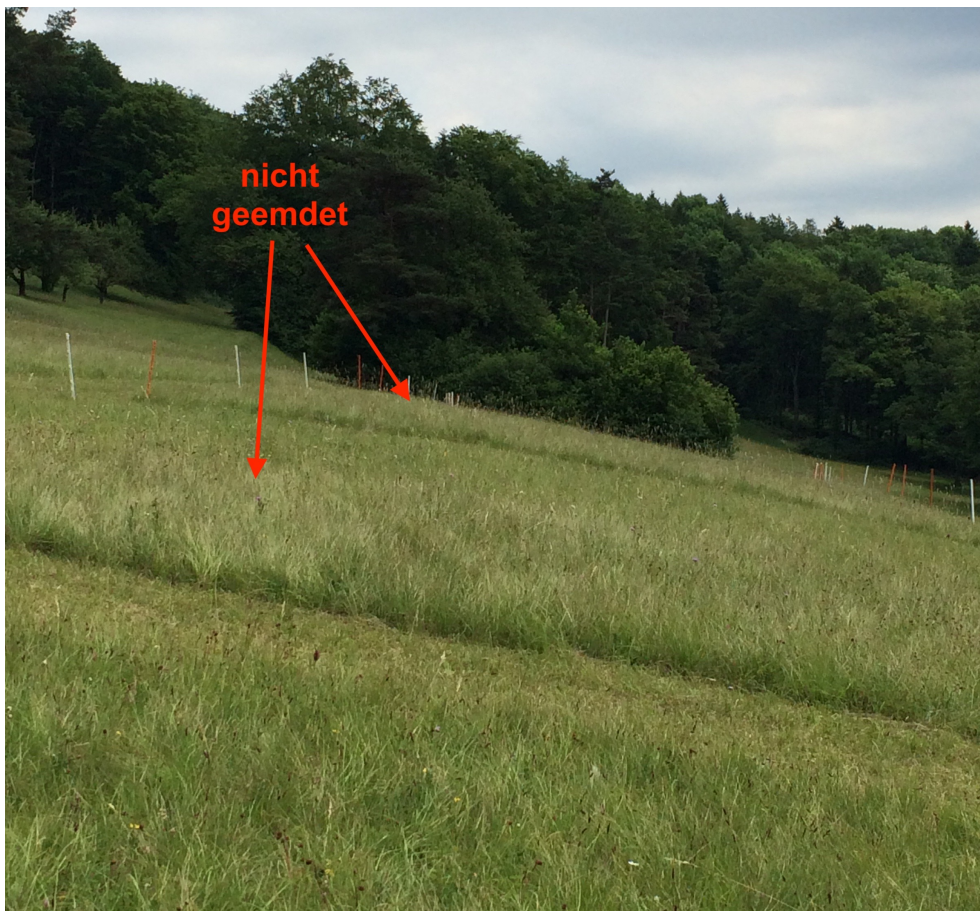


Abb. 4: Gut erkennbare, nicht geemdete Flächen. Dieses Bild wurde am 12. Juni aufgenommen. Die dunklen Punkte zeigen verblühte Pflanzen. Die schmale gemähte Fläche im Vordergrund ist ein Weg. Nach dem Weg und im Hintergrund erkennt man die nicht geemdeten Flächen an ihrem hohen Grasbewuchs. (Bild: Ursina Studer)

2.4 Kartierung des Blütenangebotes

2.4.1 Manuelle Erhebung

Für die vorliegende Arbeit wurde bewusst entschieden, nur die tierbestäubten Arten zu kartieren. Bei den Arten der Familien Asteraceae und Apiaceae wurde das Pseudanthium (Scheinblüte, bestehend aus mehreren Einzelblüten) oder die Blütendolde als *eine* Blüte aufgenommen. Bei den Lamiaceae, Fabaceae und Orchidaceae bilden die vorkommenden Arten auch Blütenstände mit oft sehr kleinen Blüten, welche ebenfalls als *eine* Blüte aufgenommen wurden. In der Artenliste im Anhang (1) wird genau beschrieben, bei welcher Art was als Blüte gezählt wurde. Es wurden nur Blüten aufgenommen, welche von Bestäubern genutzt werden konnten. Exemplare, vor allem bei den Arten mit Pseudanthien, welche schon mehr verblüht als noch blühend wirkten, wurden nicht mehr gezählt (optische Schätzung). *Linum catharticum* und *Thymus serpyllum* kamen immer in sehr grossen Mengen vor. Daher wurde ihre Blütenanzahl lediglich auf 10 Blüten genau geschätzt.

Während der Feldarbeit stellte sich heraus, dass gewisse Arten schwierig zu unterscheiden sind. Bei Unsicherheiten, jede Pflanze auf ihre genaue Art zu überprüfen, wäre zu zeitaufwendig gewesen und die gewählte Methode der Feldarbeit sowie das Schonen der Vegetation liessen es ebenfalls nicht zu, jedes Mal genauer nachzuschauen. Somit wurden gewisse Arten zu Aggregaten zusammengefasst (Tab. 2).

Tab. 2: Die gebildeten Art-Aggregate für die Vereinfachung der Kartierung im Feld.

Art	Aggregate	Grund der Aggregatbildung
<i>Centaurea jacea</i>	Centaurea agg.	Arten allg. sehr ähnlich Beide violette Korbblüten
<i>Centaurea scabiosa</i>		
<i>Daucus carota</i>	Daucus agg.	Arten allg. sehr ähnlich beide weisse Doldenblüten
<i>Pimpinella saxifraga</i>		
<i>Galium mollugo</i>	Galium agg.	<i>G. pumilum</i> selten
<i>Galium pumilum</i>		
<i>Knautia arvensis</i>	Knautia agg.	<i>Scabiosa</i> schwarze Borsten auf Blütenboden, Knautia nicht
<i>Scabiosa columbaria</i>		
<i>Prunella grandiflora</i>	Prunella agg.	Arten allg. sehr ähnlich
<i>Prunella vulgaris</i>		
<i>Trifolium montanum</i>	Trifolium repens/montanum	Arten allg. sehr ähnlich beide weisse Blüten
<i>Trifolium repens</i>		

2.4.2 Drohnen-Befliegung

Neben der manuellen Kartierung der Blüten wurde in Zusammenarbeit mit Natalie Lack und ihrem Assistententeam von der Geomatik FHNW Muttens die Testfläche dreimal mit einer eBee-Drohne befliegen. Die Befliegung wurde als Versuch durchgeführt, Blüten auf den Luftbildern erkennen zu können. Das Ziel war, in den manuellen Erhebungen und den Drohnenbildern Gemeinsamkeiten in Verteilung und der Anzahl der Blüten pro Feld zu finden, damit man in Zukunft die aufwendige Feldarbeit mit einer Befliegung ersetzen und zusätzliche Informationen zur Versuchsfläche gewinnen kann. Die Bilder, die von der Kamera in der Drohne aufgenommen wurden, haben eine maximale Auflösung von 2cm pro Pixel. Es war schon zu Beginn klar, dass man mit dieser Auflösung eine Blüte anhand ihrer Form nicht erkennen wird. Die Hoffnung war jedoch, Blüten und Arten anhand der reflektierten Strahlung pro Pixel unterscheiden und somit erkennen zu können. Bei der ersten Befliegung wurde mit einer RGB-Kamera, welche die reflektierten Wellenlängen im roten, grünen und blauen Bereich aufnimmt, und mit einer multiSPEC-Kamera, welche eine multispektrale Aufnahme mit den reflektierten grünen, roten und ‚red-edge‘ Wellenlängen sowie dem nahem Infrarot macht, die Versuchsfläche befliegen. Für die zweite und dritte Befliegung wurde eine NIR-Kamera verwendet, die die reflektierten Wellenlängen im roten, grünen und nahem Infrarot Bereich aufnimmt. Von den drei Befliegungen fand nur die am 17. Juli mit der Blütenerhebung zeitgleich statt. Im Mai wurden die Blüten erst zwei Wochen nach der Befliegung gezählt und im Juni wurde die Versuchsfläche eine Woche nach der Erhebung befliegen. Die Termine waren abhängig von den Geomatikern und wurden an ihre sonstigen Aufträge in der Region angepasst.

Bei der Auswertung der Bilder stellte sich jedoch heraus, dass es nicht möglich ist, Blüten auf diesen zu erkennen. Die zeitliche Verschiebung zwischen den Blütenaufnahmen und den Befliegungen, welche auch Veränderungen im Blütenangebot mit sich brachten, erschwerte das Finden von Gemeinsamkeiten zusätzlich. Mit den aufgenommenen Bildern konnten dennoch spannende Analysen gemacht werden, die für die vorliegende Arbeit zum Vergleichen der Schnittregime von Nutzen sind. Zwei ‚Plant-Health-Indices‘ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) und VARI (Visible Atmospheric Resistance Index) konnten berechnet werden.



Abb. 5: Philipp Meyer von der FHNW MuttENZ bei der ersten Befliegung am 17. Mai. Die Flughöhe der eBee-Drohne über dem Feld betrug ca. 50m. (Bild: Jonas Landolt)

2.5 Datenanalyse

2.5.1 Manuell erhobene Daten

Der Schwerpunkt der Datenanalyse lag darin, anhand der gesammelten Daten zum Blütenangebot einen Unterschied zwischen den verschiedenen Heu- und Emdschnittvarianten herauszufinden. Das Statistikprogramm R (Version 1.1.383) wurde für die Auswertung der manuell erhobenen Daten zum Blütenangebot verwendet. Für die graphische Darstellung wurden in R mit dem ggplot2-Paket alle Graphen erstellt. Anhand des Shapiro-Wilk-Tests wurde festgestellt, ob die Daten normalverteilt sind oder nicht. Verschiedene Datensätze wurden getestet und da nicht alle normalverteilt waren, wurde mit dem nicht-parametrischen Wilcoxon-Test (Mann-Whitney-U-Test) alle im folgenden Text angegebenen Signifikanzen zum Blütenangebot berechnet. Die sieben Heuschnittverfahren wurden für die Analyse zu drei Hauptgruppen (HSG) zusammengefasst, da die Flächen A und C (Heuschnitt Mitte Juni nach DZV = HS DZV) seit 2015 und D und E (später Heuschnitt Mitte Juli = HS spät) sowie F und G (früher Heuschnitt Ende Mai = HS spät) schon seit Beginn des Versuchen sehr ähnlich bewirtschaftet wurden. Deren Zusammenfassen vereinfachte die Analyse und erweiterte die Stichprobengrösse. Um die Veränderung und die Unterschiede in der Artenzusammensetzung zu testen, wurde mit dem Programm Primer (Version 6.1.6) gearbeitet (*Clarke & Gorley 2006*). Dafür wurde die Anzahl Blüten aller Arten pro Erhebung sowie pro Heu- und Emdschnittverfahren jeder Erhebung in einer Matrix dargestellt und analysiert. Die Abundanz wurde LOGX+1-transformiert und bezüglich ihrer Unterschiede mittels nMDS (nonmetric Multidimensional Scaling) dargestellt. Für das Distanzmass wurde die Bray-Curtis Similarity verwendet.

Unterschiede sind signifikant, wenn $p < 0.05$ ist. Die Berechnungen in Primer gaben noch den Wert R an. R variiert zwischen 0 und 1 und gibt die Stärke des Faktors auf die Probe an. Je grösser R, desto grösser ist der Unterschied zwischen den geprüften Daten (*Clarke & Gorley 2006*).

2.5.2 Drohnendaten

Die Rohdaten der Aufnahmen wurden erst mit dem Programm PostFlight Terra 3D (Version 4.0.104) soweit bearbeitet, dass sie danach in QGIS (2.14.15-Essen) weiter verwendet werden konnten. In QGIS wurden die zwei 'Plant-Health-Indices' berechnet. Der NDVI gibt über die Gesundheit eines Feldes Auskunft, da für sein Ergebnis die reflektierten Strahlen im roten und im Infrarot Bereich miteinander berechnet werden. Eine hohe Vegetationsbedeckung und somit gesunde Blätter reflektieren mehr Wellen im Bereich des Infrarots. Wellen im sichtbaren Rot-Bereich werden von eher vegetationsfreien Flächen oder kranken und vergilbten Pflanzen reflektiert. Somit weisen tiefe Werte auf wenige grüne Blätter oder offenen Boden hin. Der VARI berechnet, wie grün ein Bild ist, gemessen an der Menge Chlorophyll in den Blättern der Vegetation [1].

Die Ergebnisse beider Indices sind aber vergleichbar (*Mc. Kinnon et al. 2017*). Den NDVI kann man mit Bildern von NIR- und multiSPEC-Kameras berechnen, den VARI mit Bildern von RGB-Kameras. Für jede Aufnahme wurden die Mittelwerte aller Flächen der Heuschnittgruppen miteinander und alle Flächen der Emdschnittverfahren miteinander verglichen. Es wurde für jede Befliegung der NDVI berechnet, im Mai auch der VARI.

Für die Berechnung solcher Indices werden mehrere Reflektionen (z.B. beim NDVI Rot und NIR) zu einem Wert pro Punkt in einem Bild zusammengefasst (*Mc. Kinnon et al. 2017*).

(R = Reflektion)

$$NDVI = \frac{NIR - R_{Red}}{NIR + R_{Red}}$$

$$VARI = \frac{R_{Green} - R_{Red}}{R_{Green} + R_{Red} - R_{Blue}}$$

Die Werte für beide Indices liegen in der Theorie zwischen -1 und 1. Beim NDVI signalisieren Minus-Werte Wasser, Werte zwischen 0 und 0.2 relativ vegetationsfreie Flächen. Hohe Werte bis max. 1 signalisieren eine dichte Vegetationsbedeckung. Beim VARI gibt die Skala die Menge von Grün eines Punktes an. Der Wert 1 wäre zu vergleichen mit einer sehr hohen Vegetationsbedeckung (*Mc. Kinnon et al. 2017*).

3. Ergebnisse

3.1 Manuell erhobene Daten

3.1.1 Blütenangebot und Artenzusammensetzung

Insgesamt wuchsen während der Feldarbeit 44 tierbestäubte Arten auf der Versuchsfläche in Biberstein (siehe Artenliste im Anhang 2). Dies ist etwa die Hälfte aller Arten, die auf dieser Wiese gefunden wurden. Unter den für diese Arbeit nicht aufgenommenen Arten befinden sich hauptsächlich Gräser sowie windbestäubte Blütenpflanzen (z.B. *Sanguisorba minor*) und tierbestäubte Arten, die aber zum Zeitpunkt der Feldarbeit nicht mehr blühten (z.B. *Primula veris*). Berücksichtigt man die Art-Aggregate (Tab. 2), waren es 38 Arten, von welchen während den fünf Erhebungen die Blüten gezählt wurden. Bei der ersten Erhebung Ende Mai wurden 25'685 Blüten von 27 Arten gezählt. Im Juni waren es nur 2'703 Blüten von 25 Arten. Zwischen den Erhebungen im Mai und Juni veränderte sich die Artenzusammensetzung signifikant ($R=0.916$, $p=0.001$). Vor allem machte sich die Abnahme der blütenreichen Arten wie *Anthyllis vulneraria*, *Leucanthemum vulgare*, *Linum catharticum* und *Rhinanthus alectorolophus* bemerkbar, die bei der Erhebung im Juni grösstenteils verblüht waren. Im Juni hatten die Artaggregate *Centaurea* und *Prunella* die meisten Blüten. Die gesamte Blütenanzahl im Juni war unter anderem auch so niedrig, da auf den Flächen F und G keine Blüten wuchsen, weil diese 5 Tage vor der Erhebung geschnitten wurden. Im Juli wurden 7'276 Blüten und im August 12'666 Blüten von je 21 Arten gezählt. Zwischen den Erhebungen im Juni und im Juli gab es eine deutliche Veränderung der Artenzusammensetzung ($R=0.653$, $p=0.001$). 8 der 38 Arten blühten während beiden Erhebungen nicht. Von den übrigen 30 Arten veränderten sich 14 Arten, die entweder neu dazukamen oder nicht mehr blühten. Somit variierte die Artenzusammensetzung zwischen diesen zwei Erhebungen um die Hälfte. Der Unterschied zwischen Juli und August war ebenfalls signifikant, aber nicht mehr ganz so gross ($R=0.53$, $p=0.001$). Im September blühten nur noch 3'253 Blumen von 17 Arten. Auch hier ist zu berücksichtigen, dass am 23. August, ein Monat vor der Erhebung im September, der frühe Emdschnitt stattfand und auf diesen Flächen im Spätsommer vermutlich nicht mehr viele blühende Pflanzen nachwachsen konnten (siehe Abb. 11). Zwischen August und September gab es nur durch die Abnahme von blühenden Arten eine Veränderung in der Artenzusammensetzung ($R=0.3$, $p=0.001$). Über alle Erhebungen hinweg blühten nur wenige Arten, z.B. *Leucanthemum vulgare*, *Lotus corniculatus* und *Trifolium pratense*.

Die signifikante Veränderung der Artenzusammensetzung auf der Versuchsfläche während des gesamten Versuches wird in Abbildung 6 dargestellt (Global $R=0.769$, $p=0.001$). Zwischen den

Emdschnittverfahren konnten keine signifikanten Unterschiede in der Artenzusammensetzung festgestellt werden. Die Unterschiede in der Artenvielfalt der Heuschnittgruppen werden in Kapitel 3.1.3 erläutert.

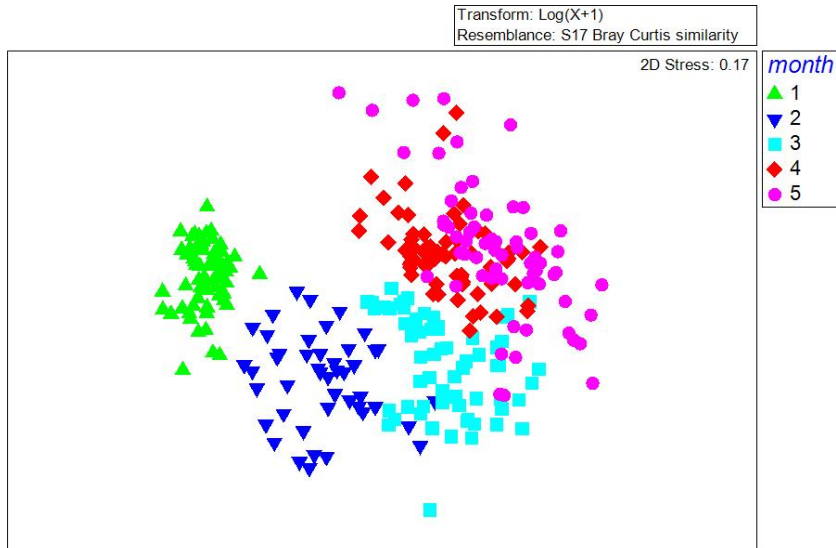


Abb. 6: Die zeitliche Veränderung der Artenzusammensetzung während des Versuches. Die Monate stehen für die jeweiligen Erhebungen. Die Clusterbildung der einzelnen Monate signalisiert einen Unterschied der Artenzusammensetzung pro Erhebung. Dieser Unterschied ist signifikant ($p=0.001$)

1 = Mai
2 = Juni
3 = Juli
4 = August
5 = September

3.1.2 Monatliche Erhebungen

Zwischen dem Blütenangebot der Heuschnittverfahren mit dem gleichen Emdverfahren konnten bei der Erhebung im Mai keine Unterschiede festgestellt werden. Im Juli und August wurden signifikante Unterschiede im Blütenangebot der Heuschnittverfahren gefunden, allerdings wurden diese vermutlich primär durch den Umstand herbeigeführt, dass die Verfahren in diesem Jahr bereits zu unterschiedlichen Zeitpunkten gemäht worden waren. Diese Umstände erschweren es, eine klare Tendenz zu möglichen Unterschieden zwischen den Heuschnittverfahren erkennen zu können, da geschnittene Flächen schlecht mit nicht geschnittenen gegenübergestellt werden können. Z.B. waren die Flächen der Verfahren D und E mit spätem Heuschnitt bei der Erhebung im Juli die einzigen, die noch nicht geschnitten wurden. Durch den noch fehlenden Schnitt konnte noch kein Zweitaufwuchs stattfinden. Im August waren D und E die Flächen, die als letztes geschnitten wurden. Bei der Erhebung im Juli waren die Unterschiede zwischen den Blöcken von D und E zu den Blöcken der restlichen Verfahren im Feld deutlich erkennbar (siehe Titelbild).

Vergleicht man die Flächen der Emdschnittverfahren aller Heuschnittgruppen während des gesamten Versuches miteinander, gibt es wesentlich differente Unterschiede zwischen den nicht geemdeten und den geemdeten Flächen im Mai, Juni, Juli und September. Wobei die Unterschiede auf den drei verschiedenen Emdschnittflächen im September vernachlässigbar sind, da ein Monat vor der Erhebung der frühe Emdschnitt (23. August 2017) stattfand und zu dieser Jahreszeit nicht mehr viele neue Pflanzen auf den geschnittenen Flächen blühen konnten. Für die folgenden Ergebnisse werden die Emdschnitte (ES) wie folgt abgekürzt: kein Emdschnitt = kein ES oder ohne ES, früher ES Mitte August = ES früh, später ES Mitte September = ES spät).

Im Mai waren die Flächen ohne ES zu den mit frühem ES ($p=0.006$) und die Flächen ohne ES zu den mit spätem ES ($p<0.001$) erheblich verschieden. Im Juni unterschieden sich die Flächen ohne ES zu denen mit spätem ES ($p=0.016$) und im Juli die ohne ES zu den Flächen mit frühem ES ($p=0.007$) voneinander, wobei die geemdeten Flächen jeweils mehr Blüten hatten.

Die Abbildungen 7-11 zeigen die Blütenanzahl für jede Erhebung (Mai-September) pro Heu- und Emdschnitt. Dabei ist zu beachten, dass die y-Achsen-Grösse für jeden Monat variiert.

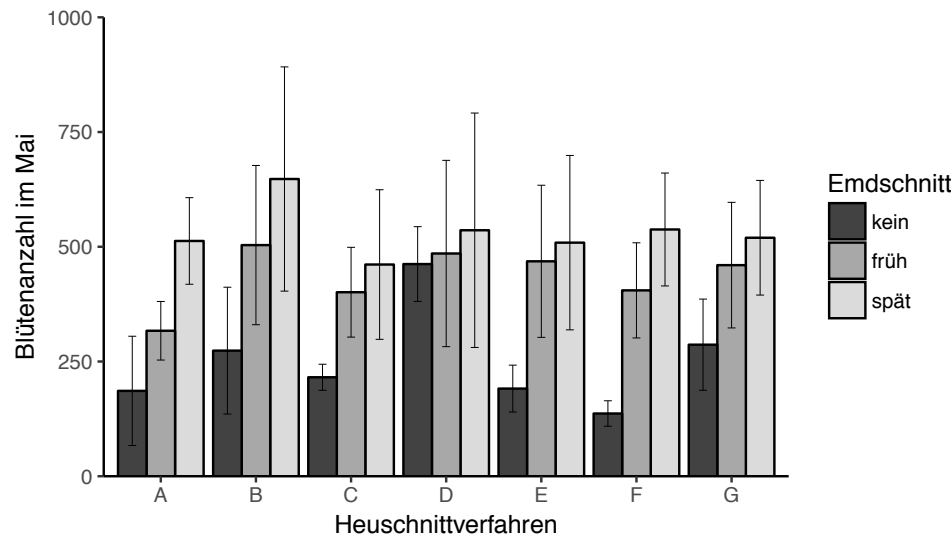


Abb. 7: Blütenanzahl der Erhebung im Mai. Die Erste Erhebung mit insgesamt 25'685 Blüten von 27 Arten und somit dem höchsten Blütenangebot aller Erhebungen. Die nicht geemdeten Flächen unterscheiden sich signifikant zu den früh sowie spät geemdeten Flächen (ES kein zu ES früh $p=0.006$, ES kein zu ES spät $p<0.001$) (Mittelwert $\pm$ Standardfehler)

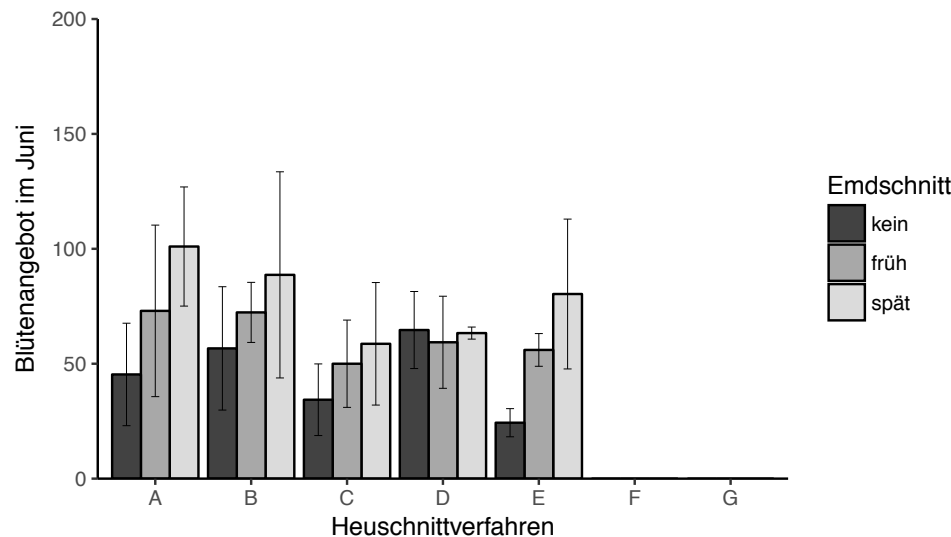


Abb. 8: Blütenanzahl der Erhebung im Juni. F und G wurden am 7. Juni geschnitten (frühe Heuschnittvariante) und die Erhebung fand am 12.-13. Juni statt. In dieser Zeit konnten keine neuen Blüten wachsen. Insgesamt wurden 2'703 Blüten von 25 Arten auf den Flächen von A-E gezählt. Die nicht geemdeten Flächen unterscheiden sich signifikant von den spät geemdeten Flächen ($p=0.016$). (Mittelwert $\pm$ Standardfehler)

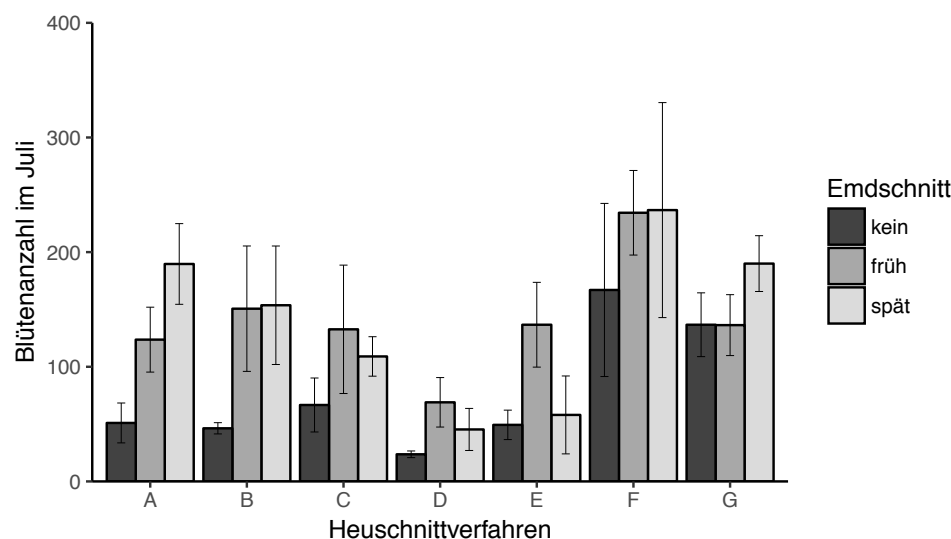


Abb. 9: Blütenanzahl der Erhebung im Juli. Die Flächen von A, B und C wurden am 20. Juni geschnitten. D und E waren die einzigen noch nicht geschnittenen Flächen. Insgesamt wurden 7'276 Blüten von 21 Arten gezählt. Die signifikanten Unterschiede sind auf die verschiedenen Schnittzeitpunkte zurückzuführen und werden deshalb als nicht geeignet betrachtet, um die Heuschnittgruppen klar zu unterscheiden. Alle nicht geemdeten Flächen unterscheiden sich jedoch deutlich von allen früh geemdeten ($p=0.007$). (Mittelwert $\pm$ Standardfehler)

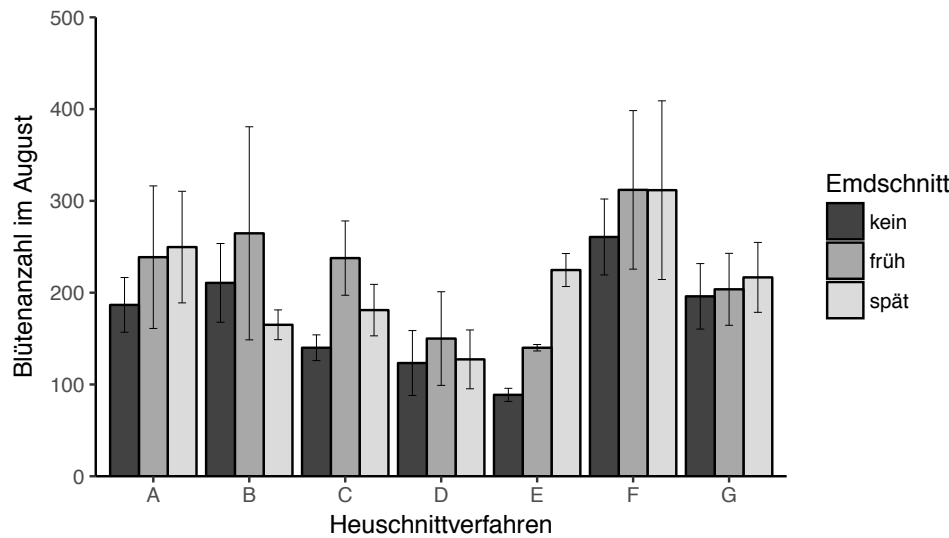


Abb. 10: Blütenanzahl im August. Bei der Erhebung im August wurden bereits alle Varianten der Heuschnitte durchgeführt. Die Flächen D und E wurden als letzte am 18. Juli geschnitten. Insgesamt wurden 12'666 Blüten von 21 Arten gezählt. Die signifikanten Unterschiede zwischen den Heuschnittgruppen sind auf die zeitlich unterschiedlichen Schnitte zurückzuführen. (Mittelwert $\pm$ Standardfehler)

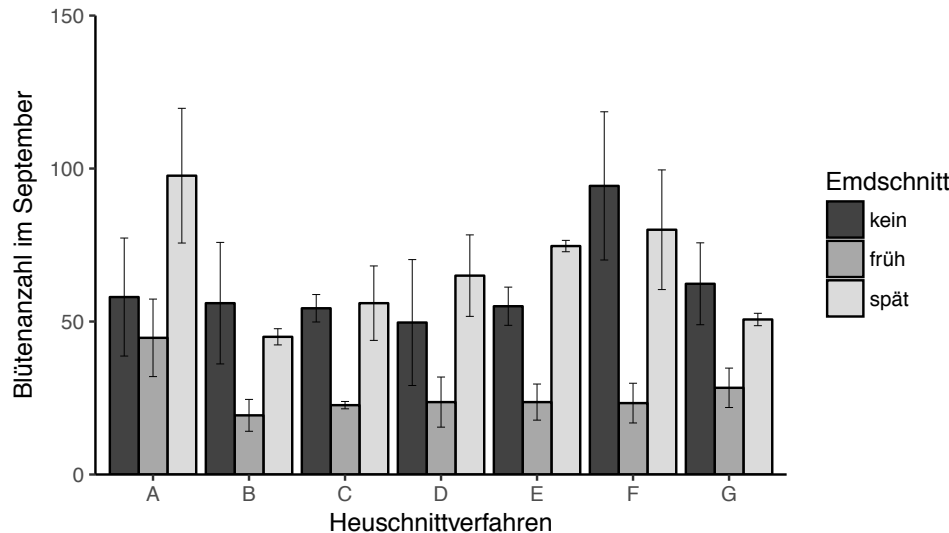


Abb. 11: Blütenanzahl der Erhebung im September. Die Flächen mit frühem Emdschnitt wurden Mitte August bereits geschnitten. Insgesamt wurden 3'253 Blüten von noch 17 blühenden Arten gezählt. Die Signifikanz zwischen den früh und den nicht sowie den spät geemdeten Flächen ist vernachlässigbar, da der Emdschnittfaktor zu offensichtlich ist. (Mittelwert $\pm$ Standardfehler)

3.1.3 Heuschnittverfahren

Auf allen Blöcken der Heuschnittgruppen zeigte sich während des Versuches ein ähnliches Muster der Blütenanzahlveränderung. Vergleicht man die Summe aller Blüten pro Heuschnittgruppe (für diesen Vergleich wurde die Erhebung vom Juni weggelassen, da die früh geschnittenen Heuschnittblöcke, HS früh, keine Blüten hatten) des ganzen Versuches, gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen den Blöcken von HS spät und HS früh ($p=0.003$). Auf den Heuschnittblöcken (HSB) mit frühem Schnitt blühten mit 15'859 die höchste Anzahl Pflanzen. Die HSB DZV hatten 13'000 und die HSB spät hatten mit 12'539 die geringste Anzahl Blüten. Die Untersuchung auf Unterschiede in der Artenvielfalt zwischen den Heuschnittgruppen während des gesamten Versuches ergibt ebenfalls signifikante Resultate. Von den 38 Arten blühten mit 33 auf den HSB spät die meisten. Auf den HSB DZV und HSB früh blühten je 30 Arten. Die HSB DZV unterscheiden sich nicht signifikant zu den HSB spät, dafür aber knapp zu den HSB früh ($R=0.023$, $p=0.04$). Zwischen den HSB spät und HSB früh gibt es den grössten Unterschied ($R=0.026$, $p=0.031$). Welche Art mit wie vielen Blüten (Mengen klassifiziert) in welchem Monat wuchs, wird in der Artentabelle im Anhang (2) angegeben.

Die Analyse zu den Unterschieden in der Blütenanzahl zwischen den *nicht* und den *spät* geemdeten Flächen innerhalb der Heuschnittgruppen pro Erhebung ergab zusätzlich signifikante Werte. Auf den HSB DZV gab es im Mai ($p=0.026$) und im Juli ($p=0.008$) zwischen diesen zwei Emdschnittvarianten einen deutlichen Unterschied. Auf den HSB früh gab es nur im Mai ($p=0.008$) einen Unterschied. Die signifikanten Unterschiede in den folgenden Abbildungen sind mit Sternen signalisiert.

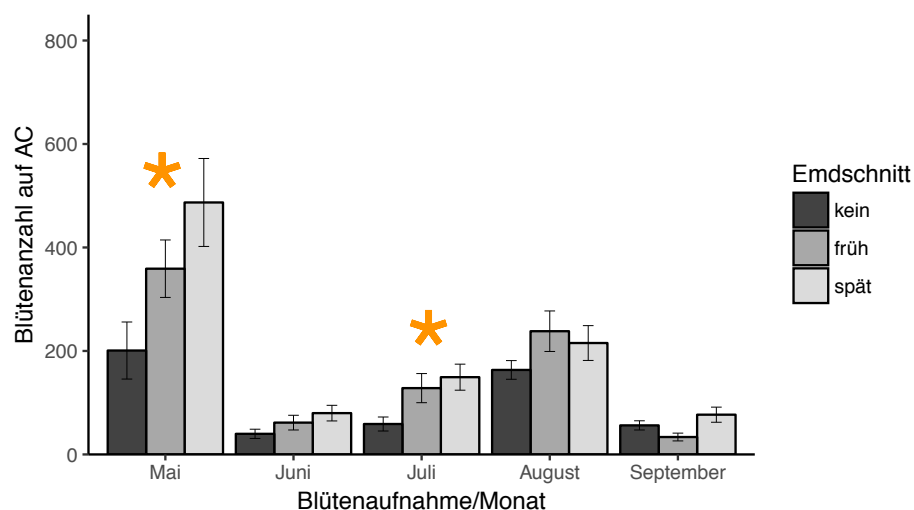


Abb. 12: Blütenanzahl auf den Heuschnittblöcken mit Schnitt nach DZV ab 15. Juni (A und C) pro Erhebung. Die Sterne signalisieren signifikante Unterschiede zwischen den nicht und den spät geemdeten Flächen (Mai $p=0.026$, Juli $p=0.008$). Insgesamt wurden auf diesen Blöcken (HSB DZV) 13'000 Blüten von 30 Arten gezählt (ohne Juni). (Mittelwert $\pm$ Standardfehler)

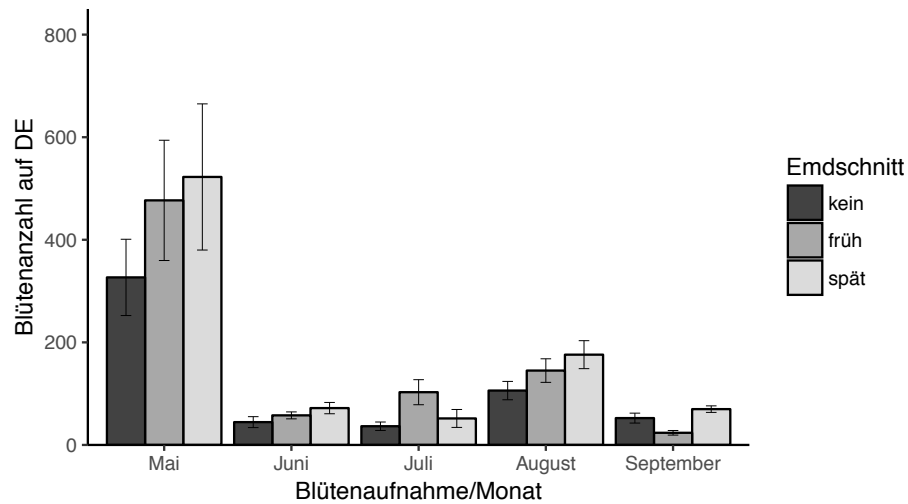


Abb. 13: Blütenanzahl auf den Heuschnittblöcken mit spätem Schnitt Mitte Juli (D und E) pro Erhebung.

Insgesamt wurden 12'539 Blüten von 33 Arten auf diesen Blöcken (HSB spät) gezählt (ohne Juni). Für die HSG spät wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den nicht und spät geemdeten Flächen berechnet. (Mittelwert $\pm$ Standardfehler)

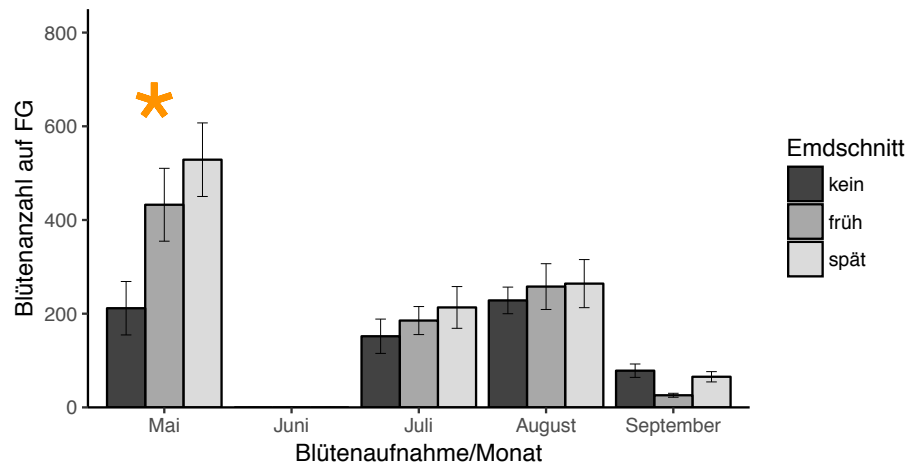


Abb. 14: Blütenanzahl auf den Heuschnittblöcken mit frühem Schnitt Ende Mai (F und G) pro Erhebung.

Der Stern signalisiert einen signifikanten Unterschied zwischen den nicht und den spät geemdeten Flächen im Mai ($p=0.008$). Insgesamt wurden 15'859 Blüten von 30 Arten auf diesen Blöcken (HSB früh) gezählt. (Mittelwert $\pm$ Standardfehler)

3.1.4 Emdschnittverfahren

Durch die graphische Darstellung der monatlichen Erhebungen und die der Heuschnittgruppen sowie die berechneten Signifikanzen (Kap. 3.1.2 & 3.1.3) ahnt man, dass vor allem der Emdschnitt einen bedeutenden Einfluss auf das Blütenangebot in Biberstein hat. Auf den Flächen ohne Emd wurden insgesamt 12'461, auf den früh geemdeten Flächen 18'200 und auf den spät geemdeten Flächen 21'130 Blüten gezählt. Zwischen der Blütenanzahl der *nicht* geemdeten Flächen und den *spät* geemdeten Flächen gibt es einen grossen Unterschied ($p < 0.001$). Zwischen der Blütenanzahl der *nicht* und der *früh* geemdeten sowie der *früh* und der *spät* geemdeten Flächen gab es pro Erhebung wie auch während des gesamten Versuches keinen signifikanten Unterschied (Abb. 15). Allerdings zeigt sich die Tendenz, dass die früh geemdeten Flächen ebenfalls ein höheres Blütenangebot hatte als die nicht geemdeten Flächen.

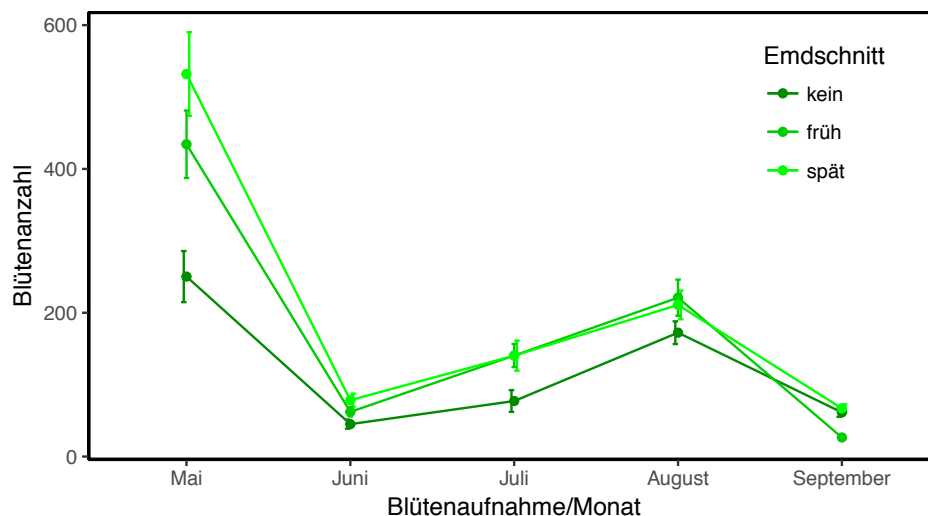


Abb. 15: Blütenanzahl aller Emdschnittflächen pro Erhebung. Die Blütenanzahl der nicht geemdeten Flächen unterschied sich signifikant von den spät geemdeten Flächen ($p < 0.001$). Im August wurden die Emdschnittflächen mit frühem Schnitt gemäht, deshalb sind die Werte für dieses Verfahren im September so niedrig. (Mittelwert $\pm$ Standardfehler)

3.1.5 Krautgruppen

Für weitere Untersuchungen, um den Einfluss der Schnittregime auf das Blütenangebot zu analysieren, wurden alle erfassten Arten in drei Gruppen eingeteilt: kleine Kräuter, grosse Kräuter und Leguminosen. Deren Einteilung wurde von der Agrofutura AG übernommen (Landolt 2017). Welche Art zu welcher Gruppe gehört, ist in der Artenliste im Anhang vermerkt (Anhang 1). Berücksichtigt man die Aggregateinteilung (Tab. 2), wurden 18 Arten zu den kleinen und 11 Arten zu den grossen Kräutern sowie 9 Arten zu den Leguminosen gezählt. Die kleinen Kräuter hatten mit 27'078 die höchste Anzahl Blüten. Die grossen Kräuter hatten 15'311 und die Leguminosen 9'804 Blüten. Die Heuschnittgruppen unterscheiden sich in keiner Krautgruppe signifikant. Bei den kleinen Kräutern sowie den Leguminosen gab es jedoch markante Unterschiede zwischen den nicht und beiden geemdeten Flächen (kleine Kräuter: kein ES zu frühem ES $p < 0.001$, kein ES zu spätem ES $p < 0.001$. Leguminosen: kein ES zu spätem ES $p < 0.001$ / Abb. 16 und 18). Bei der Darstellung der grossen Kräuter (Abb. 17) fällt auf, dass die *früh* geemdeten Flächen, ausgenommen beim Verfahren C, eine geringere Anzahl Blüten hatten als die *nicht* und die *spät* geemdeten Flächen. Die nicht geemdeten Flächen hatten deutlich mehr Blüten als die früh geemdeten und diese unterschieden sich auch signifikant ($p = 0.026$). Die *nicht* und *spät* geemdeten Flächen sowie die *früh* und die *spät* geemdeten Flächen waren nicht signifikant anders.

Die y-Achsen der folgenden Graphiken unterscheiden sich in ihren Grössen.

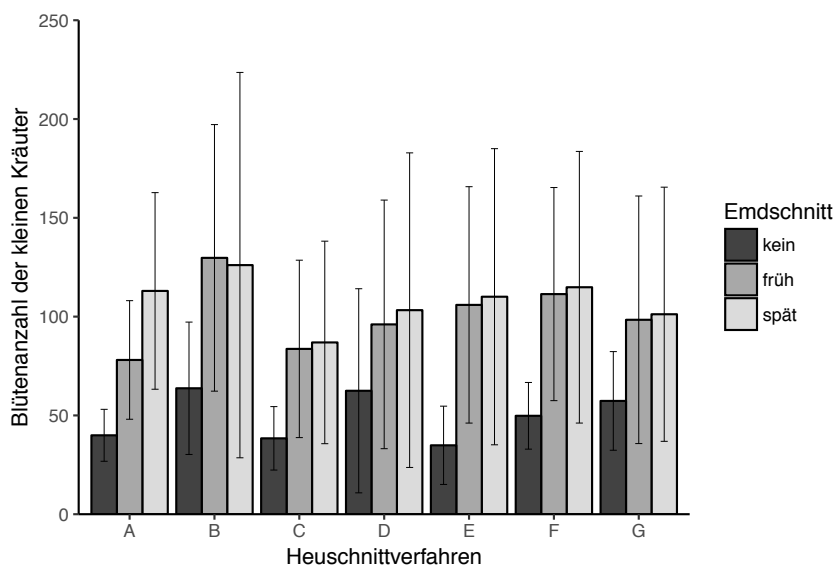


Abb.16: Die Blütenanzahl der kleinen Kräuter während des gesamten Versuches. Insgesamt wurden 27'078 Blüten von 18 Arten gezählt. Die nicht geemdeten Flächen waren zu beiden geemdeten Flächen signifikant unterschiedlich (kein ES/früher ES $p < 0.001$, kein ES/später ES $p < 0.001$) (Mittelwert $\pm$ Standardfehler)

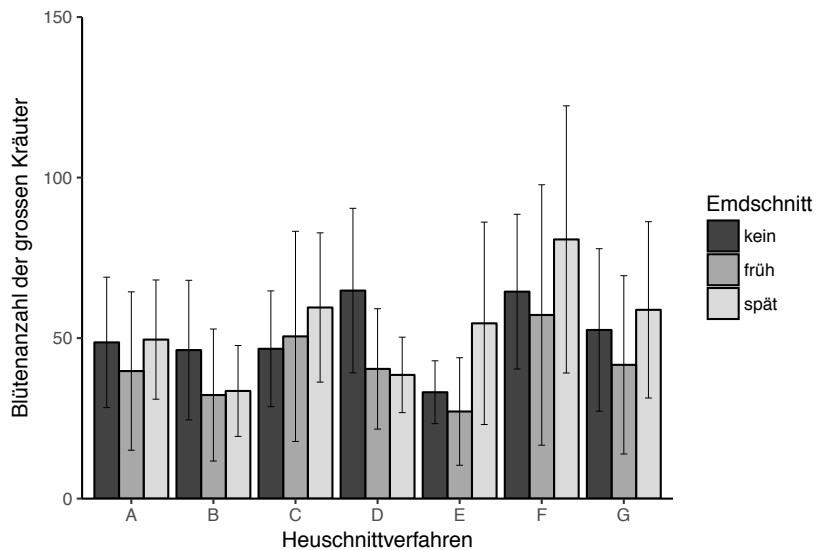


Abb. 17: Die Blütenanzahl der grossen Kräuter während des gesamten Versuches. Insgesamt wurden 15'311 Blüten von 11 Arten gezählt. Bei dieser Krautgruppe gab es zwischen den nicht geemdeten und den früh geemdeten Flächen einen signifikanten Unterschied ($p=0.026$). In diesem Fall wurde auf den nicht geemdeten Flächen mehr Blüten gezählt. (Mittelwert $\pm$ Standardfehler)

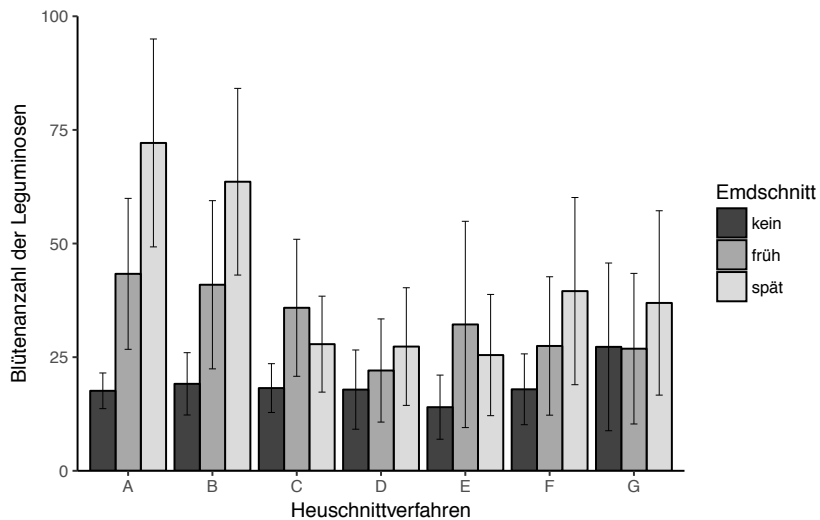


Abb. 18: Die Blütenanzahl der Leguminosen während des gesamten Versuches. Es wurden 9'804 Blüten von 9 Arten gezählt. Die Flächen ohne Emdschnitt unterschieden sich markant von den Flächen mit spätem Emdschnitt ($p<0.001$). (Mittelwert $\pm$ Standardfehler)

3.2 Drohnenbilder / VARI & NDVI

Die Heuschnittblöcke (HSB) mit dem Schnitt nach DZV (AC) und mit frühem Schnitt (FG) unterschieden sich im Mai und im Juli signifikant (Mai $p=0.004$, Juli $p<0.001$) wobei die NDVI-Werte für die HSB mit frühem Schnitt jeweils am höchsten sind. Die hohen Werte des NDVI auf den früh geschnittenen HSB könnten vor allem für die Erhebung im Juli ein Hinweis für die hohe Anzahl an Blüten sein, die bei der manuellen Erhebung auf diesen Blöcken gezählt wurde (Abb. 9). Die höheren Werte der HSB früh unterscheiden sich im Juli auch zu den HSB mit spätem Schnitt signifikant ($p=0.002$). Weitere signifikante Unterschiede in den NDVI-Werten zwischen den verschiedenen Schnittvarianten konnten für die Befliegung im Juli berechnet werden. Diese zeigen eine grosse Ähnlichkeit mit den Unterschieden, welche für die Blütenanzahl der Erhebung im Juli berechnet wurden. Abermals sind diese jedoch vernachlässigbar, da sie durch die verschiedenen Heuschnittzeitpunkte verursacht wurden. Die Ähnlichkeit der Daten zur Blütenanzahl und zu den NDVI-Werten lässt jedoch vermuten, dass mögliche Korrelationen tatsächlich berechnet werden könnten. In diesem Fall gab es jedoch keine.

Die Emdschnittflächen unterschieden sich bei allen drei Aufnahmen, wobei die geemdeten Flächen immer die höheren Werte hatten als die nicht geemdeten. Dies ist auch auf den Indice-Bildern gut erkennbar (Abb. 19-22). Im Mai, Juni und Juli gab es beim NDVI sowie im Mai auch beim VARI einen signifikanten Unterschied zwischen den unterschiedlichen Emdflächen (Tab. 3).

Die Versuchsdesign-Flächen in den folgenden Darstellungen wurden in QGIS von Hand nachgezeichnet. Als Grundlage galt eine Luftbildaufnahme, auf welcher man die einzelnen Flächen und zum Teil die Zaunstangen sehr gut erkennen konnte. Weil diese Anhaltspunkte auf den Indice-Bildern nicht mehr ganz so deutlich erkennbar sind, wurden die eingezeichneten Flächen so gut wie möglich plaziert.

Tab. 3: Die signifikanten Werte der Indices zwischen den verschiedenen Emdschnittflächen für jede Befliegung.

Indices	Emdschnittflächen		
	kein ES - ES früh	kein ES - ES spät	ES früh - ES spät
VARI Mai	0.002	<0.001	0.001
NDVI Mai	-	<0.001	0.043
NDVI Juni	-	-	0.024
NDVI Juli	0.001	<0.001	-

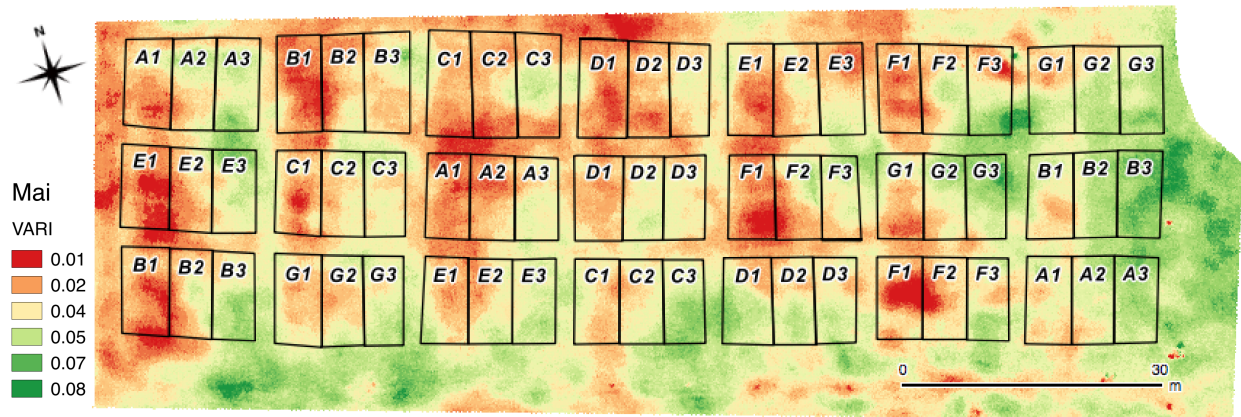


Abb. 19: VARI im Mai. Die Befliegung fand am 17. Mai mit der RGB-Kamera statt, zwei Wochen vor der Erhebung des Blütenangebotes. Alle Flächen der drei Erdschnittvarianten unterscheiden sich voneinander (Tab. 3).

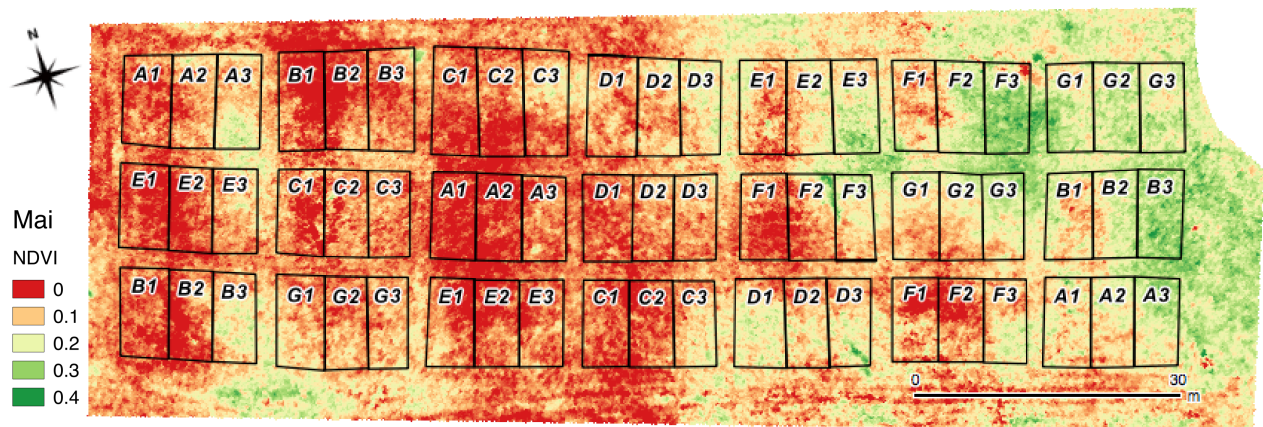


Abb. 20: NDVI im Mai. Die Befliegung fand am 17. Mai mit der multiSPEC-Kamera statt. Die Summe der NDVI-Werte auf den Blöcken der Heuschnittgruppe mit frühem Schnitt (F und G) haben die höchsten Werte. Die signifikanten Unterschiede zwischen den Heuschnittgruppen entstanden durch die verschiedenen Schnittzeitpunkte und werden deshalb vernachlässigt. Die spät geemdeten Flächen unterscheiden sich signifikant von den früh und den nicht geemdeten Flächen (Tab. 3).

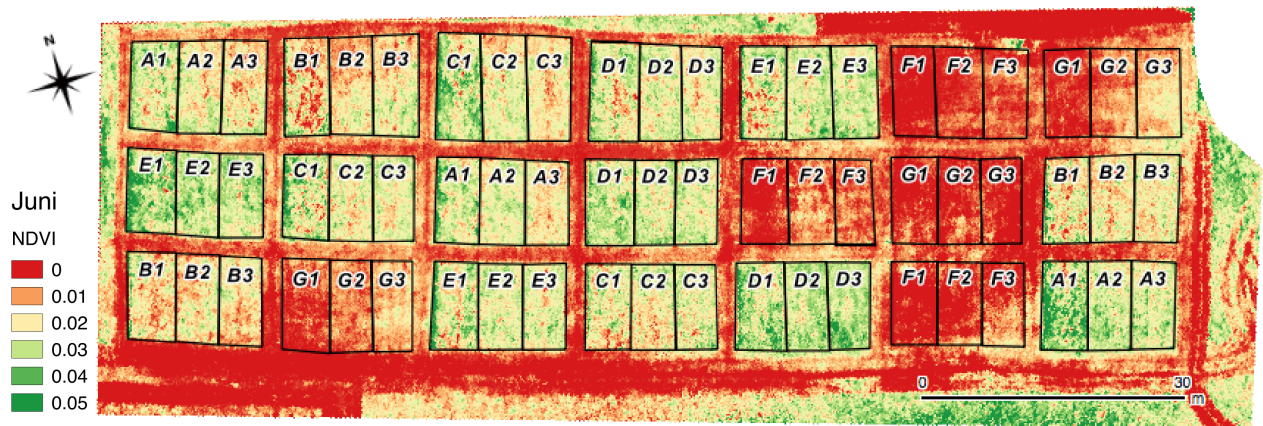


Abb. 21: NDVI im Juni. Die Befliegung fand am 20.6. mit der NIR-Kamera statt. Die Blütenanzahl wurde am Tag der Befliegung nochmals grob aufgenommen und hatte sich schon deutlich reduziert zu der Anzahl der Blüten, die für die Juni-Erhebung 7 Tage zuvor gezählt worden waren. Zwischen den Heuschnittgruppen gab es keinen signifikanten Unterschied. Die Blöcke der Heuschnittgruppe mit frühem Schnitt (F und G) wurden 13 Tage vor der Befliegung geschnitten. Nur die zwei geemdeten Flächen unterschieden sich voneinander ($p=0.0245$), wobei die spät geemdeten höhere Werte hatten als die früh geemdeten Flächen.

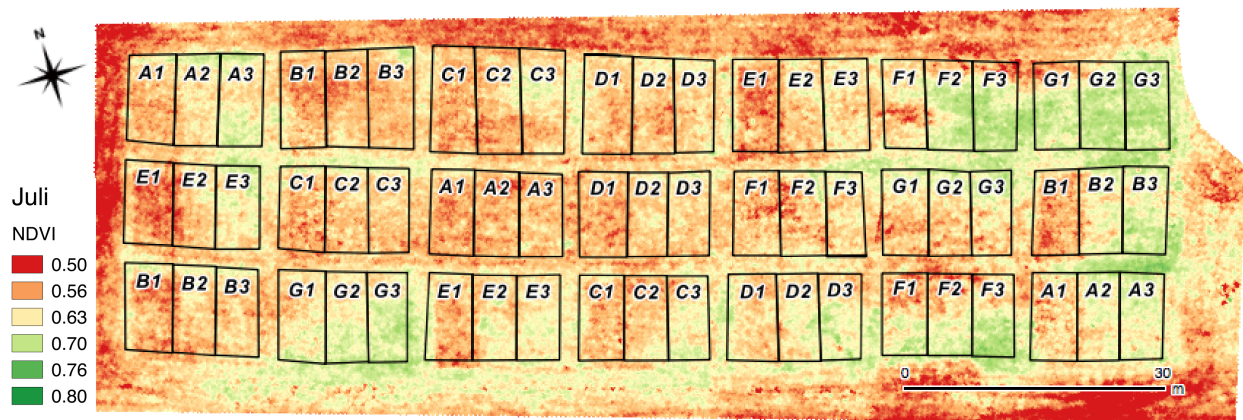


Abb. 22: NDVI im Juli. Die Befliegung fand am 17.7. mit der NIR-Kamera zeitgleich zu der Kartierung des Blütenangebotes statt. Die hohen Werte auf den Blöcken der Heuschnittgruppe mit frühem Schnitt (F und G), vor allem in der obersten und untersten Reihe, könnten ein Zeichen für den blütenreichen Zweitaufwuchs sein (Abb. 9). Die signifikanten Unterschiede zwischen den Heuschnittgruppen entstanden durch die verschiedenen Schnittzeitpunkte und werden deshalb vernachlässigt. Die nicht geemdeten Flächen unterscheiden sich deutlich von beiden geemdeten (Tab. 3).

4. Diskussion

Mit dieser Arbeit kann gezeigt werden, dass vor allem der Emdschnitt einen klaren Einfluss auf die Blütenanzahl der Magerwiese in Biberstein hat. Flächen, die nicht geemdet wurden, hatten signifikant weniger Blüten, verglichen zu den spät geemdeten Flächen. Dass sich die nicht geemdeten von den geemdeten Flächen unterscheiden, war schon während der Feldarbeit ersichtlich. Auf den nicht geemdeten Flächen war der Grasbewuchs sichtbar höher und der Unterwuchs wirkte 'verfilzt' durch abgestorbenes Pflanzenmaterial (Abb.4: Eine Aufnahme, auf welcher man die nicht geemdeten Flächen mit dem höheren Grasbewuchs gut erkennen kann). Es scheint, als würde sich der Emdschnitt positiv auf das Blütenangebot auswirken, in dem er die Flächen im Herbst vom hohen Grasbewuchs befreit und im Frühling die Kräuter dadurch mehr Licht für ihren Aufwuchs zur Verfügung haben. Die Flächen ohne Emdschnitt gehen mit einem viel höheren Bewuchs in den Winter und dieser wird durch Schnee und Nässe hinuntergedrückt und bildet eine lichtundurchlässige Decke über das Feld. Vor allem lichtbedürftigen Kräutern wird so der Aufwuchs im Frühling erschwert (*Briemle* 1998). Die Berechnung der NDVIs für die Drohnenbefliegungen im Mai und Juli zeigen ebenfalls den deutlichsten Unterschied zwischen den Flächen mit spätem und ohne Emdschnitt. Die signifikant tieferen Werte auf den nicht geemdeten Flächen könnten ein Zeichen für die oben beschriebene 'verfilzte' Grasmatte sein, wo sich die Kräuter schlecht behaupten konnten. Somit deuten sie vermutlich auf einen hohen Anteil abgestorbenem Pflanzenmaterial hin. Die Annahme, dass sich die Kräuter schlecht auf den nicht geemdeten Flächen behaupten konnten, wird durch die Ergebnisse der Krautgruppen unterstützt. Die Blütenanzahl der kleinen Kräuter und die der Leguminosen unterscheidet sich deutlich zwischen den Emdschnittverfahren. Beide Krautgruppen hatten auf den nicht geemdeten Flächen signifikant weniger Blüten. Die Agrofutura AG ist aufgrund der Einteilung der Arten in Artgruppen auf ähnliche Ergebnisse gekommen. Ein Emdschnitt reduziert tendenziell die grossen Wiesengräser und begünstigt den Wuchs der kleinen Kräuter und Leguminosen (*Landolt* 2017). Der Trend bei den grossen Kräutern, dass die Blütenanzahl der nicht geemdeten Flächen die der früh geemdeten übersteigt, ist sehr spannend. Es könnte sein, dass die hauptsächlich mehrjährigen Arten der grossen Kräuter vor dem frühen Emdschnitt noch nicht genügend Assimilate speichern konnten und somit durch den Schnitt einen Schaden erlitten und mit weniger Reserven in die Winterruhe gingen (*Briemle & Ellenberg* 1994). Ein weiterer Faktor, der womöglich zu weniger blühenden Pflanzen auf den früh geemdeten Flächen führte, könnte ein zweiter Aufwuchs der Gräser nach dem frühen Emdschnitt Mitte August auf diesen Flächen gewesen sein. Dieser Zweitaufwuchs

verringerte die Lichtverfügbarkeit für den Aufwuchs der Kräuter im Frühling zusätzlich. Diese Annahmen könnten auch eine Erklärung sein, weshalb es praktisch bei allen Erhebungen auf den früh geemdeten Flächen weniger blühende Pflanzen gab als auf den spät geemdeten. Der Schaden durch den frühen Schnitt und ein Zweitaufwuchs der Gräser nach dem frühen Emdschnitt könnte sich über die Jahre auf das Vorkommen der Arten auf den früh geemdeten Flächen ausgewirkt haben, damit sie mittlerweile auf diesen Flächen in geringerer Anzahl blühen konnten.

Auch wenn nicht ganz so deutlich wie beim Emdschnitt, kann auch ein Einfluss der Heuschnittregime auf die Blütenanzahl festgestellt werden. Auf den Blöcken der Verfahren F und G mit frühem Schnitt Ende Mai wurden insgesamt die meisten Blüten gezählt (die Summe aller Blüten pro Heuschnittgruppe wurde ohne die Erhebung im Juni zusammengezählt, da auf F und G zu diesem Zeitpunkt keine blühenden Pflanzen wuchsen (Abb. 9)). Auch die berechneten NDVI-Werte von den Aufnahmen im Mai und im Juli zeigen auf den Blöcke mit spätem Heuschnitt (F und G) die höchsten Werte. Dies kann als Korrelation mit dem höchsten Blütenangebot auf F und G interpretiert werden. Der frühe Schnitt Ende Mai ermöglichte nochmals vielen Blüten, in einem Zweitaufwuchs zu wachsen. Die Arten, welche im Mai geschnitten werden, haben jedoch kaum eine Möglichkeit zu versamen, dies betrifft vor allem *Rhinanthus alectorolophus* als einziger frühblühender Therophyt (Verbreitung nur durch Samen) der aufgenommenen Arten. Von dieser Art wurden bereits im Mai keine einzige Blüte auf den Blöcken von F und G gezählt. Die Phänologieaufnahmen der Agrofutura AG zeigen, dass die Versamungshäufigkeit der von ihnen aufgenommenen Arten vor allem auf den Blöcken F mit dem frühen Heuschnittverfahren sehr gering ist. Am höchsten ist die Versamungshäufigkeit der Pflanzen auf den Blöcken der Verfahren D und E mit dem späten Schnitt Mitte Juli (Landolt 2017). Die Blüten des Zweitaufwuchses auf den Blöcken mit frühem Schnitt (F und G) hatten wiederum den ganzen Sommer über Zeit zum Versamen. Dass jedoch andere Arten nach dem Schnitt Ende Mai blühten, zeigt die signifikante Veränderung in der Artenzusammensetzung zwischen den Erhebungen im Mai und im Juli auf den Blöcken von F und G. Somit würde sich wohl über die Jahre ein Rückgang der Arten, welche hauptsächlich im Frühling wachsen und sich erst im Frühsommer versamen, abzeichnen, falls solche Magerwiesen nur noch früh geschnitten werden. Das höhere Blütenangebot im Juli auf den Blöcken mit dem Verfahren F, verglichen zu G, sowie das Fehlen von *Rhinanthus alectorolophus*, sind vermutlich ein Hinweis, dass sich die Arten auf den immer früh geschnittenen Blöcken des Versuches in Biberstein bereits an dieses Schnittregime angepasst haben und sich ein Trend hin zu den später

blühenden Arten entwickelte. Es ist gut möglich, dass sich die Anpassung der anderen Arten aufgrund ihrer Mehrjährigkeit in den wenigen Jahren des Versuches der Agrofutura AG für die restlichen Verfahren noch nicht wirklich zeigen konnte.

Um die Resultate des Einflusses der Schnittregime auf das Blütenangebot vergleichen zu können, konnten leider keine Studien gefunden werden. Die langjährigen Qualitätskontrollen und Beobachtungen aus den Bewirtschaftungsverträgen des Programms „Landwirtschaft-Biodiversität-Landschaft“ (Labiola) des Kantons Aargau lassen jedoch vermuten, dass durch eine Unternutzung der Wiese die Gräser auf Kosten der Kräuter zunehmen (*Peter et al.* 2010). Diese Vermutung kann mit der vorliegenden Arbeit bestärkt werden. Studien, die den Einfluss unterschiedlicher Schnittregime auf die Artenvielfalt untersuchten, kamen zum Schluss, dass eine Verspätung des Schnittzeitpunktes einen positiven oder neutralen Einfluss haben (*Buri* 2013). Bei der Studie von Köhler (2001) zeichnete sich ein erster Schnitt im Juli als das geeignetste Regime ab, wenn es um die Erhaltung der Artenvielfalt auf einer Magerwiese geht. Die Ergebnisse zur Vielfalt der Arten, die für diese Arbeit aufgenommen wurden, könnten dies bestätigen, denn auf den Blöcken der Verfahren D und E mit dem späten Heuschnitt Mitte Juli wuchsen tatsächlich die meisten dieser Arten. Dieses Ergebnis kann jedoch auch zufällig sein. Da für die Versuchsfläche in Biberstein in den Jahren des Gesamtversuches noch keine solche Daten zur Artenvielfalt während eines Sommers gesammelt wurden, können sie nicht verglichen werden. Bertschinger (2016) untersuchte im Rahmen einer CAS-Arbeit ebenfalls den Einfluss der Schnittregime auf das Blütenangebot in Biberstein. Sein Versuchsdesign variierte jedoch sehr von dem dieser Arbeit. Bertschinger zählte die Blüten auf den *nicht* und den *früh* geemdeten Flächen der Blöcke mit den Verfahren A, D und F. Auf den ausgewählten Flächen wurden wiederum nur 4m² tatsächlich ausgezählt. Er erhob das Blütenangebot Anfang Mai und Mitte Juni. Die Daten zu den von ihm gewählten Heuschnittvarianten zeigen die höchste Blütenanzahl auf den früh geemdeten Flächen der nach DZV geschnittenen Blöcke D. Vergleicht man dieses Ergebnis mit den Daten dieser Arbeit, entsteht die erste Schwierigkeit bei der Wahl der Verfahren. Bei der Erhebung im Juni gab es keine Blüten auf F. Bleibt noch die Blütenanzahl auf den nicht und den früh geemdeten Flächen der Verfahren A und D zum Vergleich. So ergibt sich, dass auch 2017 auf den frühgeemdeten Flächen der Verfahren D die meisten Blüten gezählt wurden. Somit ist es schwierig, das Ergebnis von Bertschinger als Hinweis zu sehen, dass das Verfahren D auf Grund der höchsten Anzahl Blüten als empfehlenswert gilt, wenn man die Artenvielfalt bewahren möchte. Betrachtet man die Daten der vorliegenden Arbeit, scheint die Artenvielfalt nämlich nicht mit der Blütenanzahl zusammenzuhängen. Auf den Blöcken D und

E mit spätem Heuschnitt wuchsen zwar die meisten Arten (33 von 38) aber insgesamt am wenigsten Blüten (12'539). Da der Naturschutz aber auf den Erhalt der Artenvielfalt abzielt (*Isselstein* 1998), könnte diese Erkenntnis eine neue Forschungsgrundlage sein, um zu analysieren, ob Bestäuber von einer arten-vielfältigen oder einer viel-blühenden Wiese am besten profitieren können.

Dass sich noch nicht alle Heuschnittregime auf der Versuchsfläche in Biberstein deutlich voneinander unterscheiden, kann auch an der eher kurzen Dauer des Gesamtversuches liegen. Diese Annahme wird durch die Ergebnisse von Köhler (2001) bestärkt. Köhler untersuchte den Einfluss verschiedener Schnittregime auf die Artenzusammensetzung einer Magerwiese während 21 Jahren (1978-1999). Bei diesem Versuch konnten erst nach 13 Jahren deutliche Unterschiede in der Artenzusammensetzung der verschiedenen Verfahren festgestellt werden. Ihr Versuchsdesign war sehr ähnlich wie das der Agrofutura AG für die Wiese in Biberstein. Neben dem Schnittregime spielen Faktoren wie Temperatur, Niederschlag und Lage der Wiese ebenfalls eine prägende Rolle, wenn es um den Einfluss auf die Artenvielfalt einer Wiese geht (*Köhler* 2001; *Wassmer* 2004; *Buri* 2013). Es wird angenommen, dass dies auch für die Blütenanzahl gilt. Das Jahr 2017 zeichnete sich als das drittwärmste seit Messbeginn 1864 ab (*MeteoSchweiz* 2018). Der sehr warme Frühling und die normalen Regenmengen im Jahr 2017 könnten eine Verfrühung der Frühlingsblüte bewirkt haben. Pflanzen, die während der ersten Erhebung im Mai blühten, waren bei der zweiten Erhebung im Juni schon weitgehend verblüht. Dies könnte auch eine Erklärung sein für die massive Abnahme der Blütenanzahl zwischen den Erhebungen im Mai und Juni. Nimmt man an, dass dies ein Spezialfall war, erschwert es die Unterscheidung der Verfahren zusätzlich. Dazu kommt, dass die Agrofutura AG für die Heuschnittvarianten anhand der Vegetationsaufnahmen eine deutliche Heterogenität zwischen den Wiederholungsblöcken feststellten, welche wohl auf die Topographie des Feldes zurückzuführen ist und vermutlich einen grösseren Einfluss auf die Versuchsfläche hat als die Schnittregime (*Landolt* 2017). Mit den Daten zur Blütenanzahl für jede Wiederholung pro Erhebung können solche Vermutungen jedoch nicht bestärkt werden.

Obwohl man auf den Drohnenaufnahmen nicht erkennen kann, was man sich anfänglich wünschte, deuten die ähnlichen Unterschiede der NDVI-Werte und die der Blütenanzahl zwischen den Heuschnittgruppen darauf hin, dass mit Drohnenaufnahmen vergleichbare Informationen zum Blütenangebot gewonnen werden können wie manuelle Auszählungen. Diese eine Drohnenaufnahme im Juli, welche die einzige zeitgleich zur Blütenaufnahme war, reicht jedoch

nicht, einen vergleichbaren Faktor zu definieren, der in Zukunft angewendet werden könnte, um die manuelle Erhebung zu ersetzen. Entsprechende Untersuchungen stehen noch weitgehend aus und diese ersten Erkenntnisse könnten für zukünftige Projekte als Inspiration gelten.

Um in Zukunft den Einfluss der Schnittregime auf die Versuchsfläche in Biberstein zu messen, wäre es vermutlich von Vorteil, das Versuchsdesign zu ändern. Wie dieses bis jetzt angeordnet war, scheint es zu komplex zu sein, um präzise Vergleiche, vor allem zwischen den verschiedenen Heuschnittverfahren, machen zu können. Die Heuschnittblöcke mit ihren Emdschnittunterteilungen sind dafür zu klein und zu vielfältig. Auch wäre es für kommende Beurteilungen von Vorteil, eine höhere Replikation der Heuschnittvarianten zu haben. Die drei pro Verfahren sind etwas gering, verglichen zu der Menge an Wiederholungen, die man für die Emdschnittflächen hat (es gab 21 Felder pro Emdschnittverfahren). Das neue Versuchsdesigns der Agrofutura AG, welches für die kommende Versuchsperiode ab 2018 gelten sollte, beinhaltet nur noch vier Heuschnittverfahren (A: Fix nach DZV Mitte Juni, B: Schnitt jährlich alternierend einmal früh und einmal spät, D: später Heuschnitt Mitte Juli, F: früher Heuschnitt Ende Mai). Die Emdschnittunterteilung bleibt gleich. Diese Veränderung wird, auf Grund der für die vorliegende Arbeit gesammelten Erfahrungen, als sehr sinnvoll betrachtet.

Abschliessend ist es nicht einfach eine Empfehlung zu machen, welches Schnittregime für eine Magerwiese wie in Biberstein am geeignetsten wäre. Dass ein später Emdschnitt den Wuchs der kleinen Kräuter und Leguminosen begünstigt und die Blütenanzahl auf einer Wiese steigert, konnte mit dieser Arbeit zwar gezeigt werden. Aber wie vielfältig Magerwiesen sein können und sich somit eine generelle Empfehlung nicht eignet, wird bei der Studie von Armin Wassmer deutlich (Wassmer 2004). Er untersuchte 13 Kalk-Magerwiesen im Aargauer Jura auf deren Artenvielfalt. Alle untersuchten Wiesen hatten eine ähnliche Exponierung und Höhe wie die Versuchsfläche in Biberstein. Die untersuchten Wiesen hatten jedoch kaum grosse Ähnlichkeiten miteinander. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass ein fixer Schnittzeitpunkt den vielfältigen Bedürfnissen dieser Magerwiesen trotz ihrer vermeintlichen Ähnlichkeiten nicht gerecht wird. So könnte die empfohlene Verschiebung des ersten Schnittes in den Juli eine erste Lösung sein, den Rückgang der Artenvielfalt abzufedern oder gar zu stoppen (Köhler 2001; Buri 2013). Vielleicht könnte aber auch eine mehrstufige Einordnung der Magerwiesen mit dementsprechend anderen fixen Schnittzeitpunkten ein Lösungsansatz sein (Briemle & Ellenberg 1994; Poschlod & Schumacher 1998). Allenfalls wäre auch ein jährlich variierender, auf aktuelle Umweltbedingungen abgestimmter Schnittzeitpunkt eine mögliche Entschärfung des

Problems. Eine umsetzbare Lösung zu finden, die politisch, vom Naturschutz und den Landwirten unterstützt werden kann, wird bestimmt nicht sehr einfach sein und viele in diesem Bereich tätige Akteure noch lange beschäftigen. Klar ist jedoch, dass sich in der jetzigen Verordnung etwas ändern muss, wenn die wertvollsten Wiesen der Schweiz erhalten bleiben sollen.

5. Literaturverzeichnis

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

Briemle, G., Ellenberg, H. *Zur Mahdverträglichkeit von Grünlandpflanzen. Möglichkeiten der praktischen Anwendung von Zeigerwerten*. In: Natur und Landschaft, Zeitschrift für Naturschutz, Landschaftspflege und Umweltschutz , 69 (4), 1994, S. 139-147

Briemle, G.: *Wildpflanzengerechte Nutzung und Pflege des Grünlandes – Praktische Erfahrungen aus dem Grünlandveruchswesen*. In: Schriften der Vegetationskund (H. 29), 1998, S. 111-122, Bonn-Bad Godesberg

Buri, P. (2013): *Designing tomorrow's farmland: alternative mowing regimes for promoting biodiversity in extensively managed meadowland*. Inauguraldissertation Universität Bern

Clarke, K. R., Gorley R. N. (2006): *PRIMER v6: User manual/Tutorial*. Primer-E. Plymouth UK

Delarze, R., Gonseth, Y. (2015): *Lebensräume der Schweiz. Ökologie, Gefährdung, Kennarten*. 3. Auflage. Ott Verlag, Bern

Isselstein, J.: *Veränderung in der Vegetation des Grünlandes – Perspektiven einer nachhaltigen Nutzung und Entwicklung*. In: Schriften der Vegetationskund (H. 29), 1998, S. 101-110, Bonn-Bad Godesberg

Klaus et al. (2001): *Biologische Vielfalt – Perspektiven für das neue Jahrhundert*. Birkhäuser Verlag, Basel

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

Landolt, J. (2017): *Auswirkungen verschiedener Schnittverfahren auf die Vegetation von ungedüngten Fromental- und Magerwiesen*. Bericht Agrofutura (FO 1.3.05, Rev. 5)

Mckinnon, T., Hoff, P.: *Comparing RGB-Based Vegetation Indices With NDVI For Drone Based Agricultural Sensing*. In: Journal Agribotix 21-17, 2017

MeteoSchweiz 2018: *Klimabulletin Jahr 2017*. Zürich

Oppermann, R., Gujer, H. U. (2003): *Artenreiches Grünland*. Ulmer, Stuttgart

Peter, M., Babbi M. & Kronauer L. (2010): *Trendanalyse der Vertragswiesen mit der Landwirtschaft*. Beve

Poschlod, P., Schumacher, W.: *Rückgang von Pflanzen und Pflanzengesellschaften des Grünlandes – Gefährdungsursachen und Handlungsbedarf*. In: Schriften der Vegetationskund (H. 29), 1998, S. 83-99, Bonn-Bad Godesberg

Ryf, M., Kipfer T. (2013): *Auswirkungen verschiedener Nutzungsmuster auf die Vegetation von ungedüngten Fromental- und Magerwiesen*. 1. Jahresbericht Agrofutura (FO 1.3.00.5, Rev. 0)

Stampfli, A., Lörtscher, M., Guggisberg, F.: *Artenrückgang in Magerwiesen, Wissenschaftlicher Naturschutz am Monte San Giorgio*. In: Gaia (H. 2), 1992, S. 105-109

Wassmer, A. (2004): *Über einige Magerwiesen des Aargauer Juras. Floristische – ökologische Vergleichsstudie*. Baudepartement des Kantons Aargau Abteilung Landschaft und Gewässer, Aarau

Internetquellen:

[1] Identifying Crop Variability with Drones. What's the Difference Between NDVI, False-NDVI, and VARI Plant Health Formulas? <https://blog.dronedeploy.com/identifying-crop-variability-whats-the-difference-between-ndvi-false-ndvi-and-vari-plant-health-98c380381a33> (Eingesehen am 13.1.18)

Anhang

1: Artenliste aller aufgenommenen Arten, was als Blüte gezählt wurde und zu welcher Krautgruppe sie eingeteilt wurden

2: Artenliste mit Angaben in welchem Monat welche Art wie viele Blüten hatte

3: Tabelle für die Kartierung der Blüten im Feld (Bsp. vom Mai)

Anhang 1: Artenliste der Arten, die während des Versuches aufgenommen wurden (ohne Aggregate). Was bei welcher Art als Blüte gezählt wurde und zu welcher Krautgruppe sie gehören. Blstd = Blütenstand, BI = Einzelblüte

Art	"Blüte"	Krautgruppen
<i>Achillea millefolium</i>	Blstd	Kraut klein
<i>Agrimonia eupatoria</i>	Blstd	Kraut klein
<i>Anacamptis pyramidalis</i>	Blstd	Kraut klein
<i>Anthyllis vulneraria</i>	Blstd	Leguminose
<i>Bellis perennis</i>	Blstd	Kraut klein
<i>Bupthalmum salicifolium</i>	Blstd	Kraut klein
<i>Centaurea jacea</i>	Blstd	Kraut gross
<i>Centaurea scabiosa</i>	Blstd	Kraut gross
<i>Cirsium acaule</i>	BI	Kraut gross
<i>Clinopodium vulgare</i>	Blstd	Kraut klein
<i>Colchicum autumnale</i>	BI	Kraut klein
<i>Crepis biennis</i>	Blstd	Kraut gross
<i>Daucus carota</i>	Blstd	Kraut gross
<i>Dianthus carthusianorum</i>	BI	Kraut klein
<i>Galium mollugo</i>	Blstd	Kraut gross
<i>Galium pumilum</i>	Blstd	Kraut klein
<i>Hieracium pilosella</i>	Blstd	Kraut klein
<i>Hippocrepis comosa</i>	Blstd	Leguminose
<i>Knautia arvensis</i>	Blstd	Kraut gross
<i>Lathyrus pratensis</i>	Blstd	Leguminose
<i>Leontodon hispidus</i>	Blstd	Kraut klein
<i>Leucanthemum vulgare</i>	Blstd	Kraut klein
<i>Linum catharticum</i>	BI	Kraut klein
<i>Lotus corniculatus</i>	Blstd	Leguminose
<i>Onobrychis viciifolia</i>	Blstd	Leguminose
<i>Ononis repens</i>	BI	Leguminose
<i>Orchis ustulata</i>	Blstd	Kraut klein
<i>Picris hieraceoides</i>	Blstd	Kraut gross
<i>Pimpinella saxifraga</i>	Blstd	Kraut klein
<i>Polygala comosa</i>	Blstd	Kraut klein
<i>Prunella grandiflora</i>	Blstd	Kraut klein
<i>Prunella vulgaris</i>	Blstd	Kraut klein
<i>Ranunculus bulbosus</i>	BI	Kraut gross
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	Blstd	Kraut gross
<i>Salvia pratensis</i>	Blstd	Kraut gross
<i>Scabiosa columbaria</i>	Blstd	Kraut gross
<i>Sedum sexangulare</i>	BI	Kraut klein
<i>Silene nutans</i>	BI	Kraut gross

<i>Thymus serpyllum</i>	Blstd	Kraut klein
<i>Tragopogon pratensis</i>	Blstd	Kraut gross
<i>Trifolium montanum</i>	Blstd	Leguminose
<i>Trifolium pratense</i>	Blstd	Leguminose
<i>Trifolium repens</i>	Blstd	Leguminose
<i>Vicia cracca</i>	Blstd	Leguminose

Anhang 2: Artenliste (Artaggregate berücksichtigt) mit Angaben, welche Arten in welchem Monat mit welcher Menge aufgenommen wurden. Die Blütenanzahl wurde eigenständig klassifiziert:

1 = <100, 2 = 100-500, 3 = 500-1000, 4 = 1000-5000, 5 = >5000

Art	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.
<i>Achillea millefolium</i>	0	0	1	0	0
<i>Agrimonia eupatoria</i>	0	0	1	1	0
<i>Anacamptis pyramidalis</i>	2	1	0	0	0
<i>Anthyllis vulneraria</i>	4	1	1	0	0
<i>Bellis perennis</i>	1	0	0	0	1
<i>Bupthalmum salicifolium</i>	1	1	0	0	0
<i>Centaurea agg.</i>	1	3	2	2	1
<i>Cirsium acaule</i>	0	0	1	1	1
<i>Clinopodium vulgare</i>	0	1	1	1	0
<i>Colchicum autumnale</i>	0	0	0	1	1
<i>Crepis biennis</i>	0	1	0	0	0
<i>Daucus agg.</i>	1	1	2	5	4
<i>Dianthus cartusianorum</i>	1	0	0	0	0
<i>Galium agg.</i>	3	1	2	1	1
<i>Hieracium pilosella</i>	1	0	0	1	0
<i>Hippocrepis comosa</i>	3	1	0	0	0
<i>Knautia agg.</i>	3	2	2	2	2
<i>Lathyrus pratensis</i>	0	1	0	1	0
<i>Leontodon hispidus</i>	1	1	1	2	1
<i>Leucanthemum vulgare</i>	4	2	1	3	2
<i>Linum catharticum</i>	5	2	1	0	0
<i>Lotus corniculatus</i>	4	3	4	2	1
<i>Onobrychis viciifolia</i>	3	2	0	0	0
<i>Ononis repens</i>	0	0	1	2	1
<i>Orchis ustulata</i>	1	0	0	0	0
<i>Picris hieraceoides</i>	0	1	1	1	1
<i>Polygala comosa</i>	3	2	1	1	1
<i>Prunella agg.</i>	1	2	4	4	4
<i>Ranunculus bulbosus</i>	1	0	0	0	0
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	4	1	0	0	0
<i>Salvia pratensis</i>	2	1	0	0	0
<i>Sedum sexangulare</i>	0	0	0	0	0
<i>Silene nutans</i>	1	0	0	0	0
<i>Thymus serpyllum</i>	0	0	4	3	1
<i>Tragopogon pratensis</i>	1	1	0	0	0
<i>Trifolium pratense</i>	3	1	2	2	2
<i>Trifolium repens/montanum</i>	2	1	1	1	1
<i>Vicia cracca</i>	1	1	1	1	0

1. Blütenaufnahme Mai 2017 Biberstein

Datum:

Uhrzeit:

Wetter:

ARTEN \ PLOT						
	1		2		3	
Knautia agg.						
<i>Leucanthemum vulgare</i>						
<i>Salvia pratensis</i>						
Gallium agg.						
<i>Onobrychis viciifolia</i>						
<i>Trifolium pratense</i>						
T. repens / montanum						
<i>Hippocrepis comosa</i>						
<i>Anthyllis vulneraria</i>						
<i>Lotus corniculatus</i>						
<i>Polygala comosa</i>						
<i>Linum catharticum</i> *						
Centaurea agg.						
<i>Ranunculus bulbosus</i>						
Prunella agg.						
<i>Bellis perennis</i>						
<i>Tragopogon pratense</i>						
<i>Leontodon hispidus</i>						
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>						
<i>Anacamptis pyramidalis</i>						
<i>Orchis ustulata</i>						
TOTAL Blüten						

*Menge dieser Arten wird auf die Genauigkeit von 10 Blüten geschätzt



**Philosophisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
der Universität Basel
Dekanat**

Erklärung zur wissenschaftlichen Redlichkeit
(beinhaltet Erklärung zu Plagiat und Betrug)

Bachelorarbeit / ~~Masterarbeit~~ (nicht Zutreffendes bitte streichen)

Titel der Arbeit (Druckschrift):

Einfluss verschiedener Schnittregime auf das Blütenangebot
einer Magerwiese mit zwei Schnittten am Jura-Südfuss
in Biberstein AG

Name, Vorname (Druckschrift): Studer Ursina

Matrikelnummer: 11-747-748

Hiermit erkläre ich, dass mir bei der Abfassung dieser Arbeit nur die darin angegebene Hilfe zuteil wurde und dass ich sie nur mit den in der Arbeit angegebenen Hilfsmitteln verfasst habe.

Ich habe sämtliche verwendeten Quellen erwähnt und gemäss anerkannten wissenschaftlichen Regeln zitiert.

Diese Erklärung wird ergänzt durch eine separat abgeschlossene Vereinbarung bezüglich der Veröffentlichung oder öffentlichen Zugänglichkeit dieser Arbeit.

☐ ja ☒ nein

Ort, Datum: Basel, 8.2.18

Unterschrift: Studer

Dieses Blatt ist in die Masterarbeit einzufügen.